УДК 622.831.332

# ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ОТЖИМОВ ПРИЗАБОЙНОЙ ЧАСТИ СОЛЯНЫХ ПОРОД

**С. С. АНДРЕЙКО**, зав. лабораторией, проф., д-р техн. наук, ssa@mi-perm.ru

**О. В. ИВАНОВ**, научный сотрудник, канд. техн. наук

**Е. А. НЕСТЕРОВ**, научный сотрудник, канд. техн. наук

Горный институт УрО РАН — филиал ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

### Введение

В мировой практике разработка калийных месторождений, наряду с известными подземными опасными ситуациями, осложняется также газодинамическими явлениями (ГДЯ) в виде внезапных выбросов соли и газа, обрушений пород кровли (разрушений пород почвы), сопровождающихся газовыделением, явлений комбинированного типа и внезапных отжимов призабойной части пород. Газодинамические явления при разработке сильвинитовых пластов представляют собой быстропротекающие процессы разрушения приконтурной части массива и выноса раздробленной породы потоком расширяющегося газа в горную выработку, что представляет серьезную угрозу жизни шахтеров, разрушает дорогостоящее проходческое и добычное оборудование, нарушает ритмичность работы калийных рудников. С начала разработки Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей на сильвинитовых пластах произошло более 320 газодинамических явлений, которые приводили в отдельных случаях к травмированию, гибели шахтеров и значительному материальному ущербу калийным предприятиям.

Особое внимание следует уделить внезапным отжимам призабойной части соляных пород. Газодинамические явления данного вида имеют интенсивность от нескольких сотен килограмм до нескольких тонн, однако совершаемая ими работа не только угрожает жизни шахтеров, но и вызывает разрушения элементов конструкции комбайнов, применяемых при разработке калийных пластов. Необходимо отметить, что в силу малой интенсивности внезапные отжимы призабойной части соляных пород часто не фиксируются в журналах, что затрудняет сбор данных для научных исследований.

Внезапные отжимы происходили как во время ведения подготовительных работ, так и непосредственно при ведении очистных работ в камерах. На **рис. 1** показан внезапный отжим призабойной части пород, который произошел в очистной камере  $N^{\varrho}$  49 блока  $N^{\varrho}$  10 на 3-й западной панели шахтного поля Соликамского калийного рудоуправления  $N^{\varrho}$  3 (СКРУ-3). В результате внезапного отжима был разрушен на отдельные части щит ограждения комбайна «Урал-20КСА». Порода, разрушенная при отжиме, была выброшена в призабойное пространство выработки и представлена кусками массой в несколько десятков килограмм. Внезапный отжим сопровождался ударной воздушной волной и интенсивным пылеобразо-

Рассмотрены способы предотвращения газодинамических явлений в калийных рудниках. Показано, что управлять ими в забое можно путем активной или пассивной дегазации соляных пород. Проанализированы случаи отжимов призабойной части пород. Установлено, что перспективным решением этой проблемы является разработка организационно-технических мероприятий, направленных на предотвращение воздействия на работающих в забое шахтеров кусков породы, отбрасываемых при внезапном отжиме.

**Ключевые слова:** калийные рудники, соляные породы, газодинамические явления, внезапный отжим, организационнотехнические мероприятия, безопасность.

**DOI:** 10.17580/qzh.2018.06.06

ванием. Предупредительные признаки и предвестники ГДЯ данного вида при работе комбайна не фиксировались.

Анализ случаев отжимов призабойной части пород показал, что в настоящее время единственным способом предотвращения воздействия поражающих факторов данного типа ГДЯ на персонал является лишь оборудование проходческо-очистных комбайнов щитами ограждения, которые в отдельных случаях разрушаются на фрагменты и не выполняют функции защиты персонала.

