

Относительная деформация материи на микро- и макроуровне в условиях изменяющейся космической погоды

А. В. Зубков, С. В. Сентябов, К. В. Селин

Институт горного дела УрО РАН, 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58,
e-mail: sentyabov1989@mail.ru

Поступила в редакцию 20.07.2021 г., принята к печати 11.11.2021 г.

Предмет исследований. Деформации и напряженное состояние массива горных пород на объектах недропользования. *Материалы и методы исследования.* Богатый экспериментальный материал об относительной деформации материи, а главное о деформации массива горных пород, т. е. земной коры, полученный за многие годы исследований, дал возможность найти подход к решению этой проблемы, используя само поведение массива горных пород при отклике его на техногенную деятельность. *Результаты.* Получены первые результаты об относительной деформации материи в условиях изменяющихся внешних факторов: 1) деформации самого массива горных пород; 2) деформации маркшейдерской рулетки как средства измерения; 3) деформации кварцевой трубки в деформометре как средства измерения. *Выводы.* С использованием результатов замеров в доступном для нас 11-летнем наноцикле солнечной активности обнаружены закономерности формирования деформации и напряжений массива горных пород. Выявлены изменения физического состояния средств измерения, основанных на электромагнитных волнах: спутниковых навигационных систем, свето- и радиодальномеров. В то же время было установлено, что все эти параметры изменяются во времени непрерывно и бесконечно, и отслеживание этих изменений необходимо для надежного прогноза их влияния на техногенную деятельность. *Заключение.* Указанные в статье результаты являются развитием исследований, представленных в опубликованных работах авторов, главные выводы которых заключаются в следующем. 1. Получаемые в настоящее время данные о деформации массивов горных пород методами, основанными на различных физических принципах, являются относительными и не позволяют судить об их абсолютной величине. 2. Международному сообществу ученых необходимо разработать механизм отслеживания изменений в средствах измерения напряжения и деформаций массивов горных пород.

Ключевые слова: средства измерения, маркшейдерские рулетки, свето- и радиодальномеры, погрешности измерения, астрофизическая относительная деформация Земли, массив горных пород, астрофизические напряжения, квантованное пространство-время, фундаментальные физические константы

Источник финансирования

Исследования выполнены по государственному заданию № 075-00412-22 ПП, тема № (FUWE-2022-0003), рег. № 1021062010536-3-1.5.1

Relative deformation of matter at the micro- and macrolevel under the conditions of changing space weather

Albert V. Zubkov, Sergei V. Sentyabov, Konstantin V. Selin

Institute of Mining, UB RAS, 58 Mamin-Sibiryak st., Ekaterinburg 620075, Russia,
e-mail: sentyabov1989@mail.ru

Received 20.07.2021, accepted 11.11.2021

Research subject. Deformations and stress state of rock masses at subsoil use objects. *Materials and research methods.* Extensive experimental data about the relative deformation of matter and, in particular, about the deformation of rock masses (earth's crust) allowed the authors to find a solution to this problem using the very behavior of the rock mass during its response to technogenic activity. *Results.* Novel results were obtained on the relative deformation of matter under the conditions of changing external factors: 1) deformation of rock mass itself; 2) deformation of a surveying tape as a measuring instrument, 3) deformation of a quartz tube in a deformometer as a measuring instrument. Using the results of measurements over the 11-year nanocycle of solar activity available to us, regularities in the emergence of deformations and stresses of

Для цитирования: Зубков А.В., Сентябов С.В., Селин К.В. (2022) Относительная деформация материи на микро- и макроуровне в условиях изменяющейся космической погоды. *Литосфера*, 22(2), 228–238. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-2-228-238>

For citation: Zubkov A.V., Sentyabov S.V., Selin K.V. (2022) Relative deformation of matter at the micro- and macrolevel under the conditions of changing space weather. *Lithosphere (Russia)*, 22(2), 228–238. (In Russ.) <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2022-22-2-228-238>

rock masses were revealed. A justification was obtained for changing the physical state of measuring instruments based on electromagnetic waves: satellite navigation systems, light and radio range finders. At the same time, it was found that all these parameters change in time continuously and endlessly, thereby requiring constant monitoring for making a reliable forecast of their impact on technogenic activity. *Conclusion.* The results presented in the article extend previous publications of the authors, the main conclusions of which are as follows. 1. The results about the deformations of rock masses, which are currently being obtained by methods based on various physical principles, are relative; therefore, these results do not allow one to judge about their absolute values. 2. The international community of scientists should develop a mechanism for tracking changes in the deformations and stress state of rock masses.

Keywords: measuring instruments, surveying tape, light and radio range finders, measurement errors, astrophysical relative deformation of the Earth, rock mass, astrophysical stresses, quantized space-time, fundamental physical constants

Funding information

The work was performed on the topic of state assignment No. 075-00412-22 ПП, theme No. (FUWE-2022-0003), No. 1021062010536-3-1.5.1

ВВЕДЕНИЕ

В результате многолетних геологических, геомеханических и астрофизических исследований установлено периодическое изменение физического состояния Солнца, Земли и звезд (Милановский, 1984; Абдусаматов, 2013; Хаманович, 2015). На Земле эти изменения сопровождаются деформацией массива горных пород и его напряженным состоянием (Зубков, 2001, 2005, 2013).

На основании полученных экспериментальных данных был сформулирован закон формирования природных напряжений в земной коре в результате наложения полей напряжений, обусловленных гравитационными и тектоническими силами Земли, а также астрофизическими силами, вызванными физическими процессами в Космосе. Определены компоненты тензора напряжений (Зубков и др., 2015, 2019; Зубков, Сентябов, 2020):

$$\begin{aligned}\sigma_z^n &= -\gamma H + \sigma_{zT} + \sigma_{zAF}, \\ \sigma_x^n &= -\lambda\gamma H + \sigma_{xT} + \sigma_{xAF}, \\ \sigma_y^n &= -\lambda\gamma H + \sigma_{yT} + \sigma_{yAF},\end{aligned}\quad (1)$$

где H – глубина, γ – удельный вес; σ_{zT} , σ_{xT} , σ_{yT} – составляющие тектонических напряжений, остающихся неизменными длительное время (десяtkи лет), МПа; σ_{zAF} , σ_{xAF} , σ_{yAF} – астрофизические напряжения, изменяющиеся во времени, МПа.

Связь относительной деформации и напряжений представлена зависимостями (2), (3) и (4) (Зубков, 2018) согласно закону Гука:

$$\begin{aligned}\varepsilon_x^M &= \frac{1}{E} \left[\sigma_x^M - \mu (\sigma_y^M + \sigma_z^M) \right], \\ \varepsilon_y^M &= \frac{1}{E} \left[\sigma_y^M - \mu (\sigma_x^M + \sigma_z^M) \right], \\ \varepsilon_z^M &= \frac{1}{E} \left[\sigma_z^M - \mu (\sigma_x^M + \sigma_y^M) \right].\end{aligned}\quad (2)$$

При равенстве

$$\sigma_{AFx}^M = \sigma_{AFy}^M = \sigma_{AFz}^M \quad (3)$$

$$\varepsilon_i^M = \frac{\sigma_i^M}{E} (1 - 2\mu), \quad (4)$$

где ε – относительная деформация массива горных пород; μ – коэффициент Пуассона; σ – напряжение, действующее в массиве; E – модуль упругости массива.

