

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕДОПОРОДНОГО ОГРАЖДЕНИЯ ПОСЛЕ ОКОНЧАНИЯ ПОДАЧИ ХОЛОДОНОСИТЕЛЯ В ЗАМОРАЖИВАЮЩИЕ КОЛОНКИ

М.Н. Шуплик<sup>1</sup>, И.С. Вакуленко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МГИ НИТУ «МИСиС», Город, Россия, e-mail: isvakulenko92@gmail.com

**Аннотация:** В настоящее время получили широкое распространение низкотемпературные способы замораживания обводненных горных пород, эффективность которых определяется скоростью формирования ледопородного ограждения (ЛПО) и его надежностью. С возрастающим объемом проведения работ по созданию ледопородных ограждений при строительстве тоннелей и других подземных сооружений в водонасыщенных породах существует необходимость в интенсификации процесса замораживания, что может быть осуществлено с учетом способности ледопородного ограждения к самопроизвольному увеличению толщины после прекращения работ по замораживанию. Проведен анализ развития ЛПО после прекращения подачи холодоносителя в замораживающие колонки. На базе физического моделирования была разработана методика математического расчета радиуса одиночного ледопородного цилиндра и толщины ЛПО в зависимости от времени. В результате были установлены пределы увеличения ЛПО в зависимости от температуры замораживания. Разработанная методика может использоваться для интенсификации процесса формирования ледопородного ограждения при использовании низкотемпературных способов замораживания с температурой холодоносителя, не превышающей  $-40^{\circ}\text{C}$ .

**Ключевые слова:** ледопородное ограждение, искусственное замораживание грунтов, замораживающая колонка, граница промерзания грунта, математическая модель, численное моделирование, безрассольные способы замораживания.

**Для цитирования:** Шуплик М. Н., Вакуленко И. С. Особенности формирования ледопородного ограждения после окончания подачи холодоносителя в замораживающие колонки // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 5. – С. 44–50. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-44-50.

### Features of frozen wall formation after cooling agent delivery termination in freezing pipes

M.N. Shuplik<sup>1</sup>, I.S. Vakulenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia, e-mail: isvakulenko92@gmail.com

**Abstract:** Low-temperature methods of watercut rock freezing enjoy wide application in our days. Efficiency of these methods depends on the rate and reliability of frozen wall formation. With an increase in amount of work connected with generation of frozen walls in construction of tunnels and other structures in watered rocks, it is required to intensify the process of freezing, which is fea-

sible considering ability of frozen wall to thicken naturally after freezing termination. The process of frozen wall growth after cooling agent delivery termination in freezing pipes is analyzed. Based on physical simulation, a mathematical calculation procedure is developed for a cylinder radius and thickness of an ice wall versus time. As a result, the range of the frozen wall enlargement depending on freezing temperature is found. The procedure is of use to intensify low-temperature formation of frozen walls at the cooling agent temperature not higher than  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Key words:** Frozen wall, artificial soil freezing, freezing pipe, soil frost line, mathematical model, numerical modeling, non-brined freezing methods.

**For citation:** Shuplik M. N., Vakulenko I. S. Features of frozen wall formation after cooling agent delivery termination in freezing pipes. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;5:44-50. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-05-0-44-50.

## Введение

Анализ отечественного и зарубежного опыта замораживания грунтов показывает, что после прекращения подачи холодоносителя в замораживающие колонки может происходить значительное увеличение толщины ледопородного ограждения [6, 10, 11]. В частности, такой эффект наблюдается при использовании способов замораживания с использованием низкотемпературных рассолов, жидкого азота или твердого диоксида углерода [8, 9, 13]. В настоящее время данное свойство не учитывается при расчете и проектировании процесса создания ледопородных ограждений [4]. В зависимости от первоначальной толщины ЛПО, расстояния между колонками и режима замораживания, тепловая инерционность может привести к увеличению толщины ограждения после окончания подачи холодоносителя.