# Способы предотвращения газодинамических явлений

Способы предотвращения ГДЯ в калийных рудниках и угольных шахтах предусматривают изменение свойств породного массива, которыми определяется опасность развития ГДЯ и управление напряженно-деформированным состоянием, газовой обстановкой в местах формирования ГДЯ [1—4]. В связи с этим целесообразно применение комплекса следующих мер: региональных и локальных способов предотвращения ГДЯ, системы разработки, определенной технологии подготовительных и очистных работ, мероприятий по обеспечению безопасности горнорабочих при появлении ГДЯ.

Практика борьбы с ГДЯ показывает, что на природные условия можно воздействовать еще до начала разработки выбросоопасного пласта либо, опережая ее, использовать уже пройденные выработки. Данный способ отработки защитных пластов относится к региональным и хорошо зарекомендовал себя в условиях Старобинского месторождения при отработке запасов Третьего калийного горизонта, когда в первую очередь отрабатываются запасы IV сильвинитового слоя калийного пласта [5]. При этом на стадии проходки подготовительных выработок под отработанным пространством применение защитных мероприятий не требуется. Остальные региональные способы предотвращения ГДЯ в условиях калийных пластов в настоящее время не применяются.

© Андрейко С. С., Иванов О. В., Нестеров Е. А., 2018

Локальные способы предотвращения внезапных выбросов применяются непосредственно в забоях очистных и подготовительных выработок с целью устранения возможности развития внезапного выброса соли и газа на стадии образования выбросопасной ситуации.

Такие способы предотвращения ГДЯ, как гидроразрыв, гидрорыхление, базирующиеся на гидравлической обработке массива соляных пород, представляются эффективными [5, 6]. В условиях калийных рудников эти способы являются нетехнологичными вследствие больших трудозатрат по доставке воды к отрабатываемым участкам.

Передовое торпедирование пласта, сопровождающееся нарушением его сплошности, образованием зоны с повышенной газопроницаемостью и сети мелких трещин, с успехом испытано на Верхнекамском и Индерском калийных месторождениях [7]. Однако буровзрывные работы довольно сложно вписываются в технологию ведения горных работ с использованием добычных комбайновых комплексов, а также оказывают сейсмическое воздействие взрыва на массив, провоцируя ГДЯ.

Для предотвращения ГДЯ из кровли доктором технических наук С. Я. Жихаревым предложен способ, основанный на создании в кровле выработки, одновременно с ее проходкой, сплошной разгрузочной щели [8]. Способ является, по мнению автора, весьма эффективным, но требует установки на комбайн дополнительного оборудования. Этот способ испытывали во второй половине 1980-х годов на рудниках ПАО «Уралкалий» для предотвращения ГДЯ из кровли выработок. Промышленного применения способ не получил, так как на руднике Березниковского калийного производственного рудоуправления (БКПРУ-2) стали регистрировать случаи внезапных обрушений пород кровли на комбайн в процессе прорезки разгрузочной шели. Это связано с тем. что в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей развита складчатость разрабатываемых калийных пластов. В таких условиях сплошная разгрузочная шель не обеспечивала вскрытие приконтактных скоплений свободных газов по всей длине проходимой горной выработки, а в определенных геологических условиях даже, наоборот, провоцировала развитие внезапных обрушений пород кровли, сопровождающихся газовыделениями.

Некоторыми исследователями предлагается управлять газодинамическими процессами в приконтурном массиве регулированием скорости подвигания забоя горной выработки, используя релаксационную способность и высокую пластичность соляных пород [9, 10]. Максимальная скорость движения забоя горной выработки должна быть меньше значения, которое определяют из аналитического выражения с учетом времени снижения давления природных газов до безопасного уровня. Практика ведения горных работ на сильвинитовых пластах Верхнекамского месторождения показала недостаточную эффективность данного способа.

Для борьбы с внезапными выбросами соли и газа посредством дегазации соляного породного массива на рудниках Германии используют разгрузочно-дегазационные скважины большого диаметра [9]. Аналогичный способ был испытан в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей на руднике СКРУ-1 при отработке

карналлитового пласта [11, 12]. Несмотря на положительный эффект, данный способ является дорогим, требующим особого оснащения, и нетехнологичным.

