

**Н.И. Алыменко, А.В. Николаев****СПОСОБ ПРОВЕТРИВАНИЯ ВЫЕМОЧНОГО УЧАСТКА КАЛИЙНОГО РУДНИКА ПРИ ОБРАТНОМ ПОРЯДКЕ ОТРАБОТКИ**

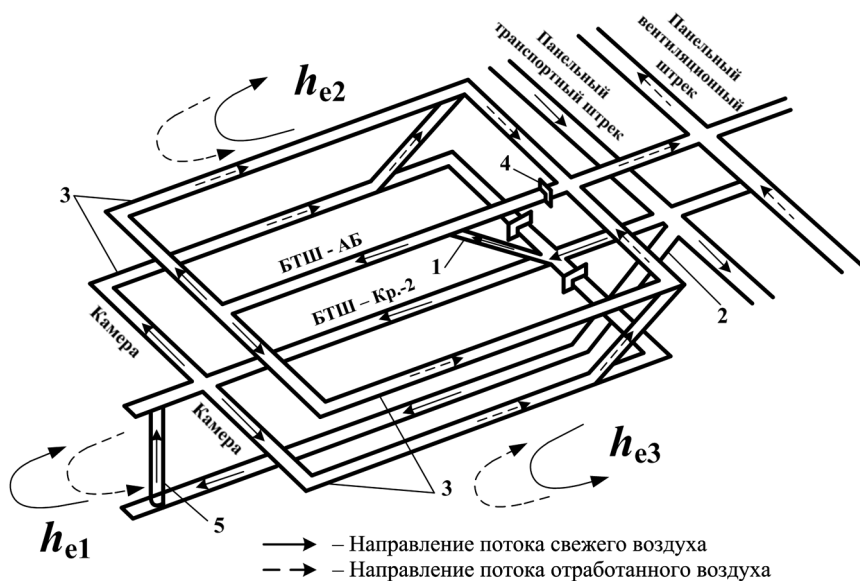
Описаны существующая и ранее предложенная схема подготовки, отработки и проветривания выемочного участка калийного рудника. Приведено описание недостатков данных схем, связанных с противодействием требуемому направлению движения воздуха в выемочном участке, обрабатываемом по падению пласта, тепловых депрессий (естественных тяг). Предложен способ подготовки, отработки и проветривания выемочного участка калийного рудника, обрабатываемого по падению пласта, в котором первоначально вычисляется значение тепловых депрессий, которые будут возникать между выработками по мере отработки. На начальном и конечном этапах отработки выемочного участка в предложенном способе выемочный штрек предлагается изолировать шахтной передвижной вентиляционной перемычкой за рабочими камерами. В период, когда тепловые депрессии, возникающие между рабочими и отработанными камерами, будут способны противодействовать утечкам воздуха в конвейерно-вентиляционный штрек, шахтная вентиляционная перемычка демонтируется. Также с целью предотвращения «закорачивания» струи свежего воздуха напрямую в конвейерно-вентиляционный штрек в статье предлагается изолировать рабочие рудоспускные скважины (рудоспуски). Предложена конструкция устройства для перекрытия рудоспуска.

Ключевые слова: выемочный участок, проветривание, тепловая депрессия, естественная тяга, шахтная передвижная вентиляционная перемычка, устройство для перекрытия рудоспуска.

**П**ри проветривании выемочных участков калийных рудников, обладающих малыми аэродинамическими сопротивлениями [1, 2, 3 и др.], возникают проблемы с обеспечением эффективности снабжения рабочих зон свежим воздухом. Как следствие в рудник необходимо подавать воздух в объеме большем требуемого, что вызывает значительный перерасход электроэнергии, затрачиваемой на проветривание. Связано это в основном с тем, что из-за гипсометрии залегания полезного ископаемого отработка преимущественно ведется наклонными пластами. Ввиду больших перепадов высотных отметок между началом и концом выработок, а также различном значении температуры и барометрического давления, между

ними возникают тепловые депрессии (естественные тяги), оказывающие существенное влияние на режим проветривания выемочного участка.

