

Оценка состояния вентиляционной сети рудного тела Le-3 на месторождении «Джульетта»

В.В. Арно✉, А.М. Волин, Л.Ю. Калинина, И.Ю. Гарифулина, Н.Е. Ломакина, Е.А. Ельникова

Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация

✉ vvnika@mail.ru

Резюме: Эффективное, качественное и устойчивое проветривание горных выработок является одним из главных факторов, определяющих безопасные условия труда в подземном руднике. Месторождение «Джульетта» имеет неправильную форму и непостоянные элементы залегания, в ряде случаев состоит из обособленных и взаимно удаленных залежей с различной горно-геологической характеристикой. Эти особенности месторождения обуславливают необходимость применения сложных схем вскрытия и отработки глубоких горизонтов, что приводит к образованию весьма протяженной и разветвленной сети подземных выработок. К специфическим особенностям разработки месторождения «Джульетта» относится то, что в руднике одновременно находится в действии большое число блоков, эксплуатационные работы в которых могут проводиться с применением разных систем разработки. Интенсивный вынос пыли и газов можно обеспечить только при подаче в рудник и отдельные забои достаточно большого количества воздуха. Для преодоления общего сопротивления рудника при этом необходимо применять высокопроизводительные и высоконапорные вентиляторы огромной мощности.

Ключевые слова: вентиляционная сеть, вентиляционный контур выработки, вентилятор, проветривание горных выработок, вентиляционный контур, исходящая струя

Для цитирования: Арно В.В., Волин А.М., Калинина Л.Ю., Гарифулина И.Ю., Ломакина Н.Е., Ельникова Е.А. Оценка состояния вентиляционной сети рудного тела Le-3 на месторождении Джульетта. *Горная промышленность*. 2023;(6): 143–147. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-143-147>

Assessment of the ventilation network condition within the Le-3 ore body at the Juliet deposit

V.V. Arno✉, A.M. Volin, L.Yu. Kalinina, I.Yu. Garifulina, N.E. Lomakina, E.A. Elnikova

North-Eastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation

✉ vvnika@mail.ru

Abstract: Effective, high-quality and steady ventilation of mine workings is one of the main factors that determine safe working conditions in an underground mine. The Juliet deposit is characterized with an irregular shape and varying dips and strikes. In some cases, it consists of isolated and mutually remote deposits with different mining and geological characteristics. These features of the deposit dictate the use of complex schemes for the development and mining of the deep-lying layers, which results in formation of a very extensive and branched network of underground workings. The specific features in the development of the Juliet deposit include the fact that a large number of mining blocks are in operation at the same time, and extraction of these block can be carried out using different mining systems. Intensive removal of dust and gases can be ensured only when a sufficiently large amount of air is supplied to the mine and the individual working faces. In order to overcome the overall air drag in the mine, it is necessary to use high-performance and high-pressure fans that would consume enormous power.

Keywords: ventilation network, ventilation pattern inside the mine working, fan, ventilation of mine workings, ventilation pattern, return ventilation air

For citation: Arno V.V., Volin A.M., Kalinina L.Yu., Garifulina I.Yu., Lomakina N.E., Elnikova E.A. Assessment of the ventilation network condition within the Le-3 ore body at the Juliet deposit. *Russian Mining Industry*. 2023;(6):143–147. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-6-143-147>

Введение

Месторождение «Джультета» находится на Дальнем Востоке России на территории Омсукчанского района Магаданской области, в 320 км по автодорогам и в 180 км по прямой к юго-западу от пос. Омсукчан. В региональном плане оно расположено в пределах Охотско-Чукотского вулканоплутонического пояса (ОЧВП) и относится к золото-серебряной формации адуляр-серицит-кварцевого минерального типа (низкосульфидизированного LS).