В шахтах у нас есть возможность отслеживать в течение десятков лет деформации массива горных пород только от воздействия астрофизических напряжений, которые мы далее используем в расчетах.

МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Циклическое изменение напряженно-деформационного состояния (НДС) массива горных пород тесно связано с изменением космической погоды (термин академика Н.П. Лаверова). В настоящее время для определения деформации массива горных пород (ε) используют методы и оборудование, основанные на различных физических принципах.

При измерении деформации массива горных пород используются: спутниковые навигационные системы GPS и ГЛОНАСС, лазерные дальнометры (ЛД), лазерные интерферометры (ЛИ), кварцевые трубчатые деформометры (КТД), нейтринные дальнометры, маркшейдерские рулетки и мерные проволоки (МР).

Звезды, планеты, массив горных пород подвержены влиянию космической погоды или космического эфира, который назван квантованным пространством-временем, являющимся носителем электромагнитных и гравитационных волн (КПВ) (Leonov, 2010). Другими словами, всё подвергается влиянию КПВ, в том числе перечисленные выше средства измерения. В результате этого все определяемые значения деформации чего-либо являются относительными и не позволяют судить об их абсолютной величине (Wetterich, 1988; Stackel, 2002; BIPM, 2019; Зубков, Сентябов, 2020).

Решить эту сложную задачу можно, только наблюдая в течение 10–20 лет деформацию, обусловленную астрофизическими напряжениями, так как гравитационные и тектонические напряжения за это время не вызывают ощутимых деформаций массива горных пород, за исключением деформаций, расположенных в узких тектонически активных областях Земли.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теория и практика горного дела предоставляют возможность одновременного определения относительной деформации массива горных пород ($\epsilon_{\text{МГП}}$) и рабочего тела измерителя ($\epsilon_{\text{изм}}$).

Задача упрощается ввиду того, что при воздействии волн КПВ происходит объемная деформация материи, т. е. $\sigma_X = \sigma_Y = \sigma_Z$. В этом случае, если расположить измерительный базис поперек круглой

выработки по осям X или Z , изменение его длины составит (рис. 1):

$$U_X = U_{X(\text{МГП})} - U_{\text{изм}} = B_X \times 2(1 - \mu^2)\epsilon_{X(\text{МГП})} - B_X\epsilon_{\text{изм}}, \quad (5)$$

где U_X – фактическая деформация (смещение) диаметра выработки по оси X , $U_{X(\text{МГП})}$ – теоретическая деформация диаметра выработки по оси X , $U_{\text{изм}}$ – деформация измерителя, $\epsilon_{X(\text{МГП})}$ – деформация массива горных пород по оси X , $\epsilon_{\text{изм}}$ – деформация измерителя, B_X – фактическое (измеренное) значение базиса по оси X .

Если расположить базис вдоль выработки, то его деформация:

$$U_Y = U_{Y(\text{МГП})} - U_{\text{изм}} = B_Y\epsilon_{Y(\text{МГП})} - B_Y\epsilon_{\text{изм}}, \quad (6)$$

где U_Y – фактическая деформация (смещение) стенки выработки по оси Y , $U_{Y(\text{МГП})}$ – теоретическая деформация стенки выработки по оси Y , $\epsilon_{Y(\text{МГП})}$ – деформация массива горных пород по оси Y , B_Y – фак-

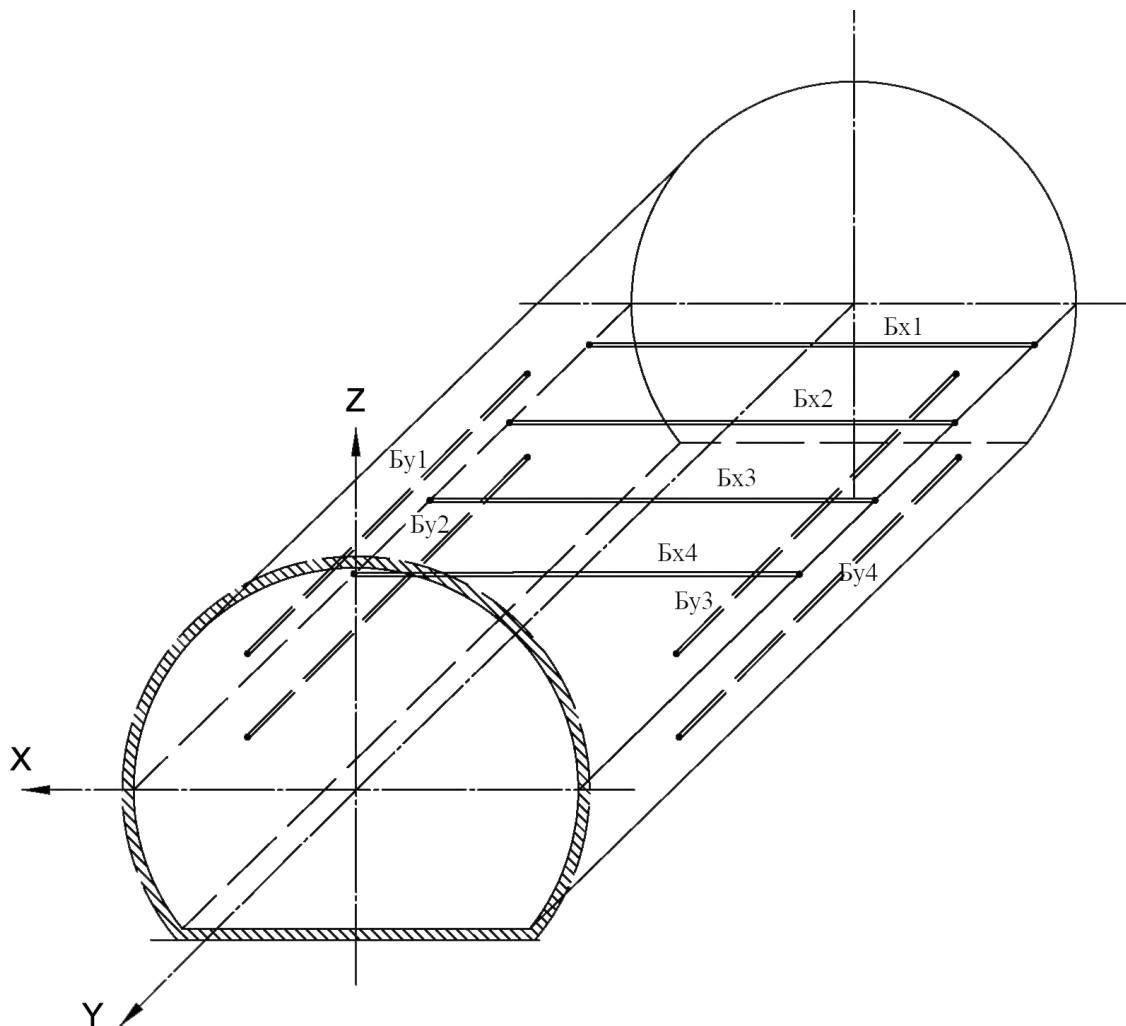


Рис. 1. Схема определения относительной деформации массива горных пород и измерителей $\epsilon \times 10^{-4}$.

