

## ГОРНОЕ ДЕЛО

УДК 622.831

© Симонова А.Ю., Земсков А.Н., 2013

### ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ И ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ В КАЛИЙНЫХ РУДНИКАХ

**А.Ю. Симонова, А.Н. Земсков**

Группа предприятий «Западно-Уральский машиностроительный концерн»,  
ООО «ЗУМК-Инжиниринг», Пермь, Россия

Рассматривается проблема прогноза и предотвращения газодинамических явлений и газовыделений на калийных рудниках. Целью статьи является изучение зависимости увеличения количества газодинамических явлений и газопроявлений от неблагоприятного воздействия космологических факторов (влияние лунных и солнечных циклов) и метеофакторов для дальнейшей разработки методов предотвращения опасных ситуаций в горной промышленности. На основе анализа статистики газодинамических явлений и газовыделений на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей выявлена взаимосвязь частоты выбросов соли и газа и гелиофизических (космологических) факторов, а также зависимость интенсивности и количества газовыделений от различных метеорологических факторов, что подкреплено материалами анализа. Особое внимание уделяется влиянию космологических факторов на состояние породных массивов, приведены примеры влияния метеофакторов на изменение газовой обстановки в шахтах и рудниках. Проведен анализ газодинамических явлений на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей и установлено, что интенсивность катастроф, происходящих на калийных рудниках, имеет циклический характер, совпадающий с циклами космической активности: лунной и солнечной, подробно объясняется процесс воздействия гравитационного притяжения Луны и Земли. Влияние деформаций земной коры на газодинамические процессы в пластах полезных ископаемых, вызываемых гелиофизическими факторами, подтверждается результатами наблюдений и исследований, фиксацией и анализом данных по количеству газодинамических явлений и состояния космической погоды.

**Ключевые слова:** калийные рудники, анализ, статистика происшествий, газодинамические явления, газовыделения, гелиофизические факторы, солнечная активность, фазы луны, метеофакторы, прогнозирование, предотвращение, состояние породных массивов, аварии, затопления, горные удары, барометрическое давление, климат, прецессионные силы.

### EVALUATION OF HELIOPHYSICAL FACTORS EFFECTS ON GAS EMISSION AND GAS-DYNAMIC MANIFESTATIONS IN POTASSIUM MINES

**A.Iu. Simonova, A.N. Zemskov**

West-Ural Machine-Building Concern, ZUMK-Engineering, Ltd.,  
Perm, Russian Federation

The paper deals with forecast and prevention of gas-dynamic manifestations and gas emissions in potassium mines. The aim is to discover dependence of gas-dynamic manifestations and gas shows on cosmologic factors, such as moon and solar cycles, and meteorological factors for a further research of the methods to prevent hazards in mining industry. The analysis of statistics of gas-dynamic manifestations and gas shows in potassium mines of the Verkhnekamskoye field reveals relation between the frequency of salts and gas discharge and heliophysical (cosmologic) factors, and between the rate and amount of gas shows and different meteorological factors, which is corroborated by the analysis data. Special emphasis is put on effects of cosmologic factors on rock mass condition, examples of meteorological influence on gas conditions in shafts and mines. The analysis is made of gas-dynamic manifestations in the potassium mines of the Verkhnekamskoye field; it is found that potassium mine catastrophe rate is cyclic and reflects the cosmic (moon and solar) activity cycles. The influence of gravitational attraction is discussed in details. The influence of the crust deformation on gas-dynamic processes in mineral resources formations, caused by heliophysical factors, is corroborated by observation and research, registration and analysis of data on gas-dynamic manifestations amount and cosmic weather.

**Keywords:** potassium mines, analysis, catastrophe statistics, gas-dynamic manifestations, gas shows, heliophysical factors, solar activity, moon phases, meteorological factors, forecast, prevention, rock mass condition, accidents, floods, rock bump, barometric pressure, climate, precessional forces.

## Введение

Прогнозирование и предотвращение газодинамических явлений (ГДЯ) на рудниках представляется одной из важнейших проблем горного производства.

На современном уровне развития наук о Земле не вызывает сомнения участие гелиофизических (космологических) факторов в протекании газодинамических процессов на рудниках.

Космологические факторы (влияние Солнца, Луны, периодически приближающихся планет и других небесных тел), особенности климата того или иного региона в той или иной мере влияют на количественные и качественные параметры состояния породных массивов и интенсивности газовыделений. Это влияние должно учитываться при разработке профилактических мероприятий по управлению и борьбе с газовыделениями и газодинамическими явлениями.