Схема проветривания выемочного участка калийного рудника в общем виде приведена на рис. 1. Свежий воздух от панельного транспортного штрека подается в рабочий выемочный участок по блоковому транспортному (выемочному) штреку (БТШ-Кр.2) в пласте Красный-2. Часть этого воздуха идет к рабочим камерам (на рис. 1 показаны только две камеры на каждом горизонте выемочного участка), а часть по уклону 1 подается в транспортный штрек (БТШ-АБ) в пласте АБ и далее к камерам. В конвейерный штрек свежий воздух также подается с панельного транспортного



**Рис. 1. Упрощенная схема проветривания выемочного участка:** 1 – уклон на пласт АБ; 2 – уклон на пласт каменной соли (конвейерный штрек); 3 – вентиляционные штреки; 4 – перемычка; 5 – гезенк

штрека по уклону 2. Отработанный воздух удаляется по вентиляционным штрекам 3 в блоковый транспортный штрек в пласте АБ и далее в панельный вентиляционный штрек. БТШ-АБ служит и для подачи свежей струи к камерам, и для удаления исходящей струи, поэтому он разделен перемычкой 4.

Подобная схема вентиляции выемочных участков хорошо зарекомендовала себя при отработке горизонтальной площади месторождения. В случае отработки наклонных пластов, согласно проведенным исследованиям [2, 4, 5 и др.], подобная схема эффективна только при проветривании выемочных участков, отработываемых по восстанию пласта. В выемочных участках расположенных по падению пласта данная схема работает неэффективно. Связано это с тем, что в случае отработки выемочных участков по восстанию пласта тепловые депрессии  $h_{e1}$ ,  $h_{e2}$ ,  $h_{e3}$  (на рис. 1 показанные сплошными линиями)

играют положительную роль, т.е. способствуют проветриванию. В случае отработки выемочных участков по падению пласта тепловые депрессии  $h_{e1}$ ,  $h_{e2}$ ,  $h_{e3}$  (на рис. 1 показанные пунктирными линиями) действуют против необходимого направления движения свежего воздуха и, в некоторых случаях, реверсируют поток воздуха в конвейерном штреке.

В работе [6] была предложена схема проветривания выемочного участка, расположенного по падению пласта, с использованием тепловых депрессий (рис. 2).

Подготовка, отработка и проветривание выемочного участка, расположенного по падению пласта, в предлагаемой схеме осуществляется следующим образом. Вентиляционные штреки проходятся только на длине той части выемочного участка, в которой ведутся очистные работы, а конвейерный штрек используется в качестве вентиляционного. Эти штреки могут быть сформированы путем сбойки

в конце камер: первый ход комбайна (первый слой) сбивается с соседней уже отработанной. Вследствие разности температур в выемочном и вентиляционном штреках тепловые депрессии  $h_{e2}$  и  $h_{e3}$  будут иметь направление, показанное на рис. 2, т.е. они должны препятствовать утечкам воздуха через выработанное пространство (напрямую через выемочный в конвейерный штрек). Тепловая депрессия  $h_{e1}$  будет способствовать поступлению воздуха в выемочный участок.

В результате построения расчетных моделей и последующем их решении [6, 7] выяснилось, что при отработке выемочного участка по подобной схеме действительно наблюдается улучшение вентиляционной обстановки – в выемочный участок, отрабатываемый по падению пласта будет поступать большее количество воздуха.

Однако были замечены и следующие негативные факторы:

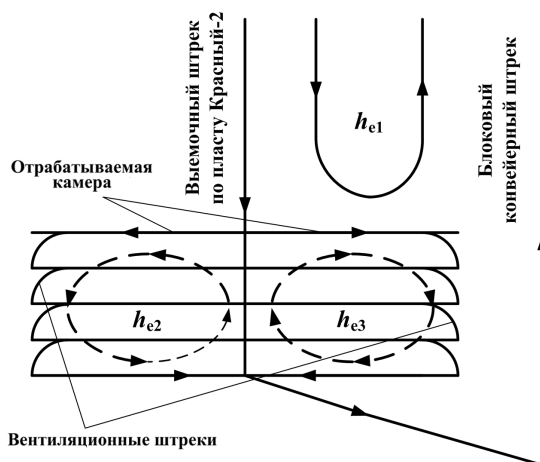
1. На начальном этапе отработки выемочного участка (при малом количестве отработанных камер) тепловые депрессии  $h_{e2}$  и  $h_{e3}$  (рис. 2) не смогут в полной мере противодействовать утечкам воздуха через выработанное пространство, ввиду их малой величины. Обратная картина наблюдается на конечном этапе отработки – тепловые депрессии  $h_{e2}$  и  $h_{e3}$  достигнут величины, при которой часть отработанного (загрязненного) воздуха начнет рециркулировать в отрабатываемые камеры [6].