Fig. 1. Scheme for determining the relative deformation of the rock mass and gauges $\epsilon \times 10^{-4}$.

тическое (измеренное) значение базиса по оси Y.

Упрощая выражения (5) и (6), получаем:

$$U_X/B_X = \varepsilon_X = 2(1 - \mu^2)\varepsilon_{X(MGP)} - \varepsilon_{изм}, \quad (7)$$

$$U_Y/B_Y = \varepsilon_Y = \varepsilon_{Y(MGP)} - \varepsilon_{изм}. \quad (8)$$

Вычитая выражение (8) из выражения (7) при условии, что $\varepsilon_{X(MGP)} = \varepsilon_{Y(MGP)}$, получаем:

$$\varepsilon_X - \varepsilon_Y = (1 - 2\mu^2)\varepsilon_{X(MGP)}, \quad (9)$$

или

$$\varepsilon_{X(MGP)} = (\varepsilon_X - \varepsilon_Y)/(1 - \mu^2). \quad (10)$$

Из выражения (8) находим деформацию измерителя:

$$\varepsilon_{изм} = \varepsilon_{X(MGP)} - \varepsilon_Y. \quad (11)$$

Поставленная задача в первом приближении была реализована в эксперименте с использованием автономного измерительного пункта (АИП) деформационного мониторинга “Массив-2” на геодинамическом полигоне горизонта 180 м шахты “Естюнинская” в г. Нижний Тагил.

Наблюдательная станция (НС) располагалась на глубине 420 м (от дневной поверхности) и состояла из разноориентированных линий. Изменения длин линий контролировались датчиками индуктивного типа, установленными в кварцевом трубчатом деформометре, который позволяет измерять измене-

ние длины базиса с точностью 1×10^{-6} м с периодичностью от 20 мин.

Применение АИП решает задачу краткосрочного и долгосрочного прогнозирования тенденций развития деформационных процессов, возникающих под действием горного давления, и их зависимость от интенсивности ведения горных работ.

Исходными данными для расчетов являются:

– линия $B_Z = 3.1$ м, $\alpha_1 = 85^\circ$ (вертикально по центру сечения выработки – рис. 2);

– линия $B_{Гр} = 5$ м, $\alpha_3 = 175^\circ$ (горизонтально вдоль выработки – рис. 3).

В качестве измерительной штанги были использованы кварцевые трубки диаметром 20 мм, установленные в защитных коробах.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные в 2009 г. результаты были использованы для определения деформации массива горных пород и измерителя в течение различных временных периодов по предлагаемой методике. Результаты представлены в виде изменения линейного параметра зазора между концом трубки с датчиками и реперами на стенках выработки (табл. 1).

Период I – для промежутка 1 месяц (28.04.2009–28.05.2009) и период II – для промежутка 5 месяцев (28.04.2009–28.09.2009) (см. рис. 2 и 3).

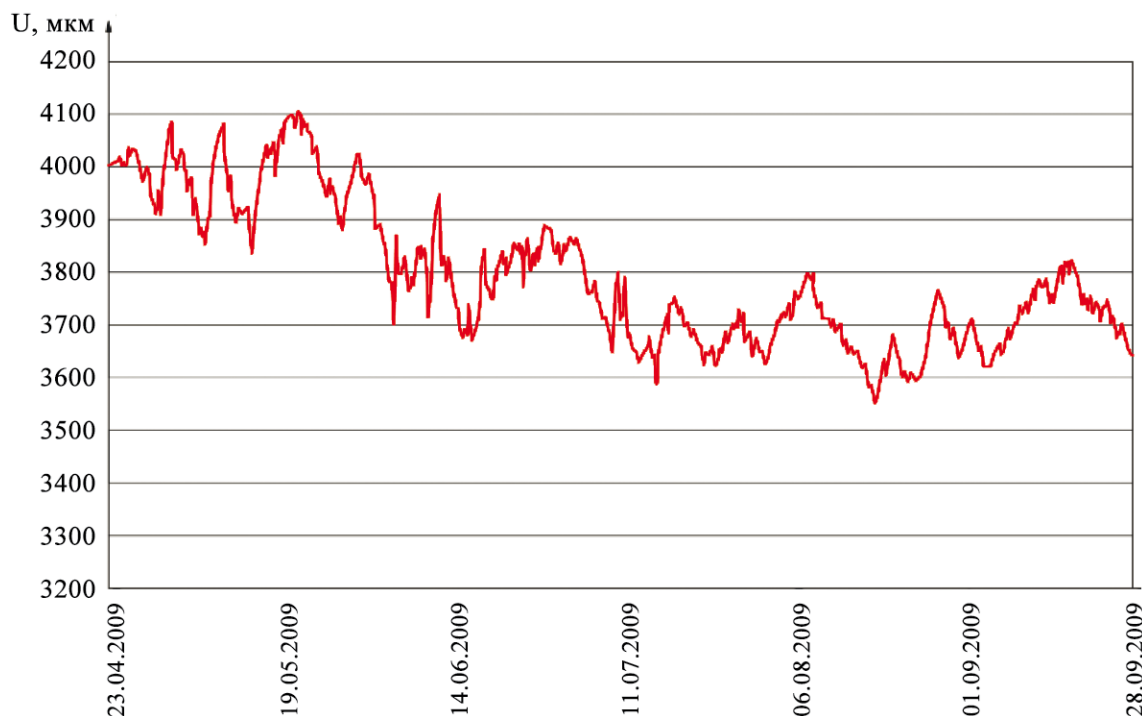


Рис. 2. Графики конвергенции выработки в вертикальном направлении.

Fig. 2. Graphs of convergence of the working in the vertical direction.