## Методы исследования

При обосновании и разработке математической модели были положены в основу следующие исходные предпосылки:

Распространение границы промерзания грунта осуществляется по тому же закону, что и распространение изотермы с температурой фазового перехода в однородной и изотропной среде без фазовых превращений с эффективным коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{\text{эф}}$ , определяемым по формуле (1):

$$\lambda_{\text{эф}} = \frac{\bar{q}Ei(a^2)}{4\pi(T_0 - T_{\phi})}, \quad (1)$$

где  $q$  — средний удельный тепловой поток к единице длины замораживающей колонки;  $T_0$  и  $T_{\phi}$  — соответственно начальная температура грунта и температура фазового перехода;  $\alpha = \text{const}$ , определяемая из уравнения (2):

$$\frac{1}{4\pi} - \exp(-\alpha^2) - \frac{\lambda_2(T_0 - T_{\phi}) \exp(-a_1 \cdot \alpha^2 / a_2)}{\bar{q} Ei(a_1 \cdot \alpha^2 / a_2)} = \frac{a_1 \cdot \alpha^2 \cdot Q}{\bar{q}} \quad (2)$$

где  $\lambda_2$  — коэффициент теплопроводности незамороженного грунта;  $a_1$ ,  $a_2$  — коэффициенты температуропроводности замороженного и незамороженного грунта;  $Q$  — скрытая теплота фазового перехода;  $Ei(x)$  — модифицированная интегральная экспонента.

В плане замораживающие колонки представлены точечными тепловыми источниками [7]. Теплообмен в замораживающих колонках рассматривается совместно с процессом теплопередачи в замораживаемом грунте посредством учета коэффициентов термического сопротивления питающих и замораживающих колонок [2], [3]. При этом безразмерные удельные теплопритоки к замораживающим колонкам определяются в результате решения следующей системы

интегральных уравнений, записанных в матричной форме:

$$q(t) = \int_0^t \widehat{H}(t, \tau) \widehat{q}(\tau) d\tau + \widehat{f}(t) \quad (3)$$

где

$$\widehat{q}(t) = \|q_i(t)\|; \widehat{H}(t, \tau) = \|H_{im}(t, \tau)\|; \\ \widehat{f}(t) = \|f_i(t)\|; i, m = 1, 2, \dots, N;$$

$$f_i(t) = \frac{F(G_i)}{\bar{q}} (T_0 - T_1^0)$$

$$H_{im}(t, \tau) = \frac{-F(G_i (T_0 - T_\phi))}{\bar{q} E i (\alpha^2)} \exp\left(-\frac{\int_{im}}{t - \tau}\right) \frac{1}{t - \tau}$$

$$F(G) = \frac{2Gc}{H} \frac{e^{\gamma_1 H} - e^{\gamma_2 H}}{(\gamma + 1)e^{\gamma_1 H} + (\gamma - 1)e^{\gamma_2 H}}$$

$$\epsilon_{im} = \frac{1}{4} [(x_i - x_m)^2 + (y_i - y_m)^2 + \delta_{im} \rho^2]$$

$$\gamma_1 = \frac{1 + \gamma}{2r_2 Gc}; \gamma_2 = \frac{1 - \gamma}{2r_2 Gc}; \gamma = \sqrt{1 + 4 \frac{r_2}{r_1}}$$

$r_1, r_2$  — термическое сопротивление потоков рассола и стенок в питающей и замораживающей колонках;  $\rho$  — безразмерный радиус;  $\delta_{im}$  — символ Кронекера;

$$t = t' a_1 / l^2; (X, Y) = \left(\frac{x'}{l}, \frac{y'}{l}\right); q_1 = q_1' / \bar{q};$$

$t'$  — размерное время;  $l$  — характерный размер (расстояние между колонками);  $(x', y')$  — размерные декартовы координаты;  $q_1'$  — размерный удельный тепловой поток к  $i$ -й колонке;  $\bar{q}$  — средний за все время замораживания грунтов удельный тепловой поток;  $H$  — глубина замораживания;  $T_0^1$  — температура рассола на входе в замораживающую колонку;  $G_i$  — объемный расход холодоносителя через  $i$ -ую колонку;  $c$  — объемная теплоемкость холодоносителя.

Учитывается общая зависимость холодопроизводительности замораживаю-

щей станции от температуры холодоносителя [4]:

$$\sum_{i=1}^N q_i(t) - \frac{1}{\bar{q} H} Q[T_1^0(t)] = 0 \quad (4)$$

где  $Q(T_1^0)$  — холодопроизводительность замораживающей станции;  $T_1^0(t)$  — температура рассола на входе в колонку.