### **Влияние гелиофизических факторов на изменение газовой обстановки в калийных рудниках**

Воздействие метеофакторов на изменение газовой обстановки для условий калийных рудников до сих пор изучено недостаточно полно.

Оценка степени влияния различных метеорологических факторов на газовую обстановку в рудниках показывает, что определяющую роль среди них играет изменение атмосферного давления.

Установлено, что изменение давления за счет погодных колебаний более чем на порядок превышает колебания давления, обусловленные способом отработки пластов или схемой проветривания. Амплитуда колебаний давления при неустойчивой погоде достигает 10 мм рт. ст., а при изменении динамических свойств вентиляционных сетей или при автоматическом управлении проветриванием – 1 мм рт. ст. [1]. Любое колебание давления в вентиляционной сети вызывает немедленную реакцию выработанного пространства.

Значимость метеофакторов в формировании газовой среды в рабочих выработках и в выработанных пространствах калийных рудников проявляется неоднородно. С одной стороны, колебания газовой выделенности должны сглаживаться поступлением в рудники очень большого количества воздуха (в среднем 350–500 м<sup>3</sup>/с); применением значительного числа вентиляторов местного проветривания, устанавливаемых в труднопроветриваемых зонах; невысокой, по сравнению с угольными шахтами, газоносностью пород и газообильностью горных выработок. С другой стороны, на колебания газовой выделенности могут оказывать влияние такие факторы, как неравномерное, пятнистое расположение газонасыщенных зон, огромные объемы выработанных пространств (особенно для рудников Старобинского месторождения).

Интенсивность выделения газа в калийных рудниках с поверхности выработок определяется газопроницаемостью приконтурного массива выработок, газоносностью пород и давлением газа в разрабатываемом пласте. При повышенном барометрическом давлении газопроницаемость обнаженных поверхностей пластов искусственно занижается, благодаря чему имеет место подпор газа, выделяющегося через микротрещины и поры. Вследствие этого в единице объема породы содержится дополнительное количество газа. При значительном падении давления в выработке наблюдается интенсивное высвобождение газа как из стен выработок, так и из измельченной породной массы. Чем больше в этих условиях объем добычи, тем интенсивнее прирост газовыделения [2, 3].

Однако на изменение барометрического давления в рудниках также влияют и колебания депрессией вентиляционной струи.

При понижении атмосферного давления из изолированных выработок может выделиться лишь часть находящегося там газа, пропорциональная снижению

давления [4]. При незначительном же изменении депрессии вентиляционной струи в заполненном газом изолированном пространстве в действующие выработки может выделиться большое количество газа в том случае, если изолирующие выработки недостаточно герметичны. Возможно, это обстоятельство явилось причиной взрыва рудничного газа на одном из немецких калийных рудников в 1966 г. Исходя из вышеизложенного делается вывод о том, что при изменении депрессии вентиляционной струи может выделиться значительно большее количество газа, чем при резком изменении абсолютного атмосферного давления.

Таким образом, изменение барометрического давления в рудниках обусловлено двумя основными факторами: колебаниями атмосферного давления и депрессией вентиляционной струи.

На сегодняшний день при разработке калийных месторождений не стоит закрывать глаза и на гелиофизические факторы.

Помимо непосредственного влияния на состояние породных массивов космологических факторов, периодически вызывающих опасные горнотехнические ситуации, может иметь место и косвенное влияние этих факторов на безопасность ведения горных работ путем воздействия на психофизиологическое состояние людей, приводящего к принятию неверных решений, что может оказаться причиной возникновения аварий в шахтах и рудниках [5, 6].

Подтверждением этому служит доказательство группы ученых из Германии, которые выявили, что на второй день после солнечных вспышек у водителей происходит замедление реакции на сигнал в 4 раза по сравнению со спокойными днями. Также группа французских ученых в результате многолетних исследований пришла к выводу, что 84 % внезапных смертей совпадают с появлениями солнечных пятен.

Профессор из Томска В.П. Десятов установил, что на второй день после вспышек на Солнце также в 4 раза возрастает количество автомобильных катастроф [7].

Во время солнечных бурь, продолжающихся от минуты до суток, отмечается возрастание напряженности магнитного поля Земли в тысячи раз. В результате проведения исследований было установлено, что всё живое на Земле, обладающее магнитными и парамагнитными элементами, чутко реагирует на колебания солнечной активности.

Суммарное воздействие Луны, Солнца и планет на Землю ведет к изменению ее напряженного состояния, что не может не отражаться на геомеханическом состоянии породных массивов, а значит, служить фактором, способствующим возникновению газодинамических явлений [2].