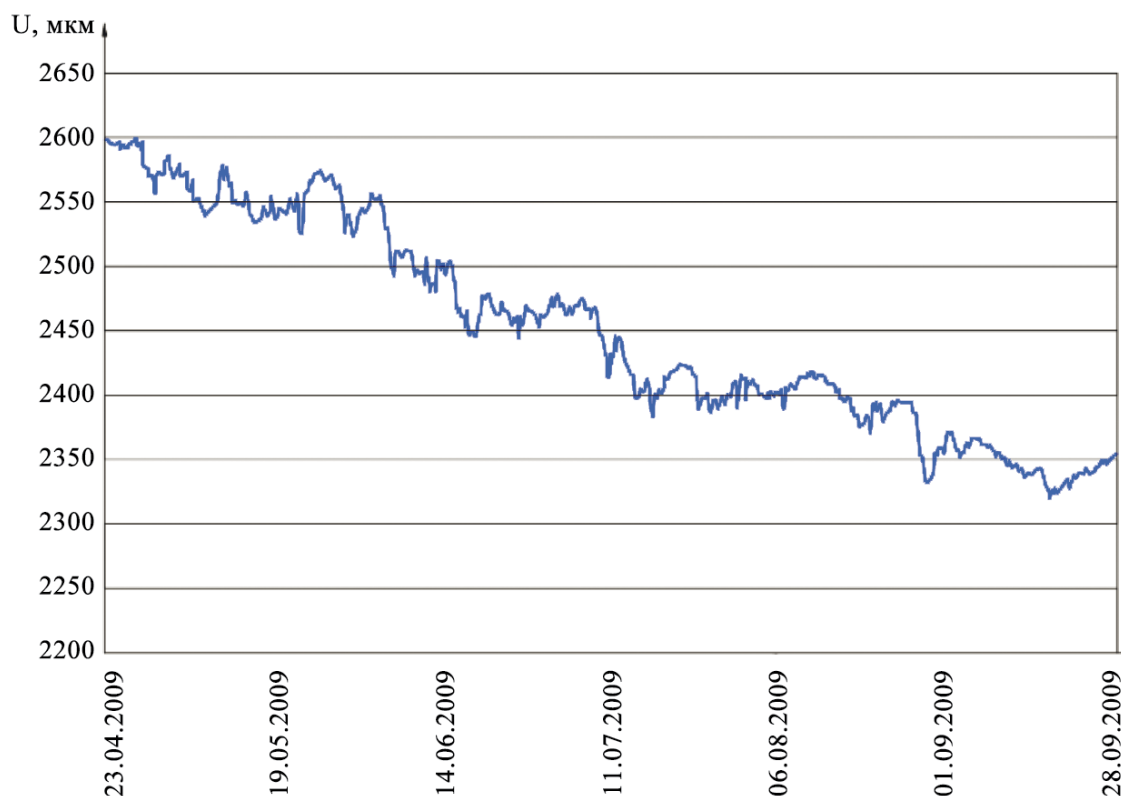


Рис. 3. Графики конвергенции стенок выработки в горизонтальном направлении.

Fig. 3. Convergence plots of mine walls in the horizontal direction.

Таблица 1. Деформации массива горных пород

Table 1. Deformations of the rock mass

Показатель	Период (вариант) I		Период (вариант) II		Примечание
	IV 2009	V 2009	IV 2009	IX 2009	
	Параметр 1	Параметр 2	Параметр 3	Параметр 4	
U_z	3990×10^{-6}	3930×10^{-6}	3990×10^{-6}	3690×10^{-6}	—
U_{YPr}	2595×10^{-6}	2540×10^{-6}	2595×10^{-6}	2360×10^{-6}	—
ΔU_z	-60×10^{-6}		-300×10^{-6}		(2)–(1), (4)–(3)
$\Delta \epsilon_z$	-19.4×10^{-6}		-97×10^{-6}		См. (7)
ΔU_{YPr}	-55×10^{-6}		-235×10^{-6}		(2)–(1), (4)–(3)
$\Delta \epsilon_{YPr} (7)$	-11×10^{-6}		-47×10^{-6}		См. (7)

Анализ варианта I показал, что в течение месяца результаты были стабильными, но следует учесть, что отрезок времени был слишком мал.

Подставляя результаты варианта II в выражения (7–11) при $\mu = 0.25$ получаем:

$$-97 \times 10^{-6} = 2(1 - 0.25^2)\Delta \epsilon_z = \Delta \epsilon_{изм},$$

$$-47 \times 10^{-6} = \Delta \epsilon_{Y(прав)} - \Delta \epsilon_{изм}, \text{ при } \Delta \epsilon_{Y(прав)} = \Delta \epsilon_{Y(МГП)}$$

$$-50 \times 10^{-6} = 0.875\Delta \epsilon_z,$$

$$\Delta \epsilon_z = \Delta \epsilon_{МГП} = -57.1 \times 10^{-6} = -0.57 \times 10^{-4},$$

$$-47 \times 10^{-6} = \Delta \epsilon_{Y(МГП)} - \Delta \epsilon_{изм} = -57.1 \times 10^{-6} - \Delta \epsilon_{изм},$$

$$\Delta \epsilon_{изм} = -10 \times 10^{-6} = 0.1 \times 10^{-4}.$$

График на рис. 4 построен по усредненным значениям относительной деформации массива горных пород, полученным на четырех рудниках Урала (“Березовском”, “Гайском”, шахтах “Естюненская” и “Северопесчанская”) в результате измерений маркшейдерской рулеткой $\epsilon_{МГП Py}$.

На графике $\epsilon_{МГП Py}$, полученном конкретно для Естюнинского месторождения за период с

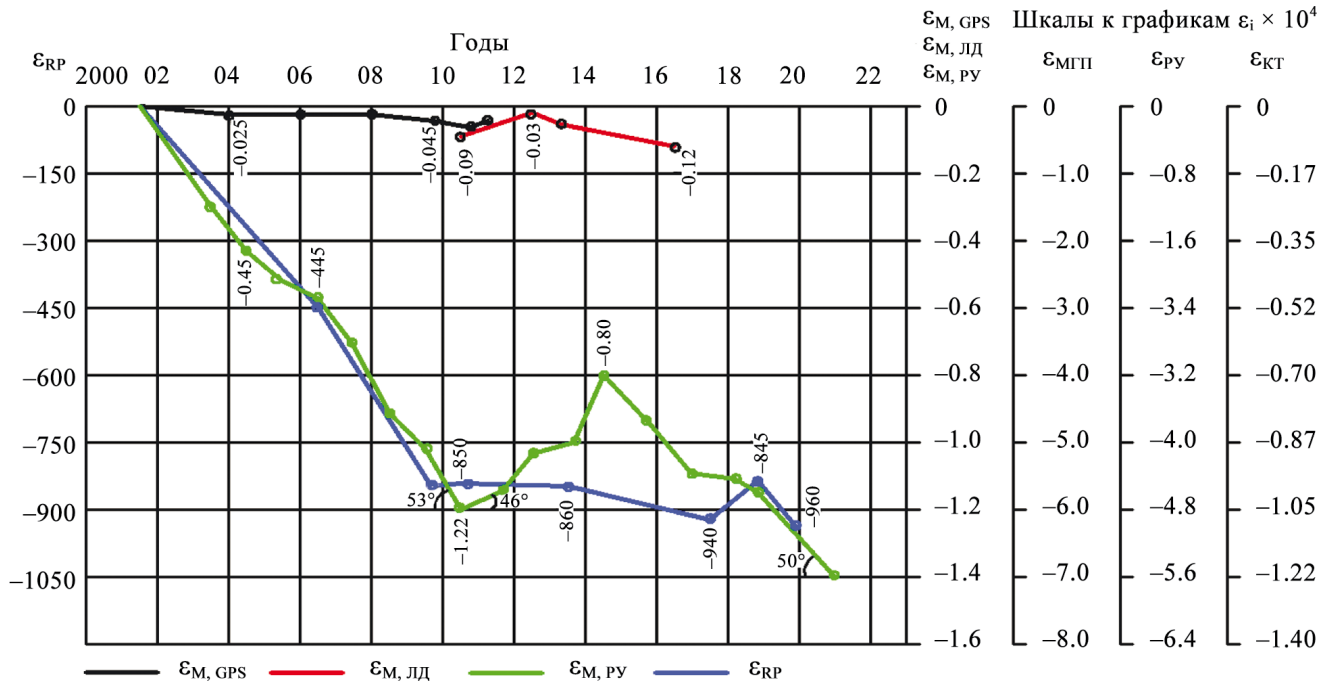


Рис. 4. Результаты измерения относительной деформации массива горных пород и измерителей $\varepsilon \times 10^{-4}$.