В связи с тем что месторождение является хорошо разведанным и имеет крутопадающие рудные тела, подготовка осуществляется различными вариантами с применением квершлагов, спиральных съездов (заездов) и этажных штреков. Наиболее приемлемым является комбинированный способ подготовки, который включает в себя проходку квершлагов вкрест простирания рудного тела и проходку подэтажных штреков по простиранию рудного тела. Проходка подэтажных штреков производится по простиранию рудного тела до границ рудной зоны. Вертикальное расстояние между горизонтами определено проектом отработки и составляет 15 м.

Этот способ подготовки позволяет гибко подготавливать горизонты рудного тела к очистной выемке, строить вентиляционную сеть и выдавать отбитую горную массу самоходным транспортом на поверхность [1].

При мониторинге интенсивности горных работ отслеживается увеличение глубины отработки, протяженности сети горных выработок и наличие отработанных пространств. Наличие наклонных горных выработок и значительные перепады высотных отметок отрицательно сказываются на надежности функционирования систем вентиляции рудников в связи с образованием в них тепловых депрессий. При этом расходы воздуха, подаваемого руднику, составляют десятки тысяч кубометров в минуту, что при наличии отработанных пространств, значительной протяженности сети выработок и изменении термодинамических параметров воздуха обуславливает низкую эффективность управления вентиляцией [2; 3].

Для целей обеспечения вентиляции и запасных выходов на рассматриваемом объекте проходятся вентиляционно-ходовые восстающие [4].

Результаты

Для целей вентиляции и проветривания горных выработок по западному и восточному блокам рудного тела пройдены вентиляционно-ходовые восстающие со сбойкой на поверхность [5]. В западном блоке по шт. №1 с гор. 800 м – восстающий №16 длиной 33 м, по восточному из шт. №14 с гор. 830 м – №17 длиной 22 м.

Рудное тело Le-3 вскрыто шт. №11 с гор. 787 м на гор. 765 м. С гор. 765 пройден спиральный уклон до гор. 705 м, осуществлена проходка квершлагов, подэтажных штреков и спирального съезда до гор. 675 м с последующей нарезкой подэтажных штреков. Для решения вопросов вентиляции параллельно с проходкой подходовой штольни пройдена вентиляционная штольня №12 с гор. 787 м до гор. 780 м.

Горные выработки р.т. Le-3 являются частью вентиляционной сети, состоящей из горных выработок рудного тела, вскрытого транспортным и вентиляционным уклоном соответственно №11 и №12 гор. 787 м.

Вентиляционный контур состоит из свежего воздуха, подаваемого при помощи вентилятора Alphaair 7200-VAX-2700 (двигатель 100 л.с.), установленного на устье штольни №12

гор. 787 м и всасывающего воздух через устье транспортного уклона №11 гор. 787 м.

Поступающий через устье транспортного уклона №11 воздух далее движется по следующему маршруту – транспортный уклон №11 гор. 787–765 м, спиральный съезд Le-3 гор. 765–675 м и далее к рабочим горизонтам.

Исходящая струя с рабочих горизонтов удаляется через вентиляционные штреки на рабочих горизонтах, далее по ГВХВ в вентиляционный уклон №12 гор. 787–780 м и далее на поверхность [6].

Принципиальная схема распределения воздуха в сети горных выработок р.т. Le-3 представлена на рис. 1. Результаты расчета депрессии вентиляционной сети шахты отражены в табл. 1.

С учетом коэффициента, учитывающего потерю давления на преодоление местных сопротивлений, который принимается равным 1,15, депрессия шахты составит 195,6 мм вод. ст. [7; 8]. При этом расчёт эквивалентного отверстия шахты показал значение 6,2 м², что свидетельствует о том, что шахта относится к категории легкопроветриваемых:

$$R_{III} = \frac{195,6}{72,7^2} = 0,0370 \text{ ,Нс}^2/\text{м}^8; \tag{1}$$

$$A_{III} = \frac{1,19}{\sqrt{0,0370}} = 6,2 \text{ м}^2. \tag{2}$$

Производительность главного вентилятора составила

$$Q_B = 1,1 \cdot 72,7 = 80,0 \text{ м}^3/\text{с}. \tag{3}$$

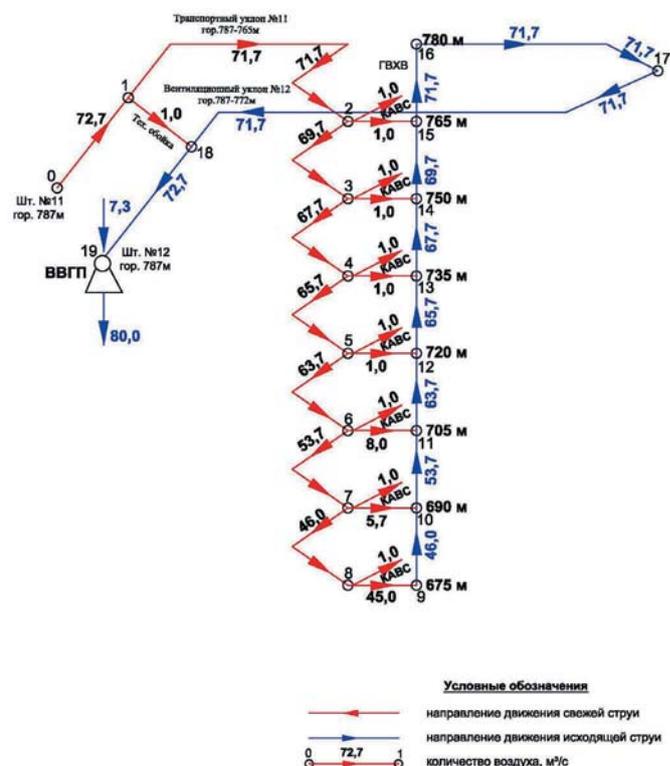


Рис. 1 Принципиальная схема распределения воздуха в сети горных выработок р.т. Le-3

Fig. 1 A principal diagram of air distribution within the network of mine workings of the Le-3 ore body

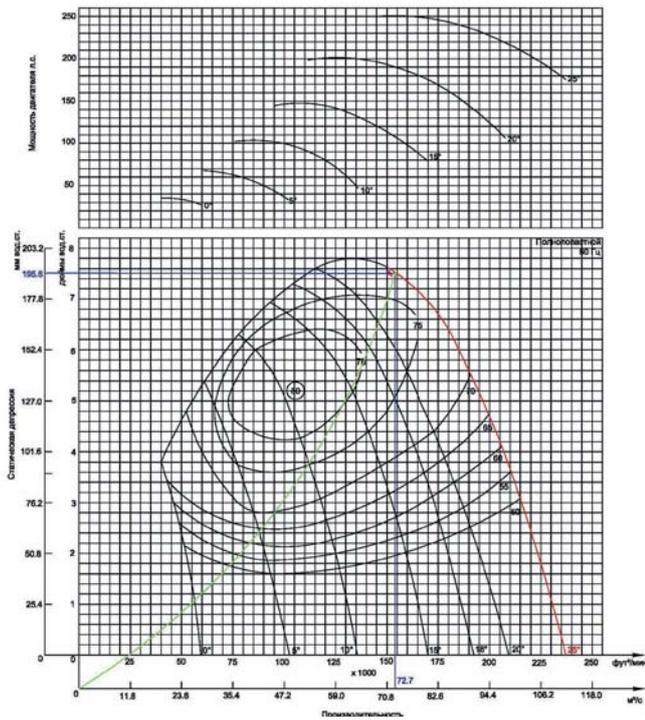


Рис. 2
Совмещённая характеристика
вентилятора Alphaair 7200-VAX-2700
и вентиляционной сети горных выработок р.т. Le-3

Fig. 2
Superimposed characteristics of the Alphaair 7200-VAX-2700
fan and the ventilation network of mine workings
of the Le-3 ore body

С целью удовлетворения условиям вентиляционной сети горных выработок р.т. Le-3 вентилятор Alphaair 7200-VAX-2700 (двигатель 100 л.с.), имеющий номинальную производительность $Q_n = 52,0 \text{ м}^3/\text{с}$ и номинальное давление $H_n = 152,0 \text{ мм вод.ст.}$, определен на главную вентиляционную установку. Чтобы обеспечить шахту расчетным количеством воздуха, лопатки на рабочем колесе вентилятора устанавливаются под углом 25° .