Многие исследователи считают, что наиболее применимым способом влияния на выбросоопасные зоны является дегазация пород путем бурения шпуров и скважин с целью частичного извлечения природных газов и снижения их давления в массиве до безопасного значения [13]. В настоящее время профилактическое дегазационное бурение шпуров для предотвращения ГДЯ применяется повсеместно на всех калийных рудниках ПАО «Уралкалий».

В конце 1950-х годов в угольной промышленности развивалась идея подрезки опасного пласта, в результате чего предотвращались внезапные выбросы и горные удары. В выработку перемещался принцип отработки защитного пласта. В 1970-х годах специалистами Макеевского НИИ были разработаны и испытаны в шахтных условиях способы предотвращения внезапных выбросов, основанные на щелевой разгрузке. Для угольных шахт эти способы являются нормативными. К ним относятся: разгрузочный паз, раздельная или последовательная выемка пород и угля в подготовительных выработках и образование щели по длине лавы. В настоящее время в калийных рудниках эти способы предотвращения ГДЯ не применяются.

Еще одним направлением при разработке способов управления газодинамическими процессами является создание эффективных исполнительных органов комбайнов. Исследования показали, что сферическая форма забоя является наиболее рациональной при проходке выработок по выбросоопасным пластам [14]. При этом создание предельного состояния устойчивого равновесия пород в забое с помощью изменения формы позволяет использовать энергию горного массива для разрушения пород при проведении выработки. Считалось, что управление разрушением пород с использованием горного давления позволит увеличить темпы проходки выработок без выбросов пород, повысить уровень безопасности. Позднее были изготовлены и испытаны образцы нескольких комбайнов с различной конструкцией исполнительных органов. Однако в связи с серьезными недостатками в конструкции комбайнов эта идея не получила развития, а работы по совершенствованию комбайнов были прекращены.

Проблема отжимов призабойной части пород является актуальной в калийных рудниках на Старобинском месторождении [15—17]. Для решения проблемы отжимов применяются организационнотехнические мероприятия. На северо-восточной и восточной частях шахтного поля рудника Второго рудоуправления, а также северной части шахтного поля Третьего рудоуправления на стадии подготовки выемочных столбов к отработке применяют только комбайны «Урал-61» или ПКС с вогнуто-плоской формой забоя. Такая форма забоя позволяет при отжимах призабойной части пород направить газосолевой поток к центру выработки на режущий орган комбайна, тем самым предотвращая вылет кусков разрушенной породы за ограждающий щит комбайна в призабойное пространство выработки. После внедрения комбайнов с вогнуто-плоской формой забоя случаи травмирования шахтеров при отжимах призабойной части пород прекратились.

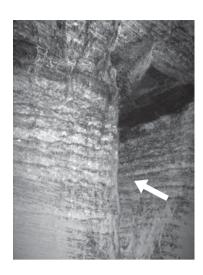


Рис. 1. Внезапный отжим призабойной части пород в очистной камере № 49 (рудник СКРУ-3, блок № 10, 3-я панель, пласт АБ)

Известен способ предварительной опережающей послойнонисходящей (восходящей) выемки пород при комбайновом проведении подготовительных выработок по выбросоопасным пластам [18]. Предотвращение выбросов угля и газа в процессе проведения выработок по выбросоопасному угольному пласту смешанным забоем достигается за счет разгрузки и дегазации угольного массива путем предварительной выемки невыбросоопасных вмещающих пород над или под угольным пластом с выемкой одного из промежуточных слоев за пределами контура сечения выработки. Промышленные испытания технологии проведения выработок по выбросоопасным угольным пластам с предварительным образованием разгрузочных полостей показали, что способ послойной выемки позволяет предотвращать выбросы угля и газа при проведении подготовительных выработок в определенных горно-геологических условиях и может в перспективе использоваться для предотвращения газодинамических явлений при разработке калийных пластов.