Исходя из приведенных предпосылок, получено аналитическое уравнение для определения координатно-временного положения границы промерзания ледопородного ограждения произвольно расположенными в плане замораживающими колонками количеством  $N$ :

$$\sum_{i=1}^N \int_0^t \frac{q_i(\tau)}{t - \tau} \exp\left[-\frac{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}{4(t - \tau)}\right] d\tau - E i (\alpha^2) = 0 \quad (5)$$

Для решения системы уравнений (3), (5) разработана программа расчетов [7].

На базе имеющегося математического аппарата, была решена задача по исследованию динамики формирования ледопородного ограждения по завершению подачи холодоносителя в замораживающие колонки [1, 2, 14]. Задача решена в следующей постановке:

Пусть ледопородное ограждение создается системой из замораживающих колонок, расположенных на плане в точках с декартовыми координатами  $(X_i, Y_i)$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ . Если в период времени  $0 < t < t_0$  колонки работали в режиме постоянного теплоотбора, а потом до момента времени  $t_1$  были отключены, то функциональную зависимость удельного теплопритока от времени можно представить так:

$$q(t) = \begin{cases} q_0, & 0 \leq t \leq t_0 \\ 0, & t_0 < t \leq t_1 \end{cases} \quad (6)$$

Среднее за время замораживания значение удельного теплопритока при этом равно  $\bar{q} = q_0 t_0 / t_1$ .

Для решения задачи перейдем к безразмерным величинам в формуле (7) (в левых частях нижележащих формул стоят безразмерные величины, а в правых размерные) [14].

$$T = \frac{T_0 - T'}{T_0 - T_f}; \quad t = \frac{t' x_f}{l^2};$$

$$(X, Y) = \frac{x'}{l}, \frac{y'}{l}; \quad q_i = \frac{q'_i}{\bar{q}}, \quad (7)$$

где  $l$  — характерный размер (например, расстояние между колонками);  $\bar{q}$  — средний удельный тепловой поток к колонкам, входящий в определение  $\lambda_{эф}$  по формуле (1).

Для одиночной колонки величина  $l$  принимается равной 1 м, а для прямолинейного расположения колонок — равной расстоянию между колонками. Подставив зависимость (6) в уравнение (5), получим трансцендентное уравнение для определения границы  $(X, Y)$  ледопородного ограждения в момент времени  $\tau = t/t_0$ :

$$\sum_{i=1}^N \left\{ Ei \left[ \frac{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2}{4t_0 \tau} \right] \right\} -$$

$$- \left\{ Ei \left[ \frac{(X - x_i)^2 + (Y - y_i)^2}{4t_0 (\tau - 1)} \right] \right\} - \quad (8)$$

$$- \frac{t_0}{t_1} Ei(\alpha^2) = 0$$

Причем в уравнении (8)  $t_0$  безразмерная величина. Рассмотрим сначала случай развития одиночного ледопородного цилиндра. Положив в уравнение  $N = 1$ ,  $x_i = y_i = 0$ , получим уравнение для определения безразмерного радиуса  $x$  ледопородного цилиндра:

$$Ei \left( \frac{x^2}{4t_0 \tau} \right) - Ei \left[ \frac{x^2}{4t_0 (\tau - 1)} \right] -$$

$$- \frac{t_0}{t_1} Ei(\alpha^2) = 0 \quad (9)$$

Для прямолинейного однорядного расположения колонок уравнение (8) трансформируется в следующее уравнение:

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} \left\{ Ei \left[ \frac{(x - n)^2 + y^2}{4t_0 \tau} \right] - Ei \left[ \frac{(x - n)^2 + y^2}{4t_0 (\tau - 1)} \right] \right\} -$$

$$- \frac{t_0}{t_1} Ei(\alpha^2) = 0 \quad (10)$$

Так как толщина ледопородного ограждения  $E$  в замковой плоскости равна  $2u$  при  $x = 1/2$ , то из уравнения (9) следует уравнение для определения зависимости  $E(\tau)$ :