Для получения совместной характеристики и определения режима работы использовался графический метод, основанный на построении суммарной напорной характеристики совместной работы вентилятора в системе координат «расход–депрессия» [9].

Таблица 1
Расчет депрессии вентиляционной сети рудного тела Le-3

Table 1
Calculation of the draught loss in the ventilation network of the Le-3 ore body

Выработка маршрута	Точка на схеме	Параметры выработки				$Q_{\text{взр}}, \text{ м}^3/\text{с}$	$V_{\text{ср}}, \text{ м}/\text{с}$	Результаты расчётов		
		Тип крепи	$\alpha, \text{ Нс}^2/\text{м}^4$	$P, \text{ м}$	$S, \text{ м}^2$			$R, \text{ Нс}^2/\text{м}^8$	$H, \text{ мм вод.ст.}$	
Шт. №11 гор. 787	0–1	Комб.	0,0150	15,5	19,4	50,0	72,7	3,75	0,0016	8,4
Транспортный уклон №11 гор. 787–765 м	1–2	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	180,0	71,1	5,31	0,0063	11,8
Спиральный съезд гор. 765–750 м	2–3	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	150,0	69,7	5,20	0,0053	11,2
Спиральный съезд гор. 750–735 м	3–4	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	150,0	67,7	5,05	0,0053	10,8
Спиральный съезд гор. 735–720 м	4–5	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	150,0	65,7	4,90	0,0053	10,6
Спиральный съезд гор. 720–705 м	5–6	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	150,0	63,7	4,75	0,0053	10,4
Спиральный съезд гор. 705–690 м	6–7	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	150,0	53,7	4,01	0,0053	10,2
Спиральный съезд гор. 690–675 м	7–8	Без кр.	0,0060	14,1	13,4	150,0	46,0	3,43	0,0053	10,0
Квершлаг гор. 675 м	8–9	Без кр.	0,0150	14,1	11,8	35,0	45,0	3,81	0,0045	8,0
ГВХВ гор. 675–690 м	9–10	Комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	46,0	5,11	0,0030	7,8
ГВХВ гор. 690–705 м	10–11	Комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	53,7	5,97	0,0030	7,6
ГВХВ гор. 705–720 м	11–12	Комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	63,7	7,08	0,0030	7,3
ГВХВ гор. 720–735 м	12–13	Комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	65,7	7,30	0,0030	7,1
ГВХВ гор. 735–750 м	13–14	Комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	67,7	7,52	0,0030	5,3
ГВХВ гор. 750–765 м	14–15	комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	69,7	7,74	0,0030	5,4
ГВХВ гор. 765–780 м	15–16	Комб.	0,0150	12,3	9,0	12,0	71,7	7,97	0,0030	5,6
П/эт. штрек гор. 780 м «Запад»	16–17	Без кр.	0,0060	12,3	9,0	25,0	71,7	7,97	0,0025	7,0
Вентиляционный уклон №12 гор. 787–780 м	17–18	Без кр.	0,0150	14,1	13,4	145,0	71,7	5,35	0,0127	17,6
Шт. №12 гор. 787	18–19	Комб.	0,0150	14,1	13,4	40,0	71,7	5,35	0,0035	8,0
Итого депрессия по маршруту:										170,1
Депрессия с учетом местных сопротивлений ($K_{\text{мс}}=1,15$):										195,6