В условиях Верхнекамского месторождении способы предотвращения ГДЯ из забоя подготовительных выработок путем применения рациональной формы забоя не исследовали. Защита горнорабочих от поражающих факторов внезапных отжимов призабойной части пород сводилась к оборудованию проходческо-очистных комбайнов щитами ограждения [19]. Последствия отжимов на калийных пластах в условиях Верхнекамского месторождения свидетельствует о недостаточной эффективности применения щитов ограждения.

Практика ведения горных работ показала целесообразность внесения изменений в конструкцию рабочих органов проходческих комбайнов, применяемых при горных работах на калийных пластах. Авторы работы [10] предлагали оснастить исполнительные органы комбайнов опережающими забурниками. Однако это предложение не было реализовано. Других исследований по разработке способов предотвращения ГДЯ из забоя горных выработок не проводили.

В целом анализ существующих способов предотвращения ГДЯ при комбайновом способе проведения горных выработок показал, что управлять газодинамическими процессами в забое можно путем активной дегазации соляных пород впереди забоя выработки (бурением дегазационных шпуров и скважин, созданием дегазационноразгрузочных пазов) и применением пассивных способов (создани-

ем рациональной формы забоя выработки). Однако эти решения требуют научного обоснования, выбора проходческого оборудования, параметров передового бурения и технологии ведения работ.

Перспективным направлением в решении проблемы внезапных отжимов призабойной части пород является разработка организационно-технических мероприятий для предотвращения воздействия на работающих в забое шахтеров кусков породы, отбрасываемых при внезапном отжиме, с определением безопасного по разлету кусков расстояния.

# Расчет безопасного расстояния отброса кусков породы при внезапном отжиме

Как показывает практика, интенсивность внезапных отжимов призабойной части пород не превышает нескольких тонн, а совершаемая ими работа угрожает жизни шахтеров и способна разрушить конструктивные элементы ограждающих щитов и механизмов проходческо-очистных комбайнов, применяемых в калийных рудниках [5, 19]. Наиболее мощные ГДЯ данного типа происходят при движущемся забое. Рассмотрим вариант оценки работы разрушения щита ограждения комбайна при протекании ГДЯ, а также роли газового фактора в его механизме для определения расстояния отброса разрушенной породы, предложенный в работе [5]. В призабойной зоне выработки аккумулируется энергия упругих деформаций пород  $\mathcal{J}_{_{\!
m V}}$  и энергия находящегося в породах под давлением свободного газа  $\partial_{\mathbf{r}}$ :  $\partial_{\mathbf{n}.\mathbf{s}}=\partial_{\mathbf{v}}+\partial_{\mathbf{r}}$ . При этом расчеты показывают, что работа, затраченная на внезапный отжим призабойной части пород (включая разрушение щита ограждения комбайна), в 2,5—10 раз больше значения  $\mathcal{G}_{v}$ . Это свидетельствует о превалирующей роли энергии сжатого газа в механизме ГДЯ данного вида и подтверждается газовыделениями из секуших трешин на шахтном поле рудника СКРУ-3. Для наиболее реального адиабатического процесса расширения газа энергия свободного газа оценивается известным выражением [1]

$$\mathcal{J}_{r} = \frac{p_{2}V}{\gamma' - 1} \left[ 1 - \left[ \frac{p_{\theta}}{p_{2}} \right]^{\gamma' - 1/\gamma'} \right]; \tag{1}$$

$$p_2 = p_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^{Y_1},$$

где  $p_1$  — давление газа;  $p_2$  — давление газа на момент отрыва куска от забоя;  $p_a$  — атмосферное давление;  $\gamma'$  — показатель адиабаты (для азотно-метановой смеси свободного газа  $\gamma' \approx 1,4$ ).

Для наиболее мощных газодинамических явлений энергия свободного газа составит около 18000 Дж. Значение  $\mathcal{J}_{\Gamma}$  равно той части энергии, которая реализуется непосредственно в момент отрыва породы от забоя, т. е. энергии, полностью идущей на разрушение щитка комбайна, расположенного у забоя.