$$\sum_{-\infty}^{+\infty} \left\{ Ei \left[ \frac{E^2 + (2n - 1)^2}{16t_0 \tau} \right] - Ei \left[ \frac{E^2 + (2n - 1)^2}{16t_0 (\tau - 1)} \right] \right\} -$$

$$- \frac{t_0}{t_1} Ei(\alpha^2) = 0 \quad (11)$$

В теоретических расчетах принималось, что замораживание осуществляется в грунте со следующими теплофизическими свойствами:  $\lambda_1 = 2,9$  Вт/м °С;  $\lambda_2 = 2,3$  Вт/м °С;  $C_1 = 2,06 \cdot 10^6$  Дж/м³ °С;  $C_2 = 2,64 \cdot 10^6$  Дж/м³ °С;  $Q = 10^8$  Дж/м³. Начальная температура грунта и температура фазового перехода принимались равными соответственно 10 °С и 0 °С. Расчеты проводились с применением ЭВМ и ставили целью получение зависимостей:  $x(\tau)/x(t_0)$  и  $E(\tau)/E(t_0)$ .

Отметим, что в результате применения изложенного математического подхода зависимости  $x(\tau)$  и  $E(\tau)$  могут искажаться по величине вследствие произвольного выбора момента времени  $t_1$ ; однако функциональные отношения  $x(\tau)/x(t_0)$  и  $E(\tau)/E(t_0)$ , как показывают проведенные на ЭВМ расчеты, довольно слабо зависят от параметра  $t_0/t_1$ , поэтому в расчетах принималось, что  $t_0/t_1 = 0,5$ . В связи с этим результаты расчетов следует рассматривать как количественные оценки закономерностей развития ледопородных тел в период времени после окончания подачи холодоносителя в колонки.

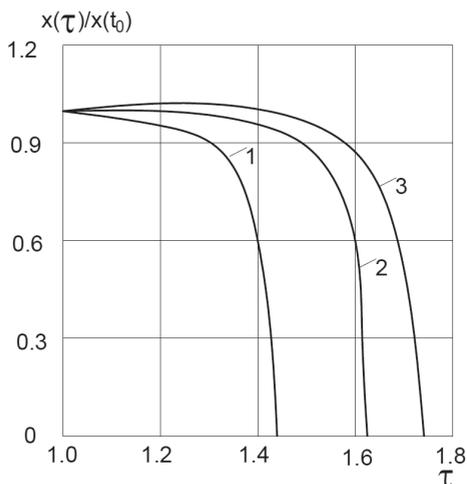


Рис. 1. Зависимость относительного радиуса ледопородного цилиндра от относительного времени

Fig. 1. Relation between ice-wall relative radius and relative time

### Результаты

Результаты расчетов представлены графически на рис. 1 и 2, где кривая 1 соответствует температуре ледопородного цилиндра  $\bar{T} = -15,6 \text{ }^\circ\text{C}$ ; кривая 2 —  $\bar{T} = -44,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ; кривая 3 —  $\bar{T} = -57,7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Анализ кривых, изображенных на рис. 1 показывает, что эффект самопроизвольного увеличения толщины одиночного ледопородного цилиндра выражен довольно слабо — относительное приращение на 13% радиуса цилиндра происходит лишь при начальной средней температуре последнего  $\bar{T} = -57,7 \text{ }^\circ\text{C}$ . Однако, при низкотемпературном безрассольном замораживании (например, при замораживании жидким азотом) следует ожидать больших значений относительно приращения радиуса ледопородного цилиндра. Из рис. 2 следует, что продолжительность инерционного нарастания толщины ограждения может превышать время активного замораживания.

### Заключение

Результаты, представленные на рис. 1 и 2, показывают, что инерционный эф-

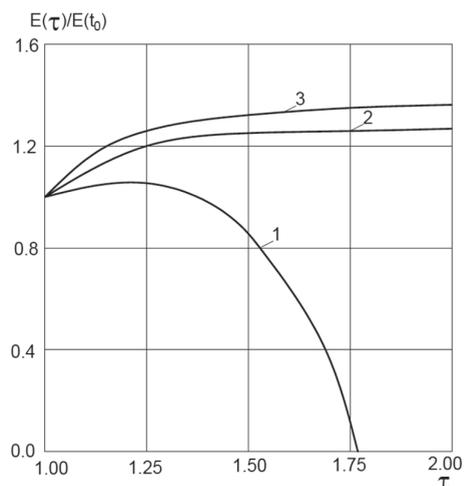


Рис. 2. Зависимость относительной толщины ледопородного цилиндра от относительного времени

Fig. 2. Relation between ice-wall relative thickness and relative time

фект в развитии ледопородного ограждения выражен значительно ярче, чем в случае развития одиночного цилиндра, причем относительное приращение на 40% толщины ограждения может достигаться и при низкотемпературном рассольном замораживании, а при низкотемпературном безрассольном замораживании приращение толщины на 50% не является пределом.