Fig. 4. The results of measuring the relative deformation of the rock mass and meters $\varepsilon \times 10^{-4}$.

28.04.2009 г. по 28.09.2009 г., $\Delta \varepsilon_{\text{МГП PY}}$ составляет -0.12×10^{-4} .

Следовательно, для Естюнинского месторождения по варианту II в 2009 г. получаем:

$$\begin{aligned} -\Delta \varepsilon_{\text{МГП PY}} &= -0.12 \times 10^{-4}, \\ -\Delta \varepsilon_{\text{МГП}} &= -0.57 \times 10^{-4}, \\ -\Delta \varepsilon_{\text{КТ}} &= -0.1 \times 10^{-4}. \end{aligned}$$

Можно принять и отразить на шкалах:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{\text{МГП}} &= (\Delta \varepsilon_{\text{МГП}} / \Delta \varepsilon_{\text{МГП PY}}) \varepsilon_{\text{МГП PY}} \approx 5 \varepsilon_{\text{МГП PY}}, \\ \varepsilon_{\text{КТ}} &= (\Delta \varepsilon_{\text{КТ}} / \Delta \varepsilon_{\text{МГП}}) \varepsilon_{\text{МГП}} \approx 0.175 \varepsilon_{\text{МГП}} \approx 0.88 \varepsilon_{\text{МГП PY}}, \\ \varepsilon_{\text{PY}} &= \varepsilon_{\text{МГП}} - \varepsilon_{\text{МГП PY}}. \end{aligned}$$

Используя шкалу и график $\varepsilon_{\text{МГП PY}}$ (см. рис. 4), можно рассчитать шкалы для $\varepsilon_{\text{МГП}}$, ε_{PY} и $\varepsilon_{\text{КТ}}$ в дополнение к графикам деформации радиуса протона (ε_{RP}) за 14 лет (Бернауэр, Рандольф, 2014), деформации массива горных пород, определяемой по результатам измерений спутниковыми навигационными системами (СНС) за 12 лет и деформации массива, определяемой по результатам измерений лазерным дальномером за 7 лет.

Таким образом можно получить более полное, но не окончательное, представление об относительной деформации массива горных пород и средств измерения (табл. 2).

Следует признать, что результаты эксперимента в г. Нижний Тагил на шах. “Естюнинская” получены за слишком малый период времени. Поэтому не

стоит строго судить о возможности сопоставления этого периода с более длительными. Главное, эксперимент подтвердил, что в массиве горных пород происходят циклические деформации с различными временными периодами.

В работе Н.В. Косинова (2019) показано, что гравитационную постоянную G можно получить путем комбинации 19 фундаментальных физических констант. Ранее было показано, что некоторые из них изменяются во времени (Зубков, Сентябов, 2020). Следовательно, изменяется G , присутствующая в фундаментальной зависимости:

$$g = Gm/R_3^2,$$

где g – ускорение свободного падения, m – масса Земли, R_3 – радиус Земли.

Исследованиями в течение 20 лет показано, что G действительно изменяется в относительных единицах на величину $\varepsilon_G = -3.6 \times 10^{-4}$ (Зубков, 2013).

Десятки фундаментальных физических констант тоже не остаются постоянными. Это диктует необходимость наблюдать и фиксировать это изменение непрерывно во все последующие годы подобно тому, как мы фиксируем состояние погоды в течение 400 тыс. лет и наблюдаем солнечную активность 400 лет (Абдусаматов, 2013). По-видимому, это позволит в будущем делать прогнозы данного фундаментального явления.

“Эта неоднородность, по-видимому, обусловлена наличием “небесных тел” – сгущениями масс

Таблица 2. Относительная деформация материи под воздействием волн космоса на микро- и макроуровнях**Table 2.** Relative deformation of matter under the influence of cosmic waves at micro and macro levels

№ п.п.	$\varepsilon \times 10^4$	Период измерения	Примечание
1	$\varepsilon_{RP} = -900$	2001–2020	RP – радиус протона (Зубков, Сентябов, 2020)
2	$\varepsilon_{МГП} = -6.0$	2001–2020	МГП – массив горных пород
3	$\varepsilon_{Py} = -4.8$	2001–2020	Py – рулетка маркшейдерская
4	$\varepsilon_{КТ} = -1.05$	2001–2020	КТ – кварцевая трубка
5	$\varepsilon_{МГП\ ЛД} = -0.12$	2010–2017	Измерения с помощью лазерного дальномера
	$\varepsilon_{МГП\ СНС} = -0.05$	2001–2010	Измерения с помощью СНС на Урале
6	$\varepsilon_{МГП\ СНС} = +0.0015$	1994–2001	Измерения с помощью СНС на Дальнем Востоке
	$\varepsilon_{МГП\ СНС} = -0.0013$	2001–2007	(Лухнев и др., 2010)
7	$\varepsilon_0 = -3.0 \dots 5.0$	1970–2001	Радиус Солнца в 11-летних циклах
	$\varepsilon_0 = -10.0$	1800–2010	Радиус Солнца в 200-летнем цикле (Зубков, Сентябов, 2020)
8	$\varepsilon_{вода} - \varepsilon_{мет} = -1.7 \times 10^{-4}$	1889–2014	Разница деформации воды и металлической емкости при контроле эталона веса (Зубков, Сентябов, 2020)

в окружающем пространстве, когда при движении объекта относительно этих тел, в неоднородном гравитационном поле, возникают гравитационные волны. В каждой точке пространства-времени происходит интерференция этих волн. Соответствующая интерференционная картина проявляется в тонкой структуре изучаемых нами гистограмм” (Шноль, 2019).

В 1987 г. немецкий физик-теоретик Кристофор Веттерих представил “эфир” как темную энергию, назвав ее “квинтэссенцией”, плотность которой может варьироваться в пространстве и времени (Wetterich, 1988). Некоторые ученые полагают, что наилучшим свидетельством в пользу квинтэссенции явилось бы нарушение принципа эквивалентности Эйнштейна и вариации фундаментальных констант в пространстве и времени (Игнатъев, 2016).

В ближайшее время необходимо организовать эксперимент в подземных выработках (см. рис. 1), где нужно оборудовать и наблюдать деформацию базисов в поперечном и продольном направлениях выработки, измеряя их с использованием свето- и радиодальномеров, интерферометров, деформометров с рабочими телами, маркшейдерских рулеток из различных материалов.

