УДК 608.2:622.013.364

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАПАСОВ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ЛЕБЕДИНСКОГО И СТОЙЛО-ЛЕБЕДИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

О. Ю. МИХАЙЛОВ, управляющий директор

В. Д. ГОРБАТЕНКО, главный геолог, gorbatenko_v_d@lebgok.ru

В. И. ГРИГОРЬЕВ, ведущий специалист, канд. геол.-минерал. наук

АО «Лебединский ГОК», Губкин, Россия

С. С. СЕРЫЙ, и.о. генерального директора, канд. техн. наук, ОАО «ВИОГЕМ», Белгород, Россия

Обоснована возможность открытой разработки Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений железистых кварцитов действующим карьером до глубины более 600 м от поверхности (отметка дна –500 м) при сохранении его контура по поверхности, что позволит в течение 130 лет добыть не менее 5 млрд т руды.

Ключевые слова: *Лебединское и Стойло-Лебединское месторождения, железистые кварциты, перспективный карьер, глубина отработки, циклично-поточная технология, транспортная схема.*

DOI: *10.17580/gzh.2017.05.21*

Введение

Рудно-сырьевую базу Лебединского ГОКа составляют запасы железистых кварцитов Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений, которые разведывали в разное время, но в геологическом плане представляют единое целое и отрабатывают одним карьером. Богатые железные руды (продукты коры выветривания железистых кварцитов) были отработаны в период с 1960 по 1983 г., а добычу железистых кварцитов ведут с ноября 1972 г.: вначале карьером I очереди годовой производительностью по руде 31,2 млн т; с 1977 г. карьером II очереди (43,2 млн т), а с 2004 г. по настоящее время карьером III очереди (53,7 млн т).

Разведка железистых кварцитов была выполнена до отметки –500 м, но, в соответствии с установленной глубиной перспективного карьера (Центрогипроруда, 1983 г.), их балансовые запасы утверждены ГКЗ СССР только до отметки –250 м. Неутверждение разведанных запасов, расположенных ниже указанной отметки, мотивировалось в то время тем, что они не могут получить достоверного технико-экономического обоснования в связи с неопределенным сроком их освоения и неясностью способа разработки (протокол заседания ГКЗ № 9617 от 12.12.1984 г.). По состоянию на 01.01.2017 г. действующий карьер достиг проектной глубины (–250 м), и крайне актуальным стал вопрос о перспективе добычи железистых кварцитов на более глубоких горизонтах.

Анализ существующей транспортной схемы

С самого начала работы карьера и впоследствии вывозка скальной горной массы осуществлялась железнодорожным и автомобильным транспортом с преобладающей ролью первого. По мере углубления горных работ транспортная схема развивалась с наращиванием пропускной способности ж.-д. путей за счет расширения их внутрикарьерной сети и увеличения числа станций. Это длительное время, вплоть до достижения предельной проектной глубины отработки железистых кварцитов (–250 м), обеспечивало оптимальную дальность вывоза автотранспортом горной массы из рабочей зоны карьера.

Анализ сложившейся на сегодня ситуации в карьере показал, что в северной его части (сектора IV–VI на **рис. 1**) существующей транспортной схемой законсервировано и сделано недоступным для добычи около 1 млрд т руды. Активные добычные фронты открыты на глубину только в центральной части карьера и на юго-востоке (сектора I, II, III на рис. 1), где расположены три рудные залежи (Южно-Лебединская, Юго-Восточная и Стойло-Лебединская), из которых вскрыта (и то частично) одна Южно-Лебединская.

При достижении карьером II очереди заданной годовой производительности (43,2 млн т руды) стало очевидным, что дальнейшее его развитие на глубину по существующей транспортной схеме приведет к сужению активного карьерного пространства вследствие перманентного расширения площади под транспортные коммуникации. Поэтому в 1983 г. институтом «Центрогипроруда» было разработано ТЭО, в котором, наряду с использованием сформированной на указанную дату железнодорожно-автотранспортной схемы, предусматривалось вскрытие нижних горизонтов рудного поля проходкой в юго-восточной части прикарьерного массива горных пород двух наклонных стволов, оборудованных ленточными конвейерами годовой производительностью 18 млн т каждый, с выдачей руды из карьера прямо на обогатительную фабрику. Доставку руды от забоев к внутрикарьерным дробильно-перегрузочным узлам планировалось осуществлять автомобиль-

ным транспортом. Однако данное ТЭО в сложившейся в то время политической и экономической обстановке в стране было отклонено со ссылкой на сложность и дороговизну сооружения подземных конвейерных трасс. Дальнейшее углубление карьера пошло по традиционной схеме с приоритетом ж.-д. транспорта, что нашло отражение в действующем проекте III очереди (**рис. 2**).