Начальную скорость  $\nu_{\text{от}}$  отброса породы можно получить по следующему выражению, принимая, что  $\mathcal{J}_{\text{г}}$  перейдет в кинетическую энергию куска породы [5]:

$$v_{\rm ot} = \left(\frac{23_{\rm r}g}{P_{\rm n}}\right)^{0.5},\tag{2}$$

где g — ускорение свободного падения, м/с²,  $P_{\rm n}$  — вес отбрасываемой породы, Н.

Расстояние отброса породы при внезапном отжиме призабойной части пород определяется по формуле

$$I_{\rm ot} = V_{\rm ot} \left(\frac{2h_{\rm K}}{g}\right)^{0.5},\tag{3}$$

где  $h_{\rm K}$  — высота расположения отбрасываемого куска породы над почвой выработки, м; для наиболее мощных газодинамических явлений  $v_{\rm or}=30$  м/с.

В литературе приводятся некоторые данные о силе, которую необходимо приложить для разрушения оградительного щита комбайна, равной 1–1,2 тс, что примерно соответствует силе 9806—11767 H [5]. Дальнейшие расчеты показали, что при величине энергии, которая полностью перейдет в работу разрушения щита комбайна, равной 12000 Дж, и скорости отброса породы  $v_{\rm or}=30$  м/с, масса куска породы составит 27 кг. Следовательно, в призабойное пространство горной выработки при внезапном отжиме и разрушении щита ограждения могут быть отброшены куски породы массой 27 кг и более. Далее по формуле (3) рассчитали расстояния, на которые могут быть отброшены эти куски породы. Результаты расчетов представлены на **рис. 2**. Как видно, все куски породы массой 27 кг и более при внезапном отжиме призабойной части пород и разрушении щита ограждения комбайна могут быть отброшены на расстояние не более 17 м от забоя выработки.

#### Выводы

Результаты исследования способов предотвращения внезапных отжимов призабойной части соляных пород позволяют сделать следующие выводы.

- 1. Единственным способом предотвращения воздействия поражающих факторов внезапных отжимов на горнорабочих является оборудование комбайнов щитами ограждения.
- 2. Анализ существующих способов предотвращения газодинамических явлений при комбайновом способе проведения горных выработок показал, что управлять газодинамическими процессами в забое можно путем активной дегазации соляных пород впереди

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 6, pp. 30–34 DOI: 10.17580/gzh.2018.06.06

#### Methods to prevent sudden squeezing of face salt rock mass

#### Information about authors

- $\textbf{S. S. Andreiko}^1, Head \ of \ Laboratory, \ Professor, \ Doctor \ of \ Engineering \ Sciences, \ ssa@mi-perm.ru$
- **0. V. Ivanov**<sup>1</sup>, Researcher, Candidate of Engineering Sciences
- E. A. Nesterov<sup>1</sup>, Researcher, Candidate of Engineering Sciences
- <sup>1</sup> Mining Institute, Perm Federal Research Center, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Perm. Russia

#### Abstract

The case studies of sudden squeezing in face salt rock mass shows that the single method available currently to prevent damage effect produced by these gas-dynamic events on mine personnel is equipment of shearers with shields that are sometimes break and fail to protect personnel. The article considered different methods to prevent gas-dynamic events in potash mines under shearing. It is shown that gas-dynamic process control in face areas can be performed by means of active degassing of

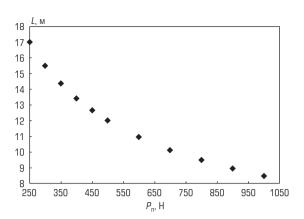


Рис. 2. Зависимость расстояния отброса от массы кусков породы при внезапных отжимах призабойной части пород

забоя выработки и применением пассивных способов. Однако эти решения требуют научного обоснования, выбора проходческого оборудования, параметров передового бурения и технологии ведения работ.