Различают следующие ритмы колебаний элементов массива горных пород:

– суточные – связаны с вращением Земли вокруг своей оси;

– лунные – связаны с полным оборотом Луны вокруг Земли;

– годовые и сезонные – обусловлены воздействием прецессионных сил при обращении Земли вокруг Солнца и сменой времени года;

– солнечные – определяются периодами солнечной активности при движении Солнца во Вселенной.

Известно, что Земля движется в мировом пространстве по очень сложной траектории, участвуя во многих механических движениях. Вследствие этого непрерывно изменяется положение Земли по отношению к Солнцу и Луне, которые, в свою очередь, также перемещаются. В результате Солнце и Луна оказывают на Землю непрекращающееся, но изменяющееся по величине воздействие [8, 9].

Поскольку Земля сжата у полюсов, Солнце и Луна притягивают ту ее часть у экватора, которая ближе к ним. При этом

возникают так называемые прецессионные силы, стремящиеся развернуть Землю, повернуть ее ось вращения. Самое большое значение эти силы имеют в декабре и июне, минимальное (нулевое) – в марте и сентябре [2].

Существует много убедительных доказательств, что частота природных катаклизмов совпадает с циклами солнечной активности.

В последние 40–50 лет учеными предприняты попытки увязать проявления землетрясений, вулканизма, газодинамических явлений и горных ударов в шахтах с космическими (лунно-солнечными) силами [10].

Швейцарский астроном Р. Вольф путем переработки всего накопленного предшественниками материала, посвященного изучению влияния Солнца на земные процессы, определил полный цикл солнцедельности в 11 лет. Детально изучая ход этого цикла, нетрудно заметить, что нарастание максимума происходит не постепенно, в соответствии с синусоидой, а скачками. Общее увеличение солнечной активности включает в себя многочисленный ряд скачков сверху вниз и снизу вверх [11, 12]. Поэтому, устанавливая взаимосвязь солнечной активности с теми или иными процессами, не стоит ожидать абсолютного и прямого пропорционального совпадения между изучаемыми характеристиками.

На Верхнекамских рудниках не существует жесткой привязки выбросоопасных зон к определенным геологическим структурам и влиянию внешних (космологических) факторов более очевидно по сравнению с другими месторождениями, например Старобинским.

Для анализа приуроченности газодинамических явлений к тем или иным космологическим факторам была собрана информация о случаях проявления 320 ГДЯ на рудниках Верхней Камы с 1968 по 2000 г. с точным временем их проявления.

На основании этих данных были построены графики привязки газодинамических явлений к времени суток, времени года и к изменениям лунного и солнечного циклов.

Изменения числа газодинамических явлений в пределах одиннадцатилетнего солнечного цикла свидетельствуют об увеличении числа ГДЯ в пиках солнечной активности одиннадцатилетнего цикла по сравнению с предыдущими и последующими годами.

На рис. 1 совмещены 3 одиннадцатилетних солнечных цикла, на которых четко прослеживается приуроченность повышенного количества газодинамических явлений к пикам солнечной активности – 1972–1973, 1983–1984 и 1994–1995 гг.

Таким образом, в годы высокой солнечной активности в 2,5 раза больше газодинамических явлений, чем в годы относительного спада действия этого фактора.

Если провести параллель между лунными и солнечными циклами и считать наиболее опасным (критическим) переход от активной части солнечного цикла к пассивной, то обнаруживается интересная закономерность. Крупнейшие случаи затопления калийных рудников – Третьего Березниковского (1986), канадского рудника «Потакан» (1997), Первого Березниковского (2006) – приходится точно на смену состояния породных массивов (см. рис. 1).

На основании вышесказанного можно ожидать ухудшения космологической ситуации с 2015 по 2019 г. с особо сложным периодом, на который придется пик солнечной активности, в 2016–2017 гг.

Физические процессы, протекающие в горных породах, делятся на гидро-, газо- и электропериоды [13]. Исходя из разделения месяцев года по типу энергоносителей можно говорить о том, что затопления вышеуказанных рудников приходится именно на время гидропериодов (табл. 1). В эти самые гидропериоды