2. В случае использования конвейерного штрека в качестве вентиляционного в него через открытые рудоспускные скважины (рудоспуски) будут также наблюдаться утечки воздуха. Ввиду того, что неиспользуемые рудоспуски обычно

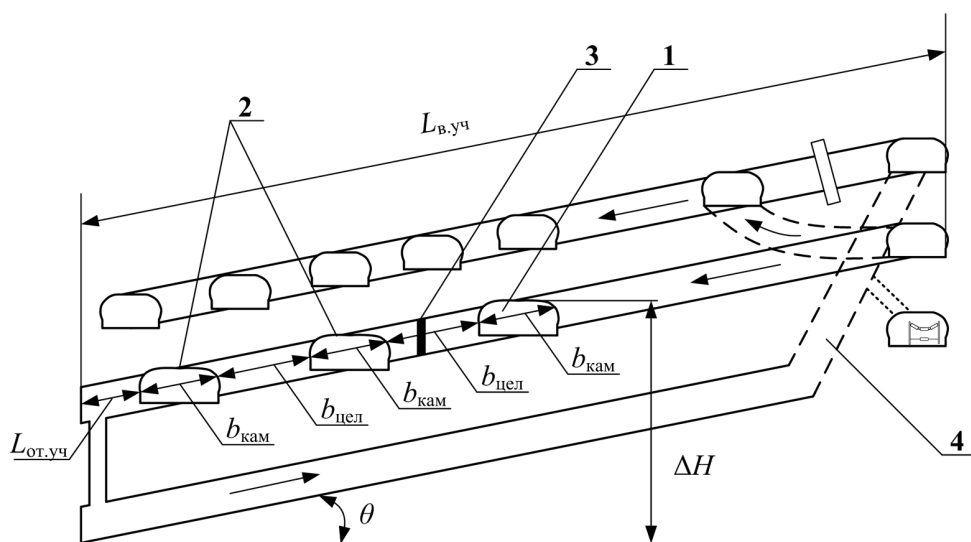
изолируют, а действующие, вследствие их малого сечения, обладают большим аэродинамическим сопротивлением, утечки через них будут незначительными. Однако по мере приближения фронта очистных работ к началу выемочного участка (обратный ход отработки) согласно исследованиям [6] действующие рудоспуски начнут «закорачивать» через себя в конвейерный штрек довольно значительный объем воздуха.

С целью повышения энергоэффективности снабжения рабочих зон свежим воздухом в работе [8] предложен способ подготовки, отработки и проветривания выемочного участка калийного рудника, заключающийся в следующем.

На этапе подготовки выемочного участка предварительно осуществляют расчет минимальной и максимальной тепловых депрессий  $h_{e\min}$  и  $h_{e\max}$ , соответственно, возникающих между выемочным штреком и вентиляционными сбойками, а также между выемочным и заглубленным конвейерно-вентиляционным штреками, как функций от минимальной  $h_{e\min} = f(\Delta H_{\min})$  и мак-



**Рис. 2. Схема подготовки и отработки блока (пласт Красный-2)**



**Рис. 3. Схема подготовки и отработки блока (пласт Красный-2):** 1 – рабочие камеры; 2 – отработанные камеры; 3 – шахтная вентиляционная перемычка; 4 – уклон

симальной  $h_{e \max} = f(\Delta H_{\max})$  величин разностей высотных отметок между местом отработки рабочих камер 1 и местом выхода воздуха из выемочного штрека в уклон 4  $\Delta H_{\min}$  и  $\Delta H_{\max}$ , соответственно (рис. 3).

Величины  $\Delta H_i$  рассчитывают в зависимости от количества парных отработанных камер 2 и рабочих камер 1 (рис. 3) по следующим формулам:

$$\Delta H = L_{\text{в.уч}} -$$

$$- (L_{\text{в.уч}} - (L_{\text{от.уч}} + 2b_{\text{кам}} + b_{\text{цел}})) \cdot \sin \theta$$