- 3. Одним из менее затратных, но, вероятно, более эффективным является разработка организационно-технических мероприятий для предотвращения воздействия на работающих в забое шахтеров кусков породы, отбрасываемых при внезапном отжиме.
- 4. Как показывают расчеты, минимальная масса куска породы, способного нанести существенные повреждения щиту ограждения очистного комбайна, составляет 27 кг. Максимальное расстояние, на которое может быть отброшен кусок породы, составляет 17 м. Следовательно, применение полуавтоматического (дистанционного) режима управления проходческо-очистным комбайном при нахождении машиниста на расстоянии не менее 20 м от пульта управления позволит исключить травмирование разлетающимися кусками породы при внезапных отжимах призабойной части пород.

Библиографический список

См. англ. блок.

salt rock mass ahead of the face (gas drainage hole drilling, making degassing—stress relieving grooves) and by passive technique of making a rational form face. These solutions to be applied require scientific evaluation of heading equipment, advanced drilling parameters and mining technology. The most inexpensive but efficient way to solve the problem of sudden squeezing of face salt rocks is development of organizational and technical measures aimed to prevent damage effect of rock blocks ejected during squeezing of mine personnel in the face area. The minimal parameters of rock blocks capable to break shearer shields are determined. Safe distance for a shearer operator to implement remote control with the eliminated damage due to rock ejection from face slat rock mass during squeezing is found.

To solve the problem of squeezing at the Starobinskoe deposit special organizational and technological measures are applied. In the west and east of Mine 2 field and in the north of Mine-3 field, extraction panels are prepared for mining only using shearer Ural-61 and heading machines that make concave planar face. Under face rock mass squeezing, such form of the faces allows directing the gas-and-salt flow to the center of the excavation, to the shearing device, which enables prevention of broken rock ejection beyond the shearer shield and into the face area. After the introduction of the shearers making concave—planar faces, injuries of miners under squeezing of face salt rock mass ceased.

**Keywords:** potash mines, salt rocks, gas-dynamic events, sudden squeezing, organizational and technologies measures, safety.

#### References

- Quanlong L., Xinchun L. Effective stability control research of evolutionary game in China's coal mine safety supervision. *Journal of Beijing University of Technology*. 2015. Vol. 17(4). pp. 49–56.
- 2. Warren J. K. Evaporites: A Geological Compendium. 2nd ed. Cham: Springer, 2016. 1812 p.
- Li Z., Wang E., Ou J., Liu Z. Hazard evaluation of coal and gas outbursts in a coal-mine roadway based on logistic regression model. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2015. Vol. 80, pp. 185–195.
- Wang S., Elsworth D., Liu J. Rapid decompression and desorption induced energetic failure in coal. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2015. Vol. 7, Iss. 3. pp. 345–350.
- Proskuryakov N. M., Kovalev O. V., Meshcheryakov V. V. Gas-Dynamic Control in Potassium Strata. Moscow: Nedra. 1988. 239 p.
- Andreyko S. S., Ivanov O. V., Nesterov E. A., Golovatiy I. I., Beresnev S. P. Research of salt rocks gas content of potash layer in the Krasnoslobodsky mine field. *Eurasian Mining*. 2013. No. 2. pp. 38–41.
- Zakharov N. I., Polyanina G. D. Prediction of sudden salt and gas outbursts at the Inder deposit by geological signs. Salt Rock Mining: Collection of Scientific Papers. Perm. 1977. pp. 142–146.
- Zhikharev S. Ya., Polyanina G. D., Paderin Yu. N. Method to prevent dynamic events in Berezniki Mines 2 and 3. Potash Mining Technology and Safety: Collection of Scientific Papers. Perm. 1985. pp. 104–108.
- Asanov V. A., Anikin V. V., Beltyukov N. K., Evseev A. V., Toksarov V. N. Tool control method of strain-stress state of marginal salt rocks. Eurasian Mining. 2013. No. 2. pp. 20–24.