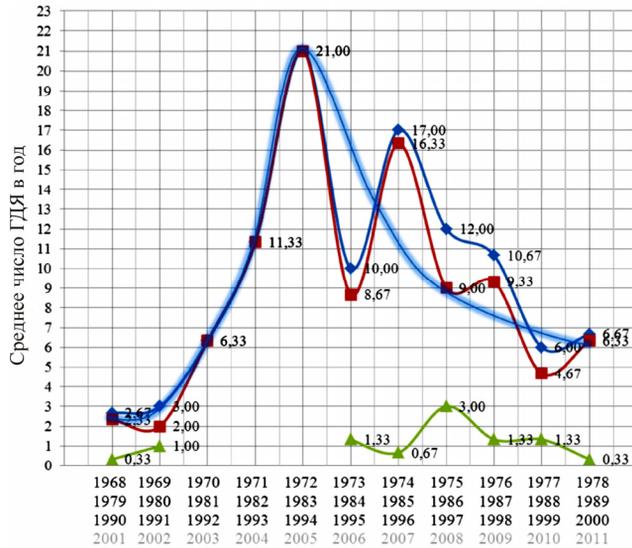


Рис. 1. Изменение среднего числа газодинамических явлений (в год) по одиннадцатилетним солнечным циклам на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей: ◆ – ВКМКС; ■ – БКПИРУ; ▲ – СКРУ

усиливается мощность источников гидродинамических процессов, приводящих к прорывам воды и глины, к обводнению выработок массива, к затоплению выработок, шахт и рудников (в массиве накапливается избыточный напор воды).

Т а б л и ц а 1

Годовая энергетика массивов горных пород

Месяцы года											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Энергетические периоды											
Газо-	Гидро-	Электро-	Гидро-	Газо-	Газо-	Гидро-	Электро-	Гидро-	Газо-	Гидро-	Газо-

Следует отметить, что приливообразующие силы появляются и от влияния Солнца, однако их величина, по сравнению с лунными приливообразующими силами, значительно меньше.

Воздействие Луны на Землю заключается главным образом в возникновении приливообразующих сил во внешних оболочках земного шара. Установлено, что приливообразующие силы несколько

меняют форму нашей планеты. Их величины и направления действия также непостоянны.

Под действием гравитационных приливообразующих сил происходят периодические колебания не только водной оболочки планеты, но и земной коры. Влияние приливо-отливных сил на вращение земного шара и процессы, происходящие в его недрах, во многом определяет возникновение, развитие и разрядку тех внутренних усилий, которые приводят к сейсмическим толчкам и деформационным процессам в породной приповерхностной толще.

Поведение массивов горных пород обусловлено взаимодействием силы гравитации Земли и силы гравитационного воздействия Луны, Солнца и других космических объектов. Сила тяжести Земли направлена к центру планеты и оказывает сильное влияние на процессы сжатия-растяжения породных элементов. Сила гравитационного воздействия космических объектов направлена в их сторону и оказывает влияние только на растяжение

пород земной коры. Хотя сила тяжести Земли значительно больше силы внешнего гравитационного воздействия, влияние последней существенно, так как она действует уже в условиях равновесия сил внутри горномеханической структуры.

Силы притяжения со стороны Луны, Солнца и других небесных тел вызывают деформации земной коры, которые могут составлять порядка полуметра [2, 14].

В период нахождения Луны в нечетных фазах (I, III) земная кора сжимается, породный массив способен переносить максимальные нагрузки. В этот период он устойчив, снижается вероятность обрушения пород кровли выработок.

В четных фазах Луны (II, IV) имеет место расширение породообразующих элементов, что ведет к снижению прочности пород под действием растягивающих сил. Переход от состояния растяжения к состоянию сжатия пород – за 2 суток до и 2 суток после полнолуния либо новолуния – является периодом неустойчивого равновесия породного массива (рис. 2).

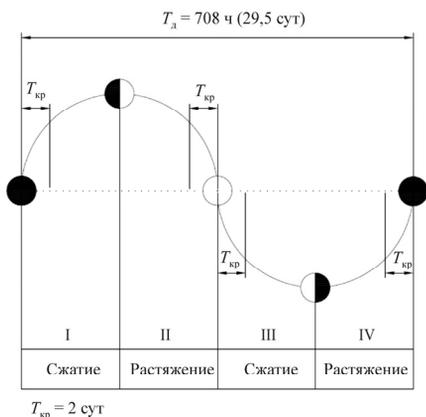


Рис. 2. Распределение критических периодов ( $T_{кр}$ ) в состоянии горных массивов в пределах лунного цикла

Влияние деформаций земной коры, вызываемых силами приливов, на газодинамические процессы в пластах полезных ископаемых подтверждается данными по количеству газодинамических яв-

лений и состоянию фаз Луны. Так, за период с 1968 по 2000 г. 59 случаев газодинамических явлений произошло в период полнолуния, 75 случаев – новолуния. В сумме это составляет почти половину всех случаев газодинамических явлений. Это объясняется тем, что гравитационное воздействие Луны на Землю в перигее выше, чем в апогее, на 37 %, так как в перигее Луна на 1/9 ближе к Земле [5, 11]. Аналогично приливная сила в сизигиях (полнолунии и новолунии) значительно больше, чем в квадратурах (см. рис. 2).