при  $N_{\text{пар.кам}} = 2$ ;

$$\Delta H = L_{\text{в.уч}} -$$

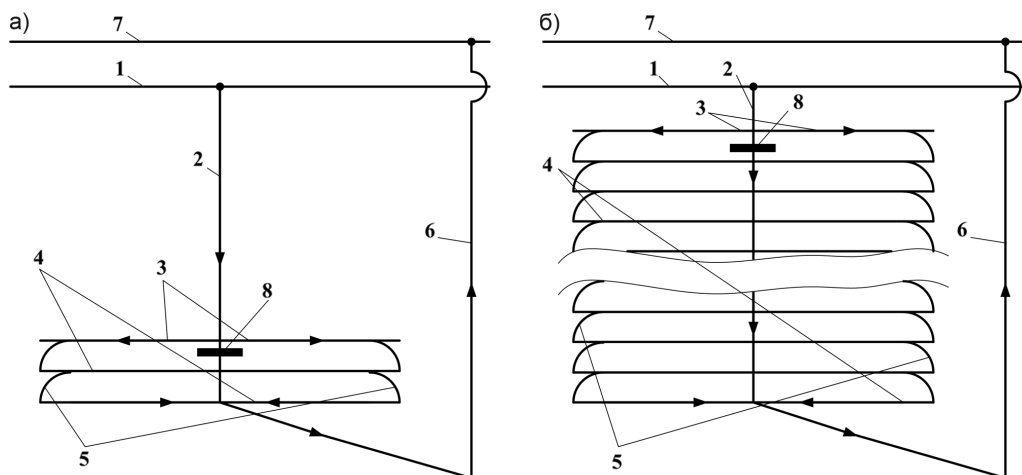
$$- (L_{\text{в.уч}} - N_{\text{пар.кам}} (b_{\text{кам}} + b_{\text{цел}})) \cdot \sin \theta$$

при  $N_{\text{пар.кам}} > 2$ ,

где  $N_{\text{пар.кам}}$  – количество парных отработанных камер 2 и рабочих камер 1;  $L_{\text{в.уч}}$  – длина выемочного участка;  $L_{\text{от.уч}}$  – длина отработанного участка за вентиляционными сбойками;  $b_{\text{кам}}$  – ширина отработанных камер;  $b_{\text{цел}}$  – ширина целика;  $\theta$  – угол падения пласта.

Свежая струя воздуха для проветривания выемочного участка подается из транспортного штрека на выемочный штрек, откуда он поступает в рабочие камеры. Проходу воздуха напрямую в конвейерно-вентиляционный штрек будет препятствовать передвижная перемычка, установленная в выемочном штреке после рабочих камер (рис. 4, а). Исходящая струя воздуха удаляется по вентиляционным сбойкам, отработанным камерам в заглубленный конвейерно-вентиляционный штрек и далее через уклон в вентиляционный штрек. В процессе увеличения количества отработанных камер и при достижении величины тепловых депрессий значения  $h_{e \min}$ , перемычку демонтируют, а при достижении величин тепловых депрессий значения  $h_{e \max}$ , перемычку устанавливают вновь (рис. 4, б).

В расчетах учитывается изменяющееся абсолютное значение тепловой депрессии  $h_{e1}$ , увеличивающей общий объем воздуха, поступающего в выемочный участок.

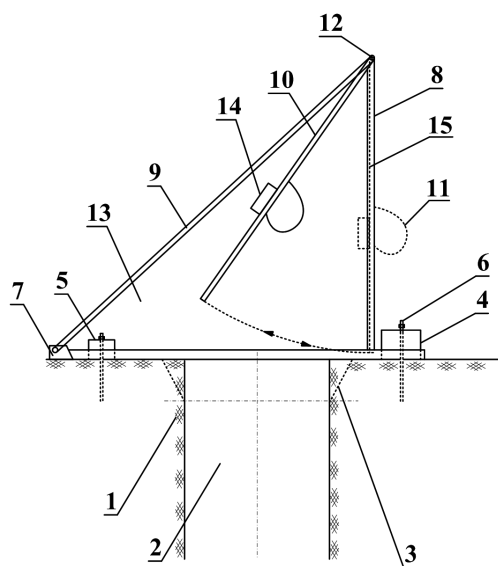


**Рис. 4. Упрощенная схема проветривания выемочного участка по предлагаемому способу: а – начальный этап отработки; б – конечный этап отработки; 1 – транспортный штрек; 2 – выемочный штрек; 3 – рабочие камеры; 4 – отработанные камеры; 5 – вентиляционные сбойки; 6 – заглубленный конвейерно-вентиляционный штрек; 7 – вентиляционный штрек; 8 – шахтная вентиляционная перемычка 9 – уклон**

При этом в процессе отработки выемочного участка необходимо использовать устройство для перекрытия рудоспуска, например [9].