Измерители: лазерный дальномер, кварцевый трубчатый дальномер, маркшейдерская рулетка, штанги из карбона.

$$\frac{\Delta U_{yi}}{B_{yi}} = \varepsilon_{МГП} - \varepsilon_{изм},$$

$$\frac{\Delta U_{xi}}{B_{xi}} = K\varepsilon_{МГП} - \varepsilon_{изм},$$

где $K = 2(1-\mu^2)$ – коэффициент концентрации для круглой выработки.

Это позволит при проведении экспериментов в массивах, сложенных различными горными породами, определить деформацию средств измерения, вызванную влиянием космического эфира, другими словами, влиянием квантованного пространства-времени.

Ситуация в недропользовании усугубляется тем, что при $\Delta\varepsilon_{АФ} = \Delta\varepsilon_{МГП} > -10 \times 10^{-4}$ астрофизическая составляющая напряжений

$$\Delta\sigma_{АФ} \geq \frac{\Delta\varepsilon_{МГП} \times E}{(1-2\mu)} \geq \frac{-10 \times 10^{-4} \times 0.6 \times 10^5}{1-0.4} \geq -100 \text{ МПа}.$$

В соответствии с законом формирования природных напряжений, в этом случае их величина на глубинах более 500 м, т. е. ниже зоны дезинтеграции массива, с учетом гравитационно-тектонических напряжений может возрасти до $-130 \dots -160$ МПа. При ведении горных работ в этих условиях в приконтурном массиве подготовительно-нарезных выработок величина напряжений может превысить $-600 \dots -900$ МПа, что уже наблюдалось при ведении очистных работ на гор. -120 м на шахте “Естюнинская”, где напряжения в лобовинах дучек достигали $-740 \dots -900$ МПа, в кровле скреперных ортов – -470 МПа, в кровле погрузочных штреков – -650 МПа, а в стенках – $170 \dots 240$ МПа (Зубков, 2001).

В этих условиях приконтурный массив выработок разрушался и отколовшиеся со звуком оружейного выстрела пластины диаметром от 0.2 до 2 м и толщиной от 1 до 20–30 см отлетали со скоростью 50 м/с. При наличии штангового крепления эти пластины висели на штангах на контуре выработки. Такая обстановка наблюдалась на всех удароопасных месторождениях России, что вынуждало горняков применять прием “отстаивания выработки”, когда на вновь пройденных участках выра-

ботки допуск запрещался на несколько часов (иногда до суток), пока не закончатся проявления.

На других рудниках с менее прочными породами такая ситуация потребует или проведения специальных работ по их укреплению или даже консервации нижних горизонтов с 2030 г. на 30–40 лет.

К 2021 г. миновало три степени роста сжатия массива горных пород и в результате аварий потянутся тысячи человек (табл. 3) (Чумаков, 2017).

Графики изменения относительной деформации $\Delta \epsilon_{\text{АФ}}$ приведены на рис. 5 совместно с графиками изменения излучения солнца, интенсивности галактических космических лучей (Зубков и др., 2019) и интенсивности землетрясений (Халилов, 2016) на фоне аварий на рудниках.

На основании проведенных исследований до 2050 г. прогнозируется еще две ступени сжатия массива т. е. рост напряженно-деформированного

состояния (IV–2025–2033 и V–2036–2045). Соответственно, человечеству придется реагировать на изменение космической погоды согласно неприятной ее цикличности, установленной в течение 700 млн лет (Лукинский, 2020). Во избежание негативных последствий для горнорудных предприятий потребуется разработка совершенно иных технологий отработки месторождений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение результатов длительного геодеформационного мониторинга природных напряжений на рудниках Урала, проводимого лабораторией геодинамики и горного давления ИГД УрО РАН в течение последних 30 лет, и анализ измерений напряжений за 55 лет в основных горнодобывающих регионах России и мира дали основание пред-

Таблица 3. Аварии на ГЭС, рудниках и шахтах

Table 3. Accidents at hydroelectric power stations, mines and shafts

№ п.п.	Объект	Год	$\sigma_{\text{АФ}}$	Примечание
1	Тактогульская ГЭС	1983	$\approx \text{max}$	Повреждение болтов крышки турбины в результате деформации колодца при его сжатии
2	Нурекская ГЭС	1983	$\approx \text{max}$	Повреждение 50 из 72 гаек и шпилек (69%) крышки турбины
3	Шахтный ствол, г. Хромтау	1984	max	Разрушено 200 м бетонной крепи на Н = 520–720 м
4	Березниковский рудник – 3	1986	$\approx \text{max}$	Затопление рудника
5	г. Чернобыль (г. Кыштым, 1957 г.)	1986	$\approx \text{max}$	Ядерная реакция – тепловой взрыв
6	г. Пейшнц-Лейк, Канада	1987	$\approx \text{max}$	Затопление рудника
7	Рудник? Таштагольский, Ствол “Сибиряк”	1991	min	Трещины разрыва в бетонной крепи на Н = 560–606 м и в крепи на Н = 840–965 м
8	ЮУБР	1995	$\approx \text{max}$	Обрушение целиков в шахте на S = 0.25 млн м ²
9	Соликамский рудник – 2	1995	$\approx \text{max}$	Обрушение целиков в шахте на S = 0.42 млн м ²
10	г. Потокан, Канада	1996	$\approx \text{max}$	Затопление рудника
11	г. Нефтегорск	1995	$\approx \text{max}$	m = 7.7, город разрушен полностью, погибло 70% населения (2247 чел.)
12	г. Кобе, Япония	1995	$\approx \text{max}$	m = 7.3, разрушено 200 тыс. зданий, погибло 6434 чел.
13	Березниковский рудник – 3	2006	$\approx \text{max}$	Затопление рудника
14	Шах. им. Засядько, Украина	2006	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 13 чел.
15	Шах. им. Ленина, Казахстан	2006	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погиб 41 чел.
16	Шах. Halemba, Силезия	2006	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 23 чел.
17	Шах. “Ульяновская”, Кузбасс	2007	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 110 чел.
18	Шах. им. Засядько, Украина	2010	max	Выброс газа. Погибло 89 чел.
19	г. Эстерхази, Канада	2008	$\approx \text{max}$	Затопление рудника
20	Саяно-Шушенская ГЭС	2009	$\approx \text{max}$	Обрыв 65% гаек и шпилек крышки турбины. Погибло 75 чел.
21	Шах. “Распадская”, Кузбасс	2010	max	Выброс газа. Погибло 90 чел.
22	Шах. Сан-Хосе, Чили	2010	max	Разрушение стволов
23	г. Фокусима	2011	max	Землетрясение, цунами – тепловой взрыв
24	Шах. “Северная”, Воркута	2016	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 32 чел.
25	Шах. в Польше	2018	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 13 чел.
26	Шах. в Китае	2018	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 5 чел.
27	Шах. в Донбассе	2019	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 17 чел.
28	Рудник в г. Норильск	2019	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 3 чел.
29	Шах. в Китае	2019	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погибло 14 чел.
30	Шах. в г. Караганда	2020	$\approx \text{max}$	Выброс газа. Погиб 1 чел.
31	г. Чернобыль	2021	max	Усиление ядерной реакции