Рассмотрим суточный цикл геодинамической активности. На графиках изменения числа газодинамических явлений за сутки (рис. 3) можно проследить увеличение количества происшествий в утреннее и ночное время. В дневное время количество ГДЯ минимальное. Наибольшее число газодинамических явлений зафиксировано в районе 23.00–1.00 и, особенно, 5.00–7.00. Меньше всего ГДЯ происходит с 7.00 до 21.00, т.е. в светлое время суток.



Рис. 3. Изменение числа газодинамических явлений в течение суток на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей

Если время проявления газодинамических явлений условно поделить на 2 интервала: дневное время суток и ночное, то, при примерно одинаковой продолжительности этих интервалов в течение года, нетрудно заметить, что «ночных» ГДЯ происходит в 1,7 раз больше, чем «дневных» (143 и 83 случая соответственно). Наглядно эту тенденцию можно проследить на рис. 4.

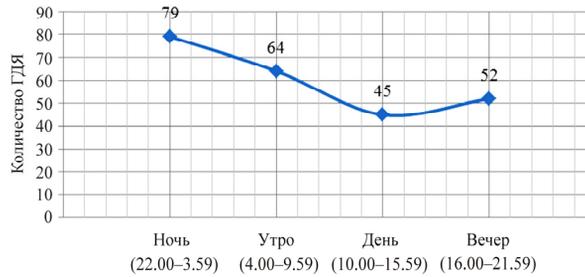


Рис. 4. Изменение числа газодинамических явлений по времени суток на Верхнекамском месторождении калийных солей

Это объясняется тем, что в зависимости от угла поворота Земли по отношению к Солнцу при ее вращении вокруг собственной оси дважды в сутки любая точка земной коры проходит стадии сжатия-растяжения [13]. Это не может не отразиться на поведении структурных элементов породных массивов. Поэтому в течение суток дважды происходит тройная смена напряженного состояния пород [15] (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Периодичность суточных циклов

Очередь	Периоды		
	1	2	3
I	5...6,5– 9...10,5	9...10,5– 14...16	14...16– 18...19
II	18...19– 21...23	21...23– 1,5...2,5	1,5...2,5– 5...6,5

Во время первого периода происходит накопление упругой энергии в массиве горных пород. В течение второго периода (особенно в вечернее и ночное время суток) чаще происходят выбросы породы и газа, горные удары. В частности, из отмеченных выше 143 газодинамических явлений на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей, происшедших в «ночное» время, большая часть приходится именно на интервал с 22.00 до 2.30. Во время третьего периода интенсифицируются газовыделения как из отработанных пространств, так и из трещиноватых пород. При проведении ежечасных отборов газовых проб в течение 2 лет на Треть-

ем Солигорском руднике РУП ПО «Беларуськалий» для изучения газовой динамики длинных очистных забоев было зафиксировано регулярное увеличение интенсивности газовыделений в период с 1.00 до 6.00 [16].

На основании проведения анализа случаев газодинамических явлений на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей установлена зависимость увеличения количества газодинамических явлений от продолжительности ночи (рис. 5).

Нетрудно заметить, что с увеличением продолжительности ночи происходит увеличение количества произошедших газодинамических явлений. Таким образом, прослеживается приуроченность газодинамических явлений к последним месяцам осени, месяцам зимы и первым месяцам весны, когда время солнцестояния значительно короче.

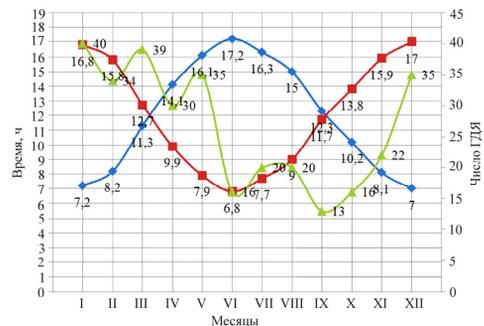


Рис. 5. Изменение количества газодинамических явлений от продолжительности ночи: ◆ – продолжительность дня; ■ – продолжительность ночи; ▲ – число ГДЯ

На периодичность проявления газодинамических явлений оказывают влияние и метеорологические факторы, определяющие термовлажностные параметры рудничной атмосферы [17].