Устройство (рис. 5) размещают на почве выработки 1 в устье рудоспуска 2. При необходимости можно увеличивать устье рудоспуска раструбом 3. При подъезде к рудоспуску колеса самоходного вагона (не показан) упираются в отбойный брус 4, размещенный на заданном расчетном расстоянии, обеспечивающем остановку вагона так, чтобы его конвейер располагался точно над рудоспуском. Подвижная шторка 10 отодвигается бортом самоходного вагона, который упирается в упор 11. Осуществляется разгрузка руды непосредственно в рудоспуск. После чего при отъезде вагона подвижная шторка 10 под действием груза-противовеса 14 возвращается в исходное положение и герметично перекрывает вход в кожух 13 с помощью уплотнителя 15.

Таким образом, применение предложенного способа подготовки, от-



**Рис. 5. Устройство для перекрытия рудоспуска: 1 – соляная толща; 2 – рудоспуск; 3 – расруб (расширение устья рудоспуска); 4 – отбойный брус; 5 – упорный брус; 6 – крепежный анкер; 7 – опорная рама; 8 – вертикальная стойка; 9 – задняя стенка защитного кожуха; 10 – подвижная шторка; 11 – упор; 12 – ось подвижной подвески; 13 – изолирующий кожух; 14 – груз-противовес; 15 – уплотнитель**

работки и проветривания выемочно-го участка калийного рудника, расположенного по падению пласта, позволит обеспечить рабочие зоны свежим воздухом в требуемом объеме и повысить энергоэффективность вентиляции. Моделирование воздухо-распределения в реальных условиях калийного рудника [6] показало, что при использовании предложенного способа проветривания с применением передвижной шахтной вентиля-

ционной перемычки и устройства для перекрытия рудоспуска всего в одной южной панели рудника СКРУ-3 (Соликамского калийного рудоуправления № 3, г. Соликамск, Пермский край) позволит экономить электроэнергию порядка 3396 МВт·ч за год. При этом рабочие камеры будут проветриваться свежей струей в объеме, требуемом для создания требуемых санитарно-гигиенических условий горнорабочим.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Красноштейн А.Е., Файнбург Г.З. Диффузионно-сетевые методы расчета проветривания шахт и рудников. – Екатеринбург, 1992. – 243 с.
2. Мохирев Н.Н. Разработка современных методов и средств обеспечения высокоэффективного проветривания рудников, обладающих малыми аэродинамическими сопротивлениями: Дисс. ... д-ра техн. наук. – Пермь: ПГТУ, 1994. – 302 с.
3. Алыменко Н.И. Исследование и разработка методов и средств повышения эффективности и надежности проветривания подземных рудников с большим эквивалентным отверстием (на примере калийных рудников): Дисс. ... д-ра техн. наук. – СПб.: СПбГУ, 1998. – 334 с.
4. Мохирев Н.Н., Чистяков А.Н., Постникова М.Ю., Николаев А.В. Исследование влияния естественной тяги на воздухо-распределение в панелях, отрабатывающих наклонные пласты / Проблемы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых в Пермском крае: материалы краевой науч.- техн. конф. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. С. 290–295.
5. Мохирев Н.Н., Постникова М.Ю., Николаев А.В. Выбор схем вентиляции крыльев, панелей и блоков калийного рудника с учетом фактора возникновения и влияния тепловых депрессий / Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование: сб. трудов межд. науч.-практич. конф. ООО «Проектное бюро «Рейкьявик». – Пермь, 2009. – Вып. 5. – С. 88–91.
6. Николаев А.В. Управление тепловыми депрессиями в системах вентиляции калийных рудников: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Пермь: ПНИПУ, 2012. – 159 с.
7. Николаев А.В. Влияние различных факторов на воздухо-распределение в блоках, отрабатывающих наклонные пласты // Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование. – 2010. – № 3. – С. 97–103.
8. Николаев А.В., Алыменко Н.И., Николаев В.А. Способ проветривания выемочного участка при обратном порядке отработки: пат. 2529459 Рос Федерация: МПК E21F1/16 /; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2013132295/03 заявл. 11.07.2013; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27.
9. Николаев А.В., Алыменко Н.И., Николаев В.А., Земсков А.Н. Устройство для перекрытия рудоспуска: пат. 116574 Рос Федерация: МПК E21F1/00 /; заявитель и патентообладатель ФГБОУВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». – № 2012100435/03 заявл. 10.01.2012; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15. **ПАТ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Алыменко Николай Иванович – доктор технических наук, профессор,  
e-mail: nik.alymenko@yandex.ru,