- Kovalev O. V., Livensky V. S., Bylino L. V. Features of Safe Potash Rock Mass Development. Minsk: Polymya. 1982. 96 p.
- Polyaninovana G. D., Vinogradov Yu. A. Rockburst control in carnallite seam using stress-relief and gas drainage holes. *Physical Processes in Mining: Collection of Scientific Papers*. Moscow: MGI. 1994. pp. 51–53.
- Bachurin B. A., Borisov A. A. Up-to-date gas-geochemical technologies for control of technogenesis processes during exploration of resources at Verkhnekamsky region. *Eurasian Mining*. 2013. No. 2. nn. 42–45
- 13. Petrosyan A. E., Ivanov B. M., Krupenya V. G. Theory of Outbursts. Moscow: Nauka. 1983. 152 p.
- Shadrin A. V., Geophysical criterion of pre-outburst crack propagation in coal beds. *Journal of Mining Science*. 2016. Vol. 52, No. 4. pp. 670–682.
- Andreiko S. S., Kirienko V. M. Outburst control in zones of geological faulting in mines at the Starobinskoe potash deposit. Gornaya mekhanika. 2000. No. 3–4. pp. 38–41.
- Andreiko S. S. Methods of advanced prevention of outbursts in potash seams. Gornaya mekhanika. 2004. No. 3–4. pp. 91–97.
- 17. Shcherba V. Ya. Prevention of gas-dynamic events in potash mine in the CIS countries. Dynamic and Gas-Dynamic Events in Potash Mines. Moscow: Gornaya Kniga. 2004. pp. 3–8.
- Petukhov I. M., Linkov A. M., Sidorov V. S., Feldman I. A. Theory of Protective Seams. Moscow: Nedra. 1976 223 p
- Dyagilev R. A., Shulakov D. Y., Verkholantsev A. V., Glebov S. V. Seismic monitoring in potash mines: observation results and development aspects. *Eurasian Mining*. 2013. No. 2, pp. 24–28.

УДК 622.4

# ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА В ГЛУБОКИХ РУДНИКАХ ЗФ ПАО «ГМК «НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ»

**А. В. ЗАЙЦЕВ**, заведующий сектором, канд. техн. наук, aerolog.artem@

**Л. Ю. ЛЕВИН**, зам. директора по научной работе, д-р техн. наук **Б. П. КАЗАКОВ**, главный научный сотрудник, проф., д-р техн. наук **Ю. А. КЛЮКИН**, ведущий инженер

Горный институт УрО РАН — филиал ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, Пермь, Россия

## Введение

На современном этапе развития многие горные предприятия сталкиваются с необходимостью вовлечения в отработку новых, глубокозалегающих и труднодоступных залежей с целью поддержания и увеличения мощности добычи. При этом при увеличении глубины ведения горных работ возрастает температура окружающего породного массива и снижается количество вскрывающих горных выработок, что приводит к невозможности подачи больших объемов воздуха и усилению влияния техногенных источников тепловыделения на формирование неблагоприятных микроклиматических условий в горных выработках. В результате температура воздуха в горных выработках повышается до сверхнормативных величин, и, как показывает практический опыт, при температуре воздуха выше 36 °С ведение горных работ становится затруднительным, так как, помимо отрицательного влияния на

Установлены закономерности формирования теплового режима глубоких рудников и представлена методика разработки комплексных ресурсосберегающих систем нормализации микроклиматических условий в горных выработках. Приведены результаты опытно-промышленных испытаний разработанной и внедренной на руднике «Таймырский» подземной установки кондиционирования воздуха КШР-350Н. Разработана комплексная система нормализации теплового режима рабочих зон с применением центральной холодильной машины в шахте «Глубокая». Обоснована технологическая схема кондиционирования воздуха и определены требуемые технические параметры.

**Ключевые слова:** глубокие рудники, горные выработки, математическое моделирование, породный массив, источники тепловыделения, кондиционирование воздуха, микроклимат, АэроСеть.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.06.07

здоровье горнорабочих, происходит остановка горных машин и работ из-за перегрева оборудования.

В пределах стран СНГ особую остроту вышеуказанные проблемы приобретают при вскрытии и отработке залежей богатых и медистых руд месторождений ПАО «ГМК «Норильский никель», отрабатываемых рудниками «Таймырский» и «Комсомольский» (шахты «Скалистая» и «Глубокая»). На сегодняшний день на руд-