Совмещенная характеристика вентилятора Alphair 7200-VAX-2700 и вентиляционной сети горных выработок р.т. Le-3 представлена на рис. 2. Расчет депрессии вентиляционной сети рудного тела Le-3 приведен в табл. 1

Вывод

Так как точки пересечения характеристик сети и вентилятора находятся на нисходящем участке (см. рис. 2),

то, очевидно, работа вентилятора будет устойчивой и при постоянном аэродинамическом сопротивлении сети режим работы вентилятора будет стабильным. Если же сопротивление изменится, то соответственно изменится и режим работы вентилятора.

Вклад авторов

В.В. Арно (Курбатова), А.М. Волин – идея исследований, формулировка конфликта текущей парадигмы и новых фактов, написание научной работы; Е.А. Ельникова, И.Ю. Гарифулина – оценка результатов и коррекция написанной работы; Л.Ю. Калинина, Н.Е. Ломакина – оценка результатов исследования, выборка и сбор материала для исследований

Contribution

Arno (Kurbatova) V.V., Volin A.M. – research idea, formulation of the conflict between the current paradigm and new facts, preparation of the research paper; Elnikova E.A., Garifulina I.Yu. – evaluation of the results and correction of the prepared paper; Kalinina L.Yu., Lomakina N.E. – evaluation of the research results, selection and collection of research materials

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Список литературы

1. Казаков Б.П., Мальцев С.В., Семин М.А. Обоснование участков измерения аэродинамических параметров воздушного потока при определении аэродинамического сопротивления стволов. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2015;(S7):69–75.
2. Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Моделирование процессов вентиляции шахт для обеспечения метанобезопасности горных работ. *Горный журнал*. 2011;(7):101–103. Режим доступа: <https://rudmet.ru/journal/645/article/8140/>
3. Каледина Н.О., Кобылкин С.С. Системное проектирование вентиляции шахт на основе объемного моделирования аэрогазодинамических систем. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2012;(S1):282–293.
4. Козырев С.А., Осинцева А.В., Амосов П.В. *Метод оптимизации размещения регуляторов в вентиляционной сети рудника*. Германия: LAP LAMBERT; 2015. 136 с.
5. Козырев С.А., Осинцева А.В., Амосов П.В. *Управление вентиляционными потоками в горных выработках подземных рудников на основе математического моделирования аэродинамических процессов*. Апатиты: КНЦ РАН; 2019. 114 с.
6. Круглов Ю.В., Левин Л.Ю. Основы построения оптимальных систем автоматического управления проветриванием подземных рудников. *Известия Тульского государственного университета. Науки о земле*. 2010;(2):104–109.
7. Круглов Ю.В., Семин М.А. Совершенствование алгоритма оптимального управления проветриванием вентиляционных сетей сложной топологии. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело*. 2013;12(9):106–115.
8. Шонин О.Б., Пронько В.С. Повышение энергетической эффективности главных вентиляторных установок шахт на основе многоцелевой системы управления частотно-регулируемым приводом. *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета*. 2014;(2):49–57. Режим доступа: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/4606.pdf/download/4606.pdf>
9. Файнбург Г.З. Бережливое проветривание: концепция и основные средства для ее реализации. *Актуальные проблемы повышения эффективности и безопасности эксплуатации горношахтного и нефтепромышленного оборудования*. 2014;1(1):115–121.

References

1. Kazakov B.P., Semina M.A., Maltsev S.V. Validation of air flow parameters measuring area for mine shafts air resistance determination problem. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2015;(S7):69–75. (In Russ.)
2. Kaledina N.O., Kobylkin S.S. Simulation of pits ventilation processes for methane-safety providing during mining works. *Gornyi Zhurnal*. 2011;(7):101–103. (In Russ.) Available at: <https://rudmet.ru/journal/645/article/8140/>
3. Kaledina N.O., Kobylkin S.S. System design of mine ventilation based on volumetric modeling aerogasodynamic systems. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2012;(S1):282–293. (In Russ.)