Николаев Александр Викторович – кандидат технических наук, доцент,  
e-mail: nikolaev0811@mail.ru,

Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

**METHOD OF VENTILATION MINING AREA POTASH MINES  
IN REVERSE ORDER MINING AND QUARRYING**

Alymenko N.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: nik.alymenko@yandex.ru,  
Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russia,  
Nikolaev A.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,  
e-mail: nikolaev0811@mail.ru,  
Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russia.

The article describes the current and previously proposed scheme of preparation, processing and ventilation mining area potash mine. The description of the shortcomings of these schemes related to countering the desired direction of movement of air mining area, practiced by the drop formation, thermal depression (natural draught). Provides a method for preparing, processing and ventilation mining area potash mine executed by the dip of the formation, which initially calculated value of thermal depressions that will arise between the workings as mining. At the initial and final stages of the mining excavation quarrying in the proposed method of excavation is proposed to isolate the mobile mine ventilation flap for the working chamber. At a time when the heat of depression occurring between workers and exhaust chambers will be able to counteract the air leakage in conveyor-airway, mine ventilation bridge dismantled. Also, to prevent «short-circuiting» a breath of fresh air directly to the conveyor-airway, the article suggests to isolate workers development for the descent of ore (ore passes). The design of the device to shut off the ore pass.

Key words: the mining area, ventilation, thermal depression, natural draft, the mobile mine ventilation flap, a device for closing the ore pass.

**REFERENCES**

1. Krasnoshtein A.E., Fainburg G.Z. *Diffuzionno-setevye metody rascheta provetrivaniya shakht i rudnikov* (Diffusion-network methods for calculating ventilation of mines), Ekaterinburg, 1992, 243 p.
2. Mokhirev N.N. *Razrabotka sovremennykh metodov i sredstv obespecheniya vysokoeffektivnogo provetrivaniya rudnikov, obladayushchikh malymi aerodinamicheskimi soprotivleniyami* (Development of modern methods and means to ensure highly efficient ventilation of mines that have low aerodynamic drag), Doctor's thesis, Perm, PGU, 1994, 302 p.
3. Alymenko N.I. *Issledovanie i razrabotka metodov i sredstv povysheniya effektivnosti i nadezhnosti provetrivaniya podzemnykh rudnikov s bol'shim ekvivalentnym otverstiem (na primere kaliinykh rudnikov)* (Research and development of methods and means of improving the efficiency and reliability of ventilation of underground mines with large equivalent aperture (for example, potash mines)), Doctor's thesis, Saint-Petersburg, SPGGU, 1998, 334 p.
4. Mokhirev N.N., Chistyakov A.N., Postnikova M.Yu., Nikolaev A.V. *Problemy kompleksnogo osvoeniya mestorozhdenii poleznykh iskopayemykh v Permskom krae: materialy kraevoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii* (Проблемы комплексного освоения месторождений полезных ископаемых в Пермском крае: материалы краевой научно-технической конференции), Perm, Izd-vo PGU, 2007, pp. 290–295.
5. Mokhirev N.N., Postnikova M.Yu., Nikolaev A.V. *Rudnik budushchego: proekty, tekhnologii, oborudovanie: sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* (Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование: сборник трудов международной научно-практической конференции), Perm, 2009, issue 5, pp. 88–91.
6. Nikolaev A.V. *Upravlenie teplovymi depressiyami v sistemakh ventilyatsii kaliinykh rudnikov* (Thermal management of depression in the ventilation systems of potash mines), Candidate's thesis, Perm, PNIPU, 2012, 159 p.
7. Nikolaev A.V. *Rudnik budushchego: proekty, tekhnologii, oborudovanie*. 2010, no 3, pp. 97–103.
8. Nikolaev A.V., Alymenko N.I., Nikolaev V.A. *Patent RU 2529459 МПК E21F1/16 / 27.09.2014.*
9. Nikolaev A.V., Alymenko N.I., Nikolaev V.A., Zemskov A.N. *Patent RU 116574 МПК E21F1/00 / 27.05.2012.*