Разработанная методика может использоваться для оценки максимального приращения ледопородного ограждения, что позволит обеспечить технологические паузы при замораживании и сокращение материальных и финансовых затрат на создание ЛПО любой формы.

Наиболее эффективно данная методика применяется при замораживании с помощью твердого диоксида углерода, жидкого азота или низкотемпературных рассолов с температурой менее  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ . При более высокой температуре замораживания инерционный эффект может наблюдаться в ЛПО с толщиной, превышающей 3 м.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вабищевич П. Н. и др. Математическое моделирование искусственного замораживания грунтов // Вычислительные технологии. — 2014. — Т. 19. — № 4. — С. 19–31.
2. Королёв И. О. Обоснование моделирования замораживающей колонки точечным тепловым источником / Строительство шахт, рудников и подземных сооружений: Межвузовский научный тематический сборник. — Свердловск: СГИ, 1986. — С. 86–90.
3. Левин Л. Ю. и др. Метод решения обратной задачи Стефана для контроля состояния ледопородного ограждения при проходке шахтных стволов // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология, нефтегазовое и горное дело. — 2017. — Т. 16. — № 3. — С. 255–267.
4. Мишедченко О. А. История развития способа искусственного замораживания пород // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 2. — С. 226–231.
5. Николаев П. В. Опыт и перспективы развития ресурсосберегающих технологий замораживания грунтов в городском подземном строительстве // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 2. — С. 367–371.
6. Насонов И. Д., Шуплик М. Н., Ресин В. И. Технология строительства горных предприятий. Специальные способы строительства. — М.: Недра, 1990. — 350 с.
7. Насонов И. Д., Шуплик М. Н., Королев И. О. Лабораторный практикум по моделированию и специальным способам строительства подземных сооружений и шахт. — М.: Недра, 1992. — 235 с.
8. Шуплик М. Н., Николаев П. В. Исследование параметров процесса теплообмена при замораживании горных пород с применением твердого диоксида углерода // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 1. — С. 42–49.
9. Afshani A., Akagi H. Artificial ground freezing application in shield tunneling // Japanese Geotechnical Society Special Publication. 2015. Vol. 3. No 2, pp. 71–75.
10. Andersland O. B., Ladanyi B. An introduction to frozen ground engineering. Springer Science & Business Media, 2013. 352 p.
11. Chapman D. N., Metje N., Stark A. Introduction to tunnel construction. Crc Press, 2017. 455 p.
12. Sanger F. J., Sayles F. H. Thermal and rheological computations for artificially frozen ground construction // Engineering geology. 1979. Vol. 13. No 1–4, pp. 311–337.
13. Russo G. et al. Artificial ground freezing to excavate a tunnel in sandy soil // Tunneling and Underground Space Technology. 2015. No 50, pp. 226–238.
14. Zhao Y. et al. Study on the water-heat coupled phenomena in thawing frozen soil around a buried oil pipeline // Applied Thermal Engineering. 2014. Vol. 73. No 2, pp. 1477–1488. **PLoS**