4. Kozyrev S.A., Osintseva A.V., Amosov P.V. *Method of optimizing the placement of regulators in the ventilation network of the mine*. Germany: LAP LAMBERT; 2015. 136 p. (In Russ.)
5. Kozyrev S.A., Osintseva A.V., Amosov P.V. *Ventilation flow control in underground mine workings based on mathematical modeling of aerodynamic processes*. Apatity: KSC RAS; 2019. 114 p. (In Russ.)
6. Kruglov Y.V., Livin L.Yu. Principals creating optimal systems of automatic control by mining ventilation. *Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle*. 2010;(2):104–109. (In Russ.)
7. Kruglov Iu.V., Semin M.A. Improving the algorithm of effective air management in ventilation systems of complex topology. *Vestnik Permskogo Natsionalnogo Issledovatel'skogo Politekhnicheskogo Universiteta. Geologiya. Neftegazovoe i Gornoe Delo*. 2013;12(9):106–115. (In Russ.)
8. Shonin O.B., Pronko V.S. Energy efficiency improvement of mine main fan installations by means of the multipurpose control system for VFD. *Nauchno-Tekhnicheskie Vedomosti Sankt-Peterburgskogo Gosudarstvennogo Politekhnicheskogo Universiteta*. 2014;(2):49–57. (In Russ.) Available at: <https://elib.spbstu.ru/dl/2/4606.pdf/download/4606.pdf>
9. Fainburg G.Z. Lean ventilation: concept and main tools for its implementation. *Aktualnye Problemy Povysheniya Effektivnosti i Bezopasnosti Ekspluatatsii Gornoshakhtnogo i Neftepromyslovogo Oborudovaniya*. 2014;1(1):115–121. (In Russ.)

Информация об авторах

Арно (Курбатова) Вероника Владимировна – кандидат технических наук, доцент, Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: vvnika@mail.ru

Волин Александр Михайлович – старший преподаватель кафедры Геологии и Горного дела. Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: almvol@yandex.ru

Калинина Лада Юрьевна – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, заведующий кафедрой Геологии и Горного дела, Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: lada_kalinina@mail.ru

Ломакина Наталья Евгеньевна – старший преподаватель кафедры Горного дела, Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: lom_a_n@mail.ru

Гарифулина Ирина Юрьевна – старший преподаватель кафедры Геологии и Горного дела, Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: irina-kajtukova@yandex.ru

Ельникова Елена Александровна – старший преподаватель кафедры энергетики, транспорта и строительства, Северо-Восточный государственный университет Политехнический институт, г. Магадан, Российская Федерация; e-mail: lenaemail@mail.ru

Information about the author

Veronika V. Arno (Kurbatova) – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Northeastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation; e-mail: vvnika@mail.ru

Alexander M. Volin – Senior Lecturer, Department of Geology and Mining, North-Eastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation; e-mail: almvol@yandex.ru

Lada Yu. Kalinina – Cand. Sci. (Geol. and Mineral.), Associate Professor, Head of the Department of Geology and Mining, Northeastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation; e-mail: lada_kalinina@mail.ru

Natalia E. Lomakina – Senior Lecturer, Mining Department, Northeastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation; e-mail: lom_a_n@mail.ru

Irina Yu. Garifulina – Senior Lecturer, Department of Geology and Mining, Northeastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation; e-mail: irina-kajtukova@yandex.ru

Elena A. Elnikova – Senior Lecturer, Department of Energy, Transport and Construction, Northeastern State University Polytechnic Institute, Magadan, Russian Federation; e-mail: lenaemail@mail.ru

Article info

Received: 11.09.2023

Revised: 24.10.2023

Accepted: 27.10.2023

Информация о статье

Поступила в редакцию: 11.09.2023

Поступила после рецензирования: 24.10.2023

Принята к публикации: 27.10.2023