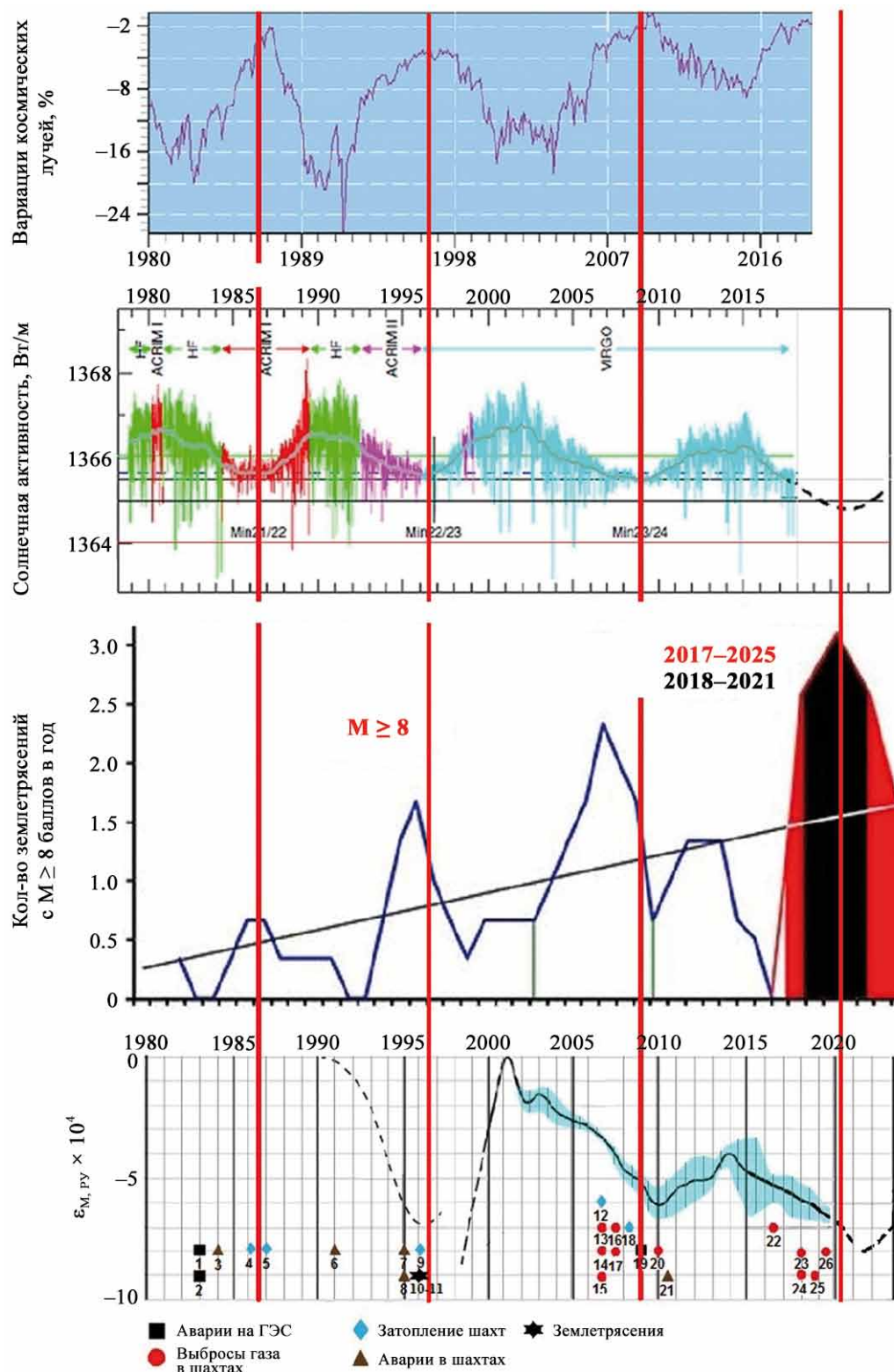


Рис. 5. Изменение средних значений параметров напряженно-деформированного состояния массива горных пород на Урале на фоне аварий на рудниках, изменения излучающей способности Солнца, интенсивности космического излучения и землетрясений.

Fig. 5. Change in the average values of the parameters of the stress-strain state of a rock mass in the Urals against the backdrop of accidents in mines, changes in the solar emissivity, cosmic radiation intensity and earthquakes.

ложить новую, более современную структуру поля естественных напряжений с привязкой их изменения во времени.

1. Нашло вполне обоснованное подтверждение наше предположение, что относительная деформация материи на микро- и макроуровнях изменяется под воздействием флуктуации космической погоды.

2. Полученные результаты являются промежуточными (период 1900–2021 гг.), и, возможно, не повторятся никогда, но они показывают чрезвычайную важность и опасность указанного физического явления для жизни человечества. При дальнейших исследованиях необходимо учитывать, что каждая разновидность пород деформируется по-разному.

3. Средства измерения, изменяя свои физические характеристики, фиксируют лишь часть относительной деформации массива горных пород: лазерные дальнометры (ЛД) – 1.5%, кварцевые трубчатые деформометры (КТД) – 80%, маркшейдерские рулетки и мерные проволоки (МР) – 20%.

4. Каждое средство измерения деформации во всех случаях должно реагировать на изменение космической погоды индивидуально и независимо от того, что и где им измеряют.

5. Выявлено, что относительная деформация Земли и земной коры в отдельных циклах достигает величины $\epsilon_{\text{АФ}} = \pm(2-6) \times 10^{-4}$, что приводит к изменению напряженного состояния массива горных пород $\sigma_{\text{АФ}}$ на 20–40 МПа и более, $\epsilon_{\text{АФ}}$ одинакова для всех континентов и везде вызывает аварийные ситуации.

6. Человечеству для безопасного существования в условиях бурного технического прогресса необходимо непрерывное отслеживание и реагирование на изменения физического состояния окружающего мира.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абдусаматов Х.И. (2013) Глубокий минимум мощности солнечного излучения приведет к малому ледниковому периоду. СПб.: Нестор – История, 246 с.
- Бернауэр Я., Рандольф П. (2014) Проблемы радиуса протона. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www/sci-ru.org/в мире науки>.
- Зубков А.В. (2001) Геомеханика и геотехнология. Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 335 с.
- Зубков А.В. (2005) Связь геодинамических событий в литосфере с солнечной активностью. *Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр. Сб. науч. трудов*, (3), 68–74.
- Зубков А.В. (2013) Периодическое расширение и сжатие Земли как вероятный механизм природных катаклизмов. *Литосфера*, (2), 145–156.
- Зубков А.В. (2018) Закон формирования природного напряженного состояния земной коры. *Докл. АН*, **483**(3), 296–298.
- Зубков А.В. (2019) Пульсации во Вселенной и проявление их на Земле. *Проблемы недропользования*, (1), 91–104.