Микроклиматические параметры калийных рудников в значительной степени определяются климатом поверхности и, в свою очередь, оказывают влияние на протекание многих процессов в горных выработках. Особенностью взаимодействия гигроскопичных соляных пород с влагой является наличие критической влажности воздуха (для сильвинитовых пород равна 0,6–0,7 [18]), превышение которой ведет к конденсации влаги на поверхности горных выработок.

Под влиянием переменной относительной влажности и температуры воздуха в калийных рудниках в течение года происходят периодические процессы подсыхания и увлажнения поверхности выработок.

Однако следует отметить неоднозначность влияния влажности и последующего изменения физико-механических свойств пород на протекание газодинамических явлений. Относительно сухая соляная порода характеризуется, с одной стороны, более высоким пределом прочности по сравнению с влагонасыщенной породой, с другой – пониженными пластическими характеристиками. Наличие этого фактора может по-разному отразиться на инициировании разных типов газодинамических явлений. Если поступление дополнительной влаги в породы может способствовать увеличению числа обрушений пород кровли, то на выбросы соли и газа это может не повлиять.

Внесенная в выработки влага, заполняя макропоры, переходные поры и микропоры, препятствует истечению газа с обнаженных поверхностей пластов. Таким образом, можно ожидать, что в период повышенного влагосодержания воздуха (с мая по сентябрь) должно наблюдаться уменьшение частоты газовыделений.

Анализ данных за 11 (1965–1975) лет работы Первого Соликамского калийного

рудника подтвердил предположение о меньшем количестве газовыделений, происходящих в теплое время года. За 5 месяцев с повышенным влагосодержанием воздуха (с мая по сентябрь), составляющих 41,7 % общей продолжительности года, зафиксировано от 15,5 до 35,7 % проб с содержанием отдельных газовых компонентов выше предела допустимой концентрации (1106 случаев из 3094), а за октябрь – апрель (58,3 % времени года) – 64,3–84,5 % газовыделений. Эта тенденция (рис. 6) прослеживается почти для каждого года из одиннадцатилетнего анализируемого временного интервала.

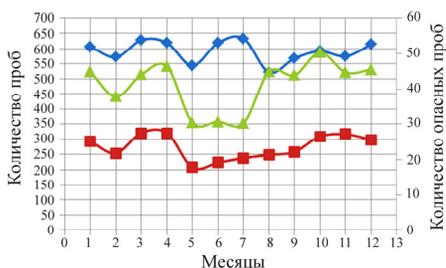


Рис. 6. Изменение числа опасных проб по месяцам за период с 1965 по 1975 г. на Первом Соликамском калийном руднике: ♦ – среднее число всех проб за 11 лет; ■ – среднее число опасных проб за 11 лет; ▲ – среднее относительное число опасных проб за 11 лет

Анализ 320 случаев газодинамических явлений, происшедших на рудниках Верхнекамского месторождения калийных солей, показывает их неравномерное количественное распределение в течение года: наибольшее – в зимний период, наименьшее – в летний (рис. 7).

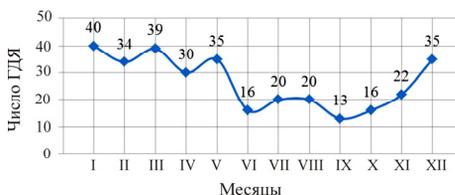


Рис. 7. Распределение количества газодинамических явлений по месяцам на Верхнекамском месторождении калийных солей

Как видно из графика распределения количества газодинамических явлений по месяцам (см. рис. 7), наибольшее число ГДЯ зафиксировано в январе, марте, мае и декабре. Наименьшее число газодинамических явлений происходило с июня по октябрь.

Таким образом, можно сделать вывод о влиянии климата на газодинамические процессы в рудниках, так как региональное изменение газоносности и напряженного состояния пород не может иметь сезонный характер.

### Заключение

Знание роли каждой группы факторов в формировании газовой обстановки в рабочих пространствах позволит более целенаправленно планировать меры борьбы с газовыделениями.

Таким образом, при эксплуатации калийных рудников следует учитывать цикл солнечной активности, критический период новолуний-полнолуний, годовую энергетику массивов горных пород. Также следует уделить особое внимание влиянию метеорологических условий и сезонного фактора на изменение микроклиматических параметров калийных рудников.

Метеорологические и космологические факторы предполагают усиление контроля за предвестниками изменения «космической погоды», учет их влияния при планировании и отработке сложных в горно-геологическом и горнотехническом отношении участков шахтных полей и осуществление необходимых профилактических мероприятий.