## REFERENCES

1. Vabishchevich P.N. Mathematical modeling of artificial soil freezing. *Vychislitel'nye tekhnologii*. 2014, vol. 19, no 4, pp. 19–31. [In Russ].
2. Korolev I. O. Validation of freezing pipe simulation by point heat source. *Stroitel'stvo shakht, rudnikov i podzemnykh sooruzheniy*: Interuniversity scientific thematic collection. Sverdlovsk, SGI, 1986, pp. 86–90. [In Russ].
3. Levin L. Yu. Stefan inverse problem method to control frozen wall in shaft sinking. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Geologiya, neftegazovoe i gornoe delo*. 2017, vol. 16, no 3, pp. 255–267. [In Russ].
4. Mishedchenko O. A. History of artificial rock freezing method. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 2, pp. 226–231. [In Russ].
5. Nikolaev P. V. Experience and future considerations of resources saving soil freezing technologies in underground urban development. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 2, pp. 367–371. [In Russ].
6. Nasonov I. D., Shuplik M. N., Resin V. I. *Tekhnologiya stroitel'stva gornyykh predpriyatiy. Spetsial'nye sposoby stroitel'stva* [Technology of mine construction. Unconventional construction techniques], Moscow, Nedra, 1990, 350 p.
7. Nasonov I. D., Shuplik M. N., Korolev I. O. *Laboratornyy praktikum po modelirovaniyu i spetsial'nym sposobam stroitel'stva podzemnykh sooruzheniy i shakht* [Laboratory workshop of

modeling and unconventional techniques of underground mine construction], Moscow, Nedra, 1992, 235 p.

8. Shuplik M. N., Nikolaev P. V. Analysis of heat exchange process parameters in rock freezing using solid carbon dioxide. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 1, pp. 42–49. [In Russ].

9. Afshani A., Akagi H. Artificial ground freezing application in shield tunneling. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*. 2015. Vol. 3. No 2, pp. 71–75.

10. Andersland O. B., Ladanyi B. *An introduction to frozen ground engineering*. Springer Science & Business Media, 2013. 352 p.

11. Chapman D. N., Metje N., Stark A. *Introduction to tunnel construction*. Crc Press, 2017. 455 p.

12. Sanger F. J., Sayles F. H. Thermal and rheological computations for artificially frozen ground construction. *Engineering geology*. 1979. Vol. 13. No 1–4, pp. 311–337.

13. Russo G. et al. Artificial ground freezing to excavate a tunnel in sandy soil. *Tunneling and Underground Space Technology*. 2015. No 50, pp. 226–238.

14. Zhao Y. et al. Study on the water-heat coupled phenomena in thawing frozen soil around a buried oil pipeline. *Applied Thermal Engineering*. 2014. Vol. 73. No 2, pp. 1477–1488.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Шуплик Михаил Николаевич<sup>1</sup> — доктор технических наук, профессор,

Вакуленко Иван Сергеевич<sup>1</sup> — аспирант, e-mail: isvakulenko92@gmail.com,

<sup>1</sup> МГИ НИТУ «МИСиС».

Для контактов: Вакуленко И.С., e-mail: isvakulenko92@gmail.com.

### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

M. N. Shuplik<sup>1</sup>, Doctor of Technical Sciences, Professor,

I. S. Vakulenko<sup>1</sup>, Graduate Student, e-mail: isvakulenko92@gmail.com,

<sup>1</sup> Mining Institute, National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia.

Corresponding author: I. S. Vakulenko, e-mail: isvakulenko92@gmail.com.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

---

### ПОДЗЕМНАЯ УГЛЕДОБЫЧА XXI ВЕК-3

(2018, № 12, СВ 65, 48 с.)

В сборнике размещены статьи, содержащие концепцию управления производственным риском на угледобывающих предприятиях. Формализованы и охарактеризованы модели обеспечения безопасности, применяемые на отечественных предприятиях угольной отрасли. Дано описание конечно-элементной модели, разработанной для проведения исследований влияния параметров гидравлических стоек двойной гидравлической раздвижности механизированных крепей, рассмотрены основные факторы определяющие работу манжет гидростоек механизированных крепей с точки зрения их герметичности и сохранения работоспособности. Дана оценка рисков нарушения технологических процессов в очистном забое по фактору проветривания.

### UNDERGROUND COAL MINING OF THE XXI CENTURY-3

The collection contains articles containing the concept of risk management in coal mining enterprises. The safety models applied at the domestic enterprises of the coal industry are formalized and characterized. The description of the finite element models developed for research of influence of parameters of hydraulic props dual hydraulic razviyenosti of powered roof supports, the basic factors to determine how the cuffs water resistant of powered roof supports with regard to their integrity and preservation of health. The assessment of risks of violation of technological processes in a clearing face on the factor of airing is given.