- Зубков А.В., Сентябов С.В. (2020) Деформация земной коры, способы изучения, закономерности, проблемы. *Литосфера*, **20**(6), 863–872. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-6-863-872>
- Зубков А.В., Сентябов С.В., Селин С.В. (2015) Закономерности формирования напряженного состояния массива горных пород в верхней части земной коры. *Литосфера*, (5), 116–129.
- Зубков А.В., Сентябов С.В., Селин С.В. (2019) Методика определения природных напряжений в массиве по деформации карьера с использованием спутниковых навигационных систем. *Литосфера*, **19**(5), 767–779. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-5-767-779>
- Игнатьев Ю.Г. (2016) Классическая космология и темная энергия. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 248 с.
- Косинов Н.В. (2019) Как получить точное значение гравитационной константы G. [Электронный ресурс]. Режим доступа: kosinov.314159.ru/kosinov25.htm
- Лукинский С.Э. (2020) Живая история. Как Земля превратилась в лед. Тайна самого жесткого Ледникового периода, погубившего жизнь на Земле. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.zen.yandex.ru/media/rubez/kak-zemlia-prevratilas-v-led-taina-samogo-jestokogo-lednikovogo-perioda-pogubivshego-jizn-na-zemle-5fe0a4ce285e983e57812ca8
- Лухнев А.В., Санько В.А., Мирошниченко А.И., Ашурков С.В., Кале Э. (2010) Вращения и деформации земной поверхности в Байкало-Монгольском регионе по данным GPS-измерений. *Геология и геофизика*, (7), 1006–1017.
- Милановский Е.Е. (1984) Развитие и современное состояние проблемы расширения и пульсации Земли. *Проблемы расширения и пульсации Земли*, 8, 24 с.
- Халилов Э.Н. (2016) Прогноз сейсмической активности до 2926 года. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://aze.az/news_elchin_halilov_prognoz_136048.html
- Хаманович С.В. (2015) Типы переменных звезд. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://2i.by/perem-zvezdi>
- Чумаков Н.М. (2017) Оледенения Земли. М.: ГИ РАН, 159 с.
- Шноль С.Э. (2019) Космофизические факторы в случайных процессах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.biophys.ru/lib/books/sci-books/151-sholl
- BIPM. (2019) The BIPM watt balance. URL <http://www.bipm.org/en/bipm/mass/watt-balance/>
- Leonov V.S. (2010) Quantum Energetics. Theory of Superunification. Cambridge International Science Publishing, 745 p.
- Stachel J.J. (2002) Einstein from “B” to “Z”. *Einstein Studies*, (9), 226 p. (In Germ.)
- Wetterich C. (1988) Cosmology and the Fate of Dilatation Symmetry. *Nucl. Phys.*, B 302, 668–696.

REFERENCES

- Abdusamatov Kh.I. (2013) A deep minimum of solar radiation power will lead to a little ice age. St.Petersburg, Nestor – History Publ., 246 p. (In Russ.)
- Bernaueer Ya., Randolph P. (2014) Problems of the proton ra-

- dus. (In Germ.) [http://www/sci-ru.org/in the world of science](http://www/sci-ru.org/in_the_world_of_science)
- BIPM. (2019) The BIPM watt balance. (In France) URL <http://www.bipm.org/en/bipm/mass/watt-balance/>
- Chumakov N.M. (2017) Glaciation of the Earth. Moscow, GIRA, 159 p. (In Russ.)
- Ignat'ev Yu.G. (2016) Classical cosmology and dark energy. Kazan, Publishing house of Kazan University, 248 p. (In Russ.)
- Khalilov E.N. (2016) Forecast of seismic activity until 2926. (In Russ.) https://aze.az/news_elchin_halilov_prognoz_136048.html
- Khamanovich S.V. (2019) Types of variable stars. (In Russ.) <http://2i.by/perem-zvezdi>
- Kosinov N.V. (2019) How to get the exact value of the gravitational constant G. (In Russ.) [Electronic resource]. Access mode: kosinov.314159.ru/kosinov25.htm
- Leonov V.S. (2010) Quantum Energetics. Theory of Super unification. Cambridge International Science Publishing, 745 p. (In UK)
- Lukhnev A.V., San'ko V.A., Miroshnichenko A.I., Ashurkov S.V., Kale E. Rotations and deformations of the earth's surface in the Baikal-Mongolian region according to GPS measurements. *Geol. Geofiz.*, (7), 1006-1017. (In Russ.)
- Lukinskii S.E. (2020) Living history. How the Earth turned to ice. The secret of the toughest Ice Age that killed life on Earth. (In Russ.) [Electronic resource]. Access mode: www.zen.yandex.ru/media/rubez/kak-zemlia-prevratilas-v-led-taina-samogo-jestokogo-lednikovogo-perioda-pogubivshego-jizn-na-zemle-5fe0a4ce285e983e-57812ca8
- Milanovskii E.E. (1984) Development and current status of the problems of expansion and pulsation of the Earth. *Problems of expansion and pulsation of the Earth*, **8**, 24. (In Russ.)
- Shnol' S.E. (2019) Cosmophysical factors in random processes. (In Russ.) [Electronic resource]. Access mode: www.biophys.ru/lib/books/sci-books/151-sholl
- Stachel J.J. (2002) Einstein from "B" to "Z". *Einstein Studies*, (9), 226 p. (In Germ.)
- Wetterich C. (1988) Cosmology and the Fate of Dilatation Symmetry. *Nucl. Phys.*, B 302, 668-696. (In Germ.)
- Zubkov A.V. (2001) Geomechanics and geotechnology. Ekaterinburg, IGD UB RAS, 335 p. (In Russ.)
- Zubkov A.V. (2005) Relation of geodynamic events in the lithosphere to solar activity. *Geotechnological problems of integrated subsoil development: a collection of scientific papers*, (3), 68-74. (In Russ.)
- Zubkov A.V. (2013) Periodic expansion and contraction of the Earth as a likely mechanism of natural disasters. *Lithosphere (Russia)*, (2), 145-156. (In Russ.)
- Zubkov A.V. (2018) The law of the formation of the natural stress state of the earth's crust. *Dokl. Akad. Nauk*, **483**(3), 296-298.
- Zubkov A.V. (2019) Ripples in the Universe and their manifestation on Earth. Subsoil use *Problemy Nedropol'zovaniya*, (1), 91-104. (In Russ.)
- Zubkov A.V., Sentyabov S.V. (2020) Deformation of the Earth's crust, methods of study, patterns, problems. *Lithosphere (Russia)*, **20**(6), 863-872. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2020-20-6-863-872> (In Russ.)
- Zubkov A.V., Sentyabov S.V., Selin S.V. (2015) Patterns of formation of the stress state of a rock mass in the upper crust. *Lithosphere (Russia)*, (5), 116-129. (In Russ.)
- Zubkov A.V., Sentyabov S.V., Selin S.V. (2019) Methodology for determining natural stresses in an array by quarry deformation using satellite navigation systems. *Lithosphere (Russia)*, **19**(5), 767-779. <https://doi.org/10.24930/1681-9004-2019-19-5-767-779> (In Russ.)