### Список литературы

1. Мясников А.А., Богатырев В.Д., Бонецкий В.А. Влияние колебаний давления воздуха на аэродинамический режим выработанного пространства // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 1980. – № 3. – С. 85–89.
2. Старков Л.И., Земсков А.Н., Кондрашев П.И. Развитие механизированной разработки калийных руд. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 522 с.
3. Hoffman K. Gasanalytische Untersuchungen des Salsgase des Sudharz und Werragebiets / Bergakademie, 1963. – S. 83–87.
4. Винтер К. Газовыделения – важный фактор при решении вопросов производства и безопасности горных работ: пер. с нем. // Сб. науч. конф., посвященной 75-летию испытательной станции рудничной вентиляции Вестфальского горнопромышленного товарищества, 6 октября 1978 г. – Бохум, 1978.
5. Земсков А.Н., Кондрашев П.И., Травникова Л.Г. Природные газы калийных месторождений и методы борьбы с ними. – Пермь, 2008. – 414 с.
6. Winter K. Der Einfluss des Druckgefalles der Wetter im Abban auf die Ausgasung. – Glückauf, 1951. – S. 21–22.
7. Внимание: солнечный ветер! // Вечерний Минск. – 1987. – 12 марта.
8. Витинский Ю.И. Солнечная активность. – М.: Наука, 1969. – 92 с.
9. Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. – М.: Мысль, 1976. – 376 с.
10. Батугин С.А., Батугина И.М. Влияние лунно-солнечного притяжения на частоту горных ударов // Вопросы горного дела. – Кемерово, 1970. – С. 37–43.
11. Стовас М.В. Избранные труды. – М.: Недра, 1975. – 155 с.
12. Земсков А.Н., Журавков М.А. Связь геомеханических процессов в земной коре с гелиофизическими факторами // Горная механика. – 1999. – № 1. – С. 38–40.
13. Планетарные георитмы и их внешние воздействия на синергетику разработки горного массива / В.Н. Вылегжанин, А.И. Щербакова, В.С. Лудзиш, В.В. Мельниченко // Охрана труда в подземных и открытых шахтах и рудниках: тр. междунар. науч.-техн. конф., Болгария, Варна, 8–11 июня 1998 г. – Варна, 1998. – Т. 1. – С. 123–145.
14. Орлов А.Я. Избранные труды. – Т. 3. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 243 с.
15. Журавков М.А., Земсков А.Н., Смычник А.Д. Влияние природных и техногенных факторов на геодинамическое состояние литосферы в районах геологических нарушений / Белорус. акад. наук безопасности жизнедеятельности. – Минск, 1997. – 122 с.

16. Черепенников А.А., Рогозина И.А. О газах Старобинского месторождения калийных солей // Тр. ВНИИГ. Материалы по геологии районов соленаккоплений. – Л., 1964. – Вып. 45. – С. 277–281.
17. Schrader R., Achermann G., Graund H. Entwicklung von Methoden zur Bestimmung des Gasgehaltes in Salzen / Bergakademie, 1960. – № 10. – S. 543–551.
18. Земсков А.Н., Полянина Г.Д. Влияние влажности шахтного воздуха на интенсивность газо-выделений // Калийная промышленность. – 1979. – № 2. – С. 28–30.

### References

1. Miasnikov A.A., Bogatyrev V.D., Bonetskii V.A. Vliianie kolebanii davleniia vozdukha na aerodinamicheskii rezhim vyrabotannogo prostranstva [Effects of air pressure on aerodynamic parameters of worked-out area]. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 1980, no. 3, pp. 85–89.
2. Starkov L.I., Zemskov A.N., Kondrashev P.I. Razvitie mekhanizirovannoi razrabotki kaliinykh rud [Perfection of machine mining of potassium ore]. Perm'skii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2007. 522 p.
3. Hoffman K. Gasanalytische Untersuchungen des Salsgase des Sudharz und Werragebiets. Bergakademie, 1963, ss. 83–87.
4. Vinter K. Gazovydeleniia – vazhnyi faktor pri reshenii voprosov proizvodstva i bezopasnosti gornykh rabor [Gas shows as an important factor in technical solutions and mining operations safety]. *Sbornik nauchnoi konferentsii, posviashchennoi 75-letiiu ispyatel'noi stantsii rudnichnoi ventiliatsii Vestfal'skogo gornopromyshlennogo tovarishchestva*. Bokhum, 1978.
5. Zemskov A.N., Kondrashev P.I., Travnikova L.G. Prirodnye gazy kaliinykh mestorozhdenii i metody bor'by s nimi [Natural gases in potassium deposits and control methods]. Perm', 2008. 414 p.
6. Winter K. Der Einfluss des Druckgefalles der Wetter im Abban auf die Ausgasung. Gluckauf, 1951, ss. 21–22.
7. Vnimanie: solnechnyi veter! [Attention! Solar wind!]. *Vechernii Minsk*, 1987, March, 12.
8. Vitinskii Iu.I. Solnechnaia aktivnost' [Solar activity]. Moscow: Nauka, 1969. 92 p.
9. Chizhevskii A.L. Zemnoe ekho solnechnykh bur' [Earth echo of solar storms]. Moscow: Mysl', 1976. 376 p.
10. Batugin S.A., Batugina I.M. Vliianie lunno-solnechnogo pritiiazheniia na chastotu gornykh udarov [Influence of moon and solar attraction on rock bump rate]. *Voprosy gornogo dela*. Kemerovo, 1970, pp. 37–43.
11. Stovas M.V. Izbrannye trudy [Selected works]. Moscow: Nedra, 1975. 155 p.
12. Zemskov A.N., Zhuravkov M.A. Sviaz' geomekhanicheskikh protsessov v zemnoi kore s geliofizicheskimi faktorami [Relation between geomechanical processes in earth crust and heliophysical factors]. *Gornaia mekhanika*, 1999, no. 1, pp. 38–40.
13. Vylegzhanin V.N., Shcherbakova A.I., Ludzish V.S., Mel'nichenko V.V. Planetarnye georitmy i ikh vneshnie vozdeistviia na sinergetiku razrabotki gornogo massiva [Planetary rythms and their external influence on synergetics of rock mass development]. *Trudy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii "Okhrana truda v podzemnykh i otkrytykh shakhtakh i rudnikakh"*. Varna, 1998, vol. 1, pp. 123–145.
14. Orlov A.Ia. Izbrannye trudy [Selected works]. Kiev: Akademiia nauk Ukrainkoi SSR, 1961, vol. 3.
15. Zhuravkov M.A., Zemskov A.N., Smychnik A.D. Vliianie prirodnykh i tekhnogennykh faktorov na geodinamicheskoe sostoianie litosfery v raionakh geologicheskikh narushenii [Influence of natural and anthropogenic factors on geodynamic condition of lithosphere in the areas of geological faults]. Minsk: Belorusskaia akademiia nauk bezopasnosti zhiznedeiatel'nosti, 1997. 122 p.
16. Cherepennikov A.A., Rogozina I.A. O gazakh Starobinskogo mestorozhdeniia kaliinykh solei [On gases of the Starobinskoye field of potassium salts]. *Trudy Vserossiiskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta gidrotekhniki. Materialy po geologii raionov solenakoplenii*. Leningrad, 1964, vol. 45, pp. 277–281.
17. Schrader R., Achermann G., Graund H. Entwicklung von Methoden zur Bestimmung des Gasgehaltes in Salzen. Bergakademie, 1960, no. 10, ss. 543–551.
18. Zemskov A.N., Polianina G.D. Vliianie vlazhnosti shakhtnogo vozdukha na intensivnost' gazovydelenii [Mine air humidity influence on the intensity of gas emission]. *Kaliinaia promyshlennost'*, 1979, no. 2, pp. 28–30.

**Об авторах**

**Симонова Алена Юрьевна** (Пермь, Россия) – инженер технического отдела Группы предприятий «Западно-Уральский машиностроительный концерн», ООО «ЗУМК-Инжиниринг» (614097, г. Пермь, ул. Героев Хасана, 3а; e-mail: simonovaalyona@mail.ru, simonova@zumk.ru).

**Земсков Александр Николаевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора, директор по научной работе Группы предприятий «Западно-Уральский машиностроительный концерн», ООО «ЗУМК-Инжиниринг» (614109, г. Пермь, ул. Капитанская, 12; e-mail: zemskov@zumk.ru).

**About the authors**

**Alena Iu. Simonova (Perm, Russian Federation)** – Engineer, Technical Department, West-Ural Machine-Building Concern, ZUMK-Engineering, Ltd. (614097, Perm, Geroev Khasana st., 3a; e-mail: simonovaalyona@mail.ru, simonova@zumk.ru).

**Aleksandr N. Zemskov (Perm, Russian Federation)** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy General Director, Research Director, West-Ural Machine-Building Concern, ZUMK-Engineering, Ltd. (614109, Perm, Kapitanskaia st., 12; e-mail: zemskov@zumk.ru).

Получено 6.11.2014