Развитие горных работ по новой транспортной схеме

В работе «Обоснование инвестиций по увеличению производственных мощностей комбината с применением новых технологий при добыче и переработке железистых кварцитов» (2011 г.), выполненной ВИОГЕМ с активным участием специалистов Лебе-

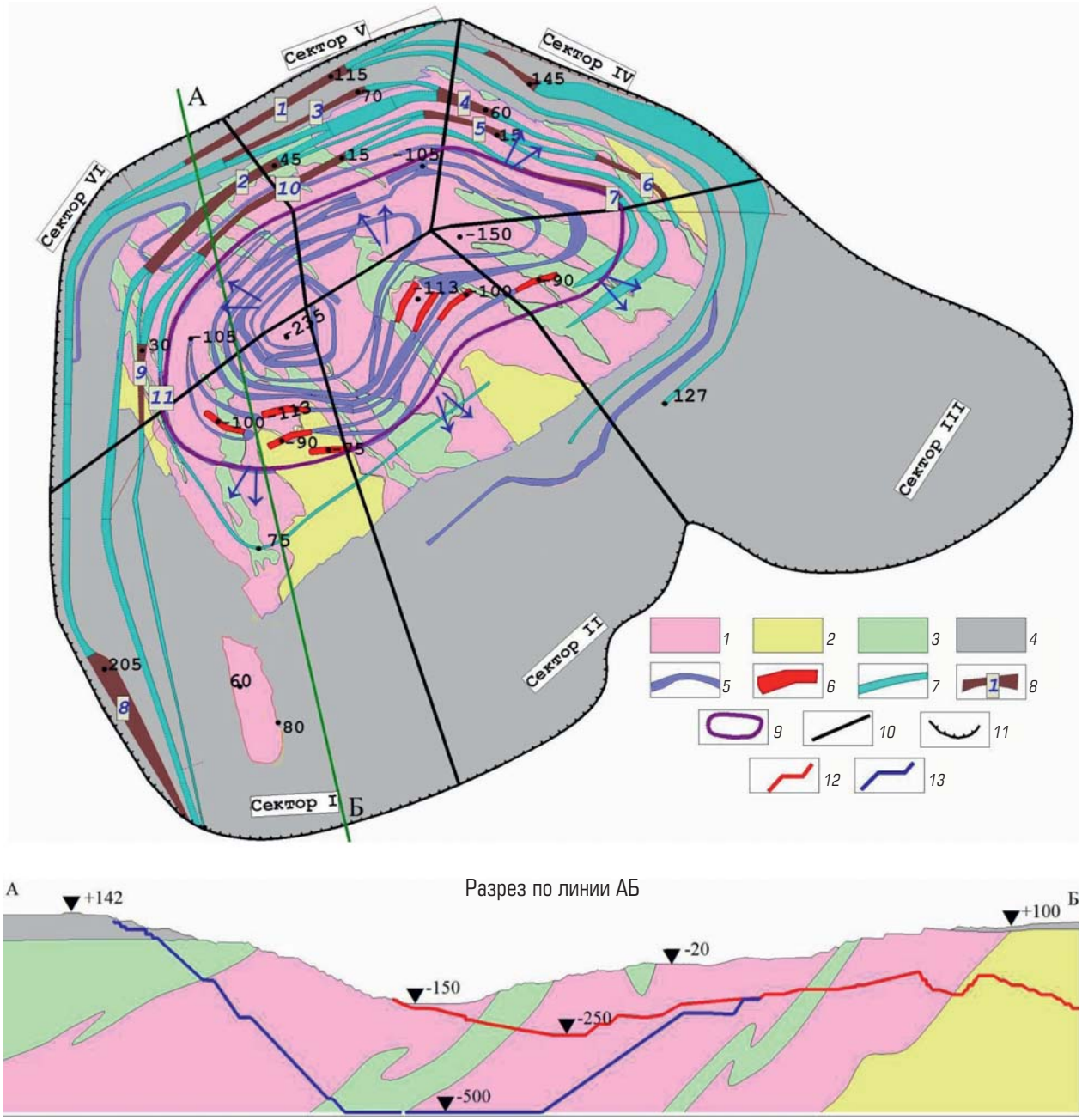

Рис. 1. Транспортная схема, зона углубки и сектора развития горных работ в карьере Лебединского ГОКа по состоянию на 01.01.2017:
1 – железистые кварциты; *2* – кварцитопесчаники; *3* – сланцы; *4* – породы осадочного чехла (рыхлая вскрыша); *5* – автомобильные дороги; *6* – перегрузочные пункты; *7* – ж.-д. пути; *8* – ж.-д. станции (***1*** – Северная, ***2*** – Кварцитная, ***3*** – Пост 82 м, ***4*** – Рудная, ***5*** – Скальная, ***6*** – Пост 30 м, ***7*** – Станция 45 м, ***8*** – Узловая, ***9*** – Западная, ***10*** – Горная, ***11*** – Станция –30 м); *9* – зона углубки карьера; *10* – границы секторов горных работ (стрелкой показано направление их развития); *11* – граница проектного карьера по земной поверхности; *12*, *13* – проектный и перспективный контуры карьера на разрезе соответственно

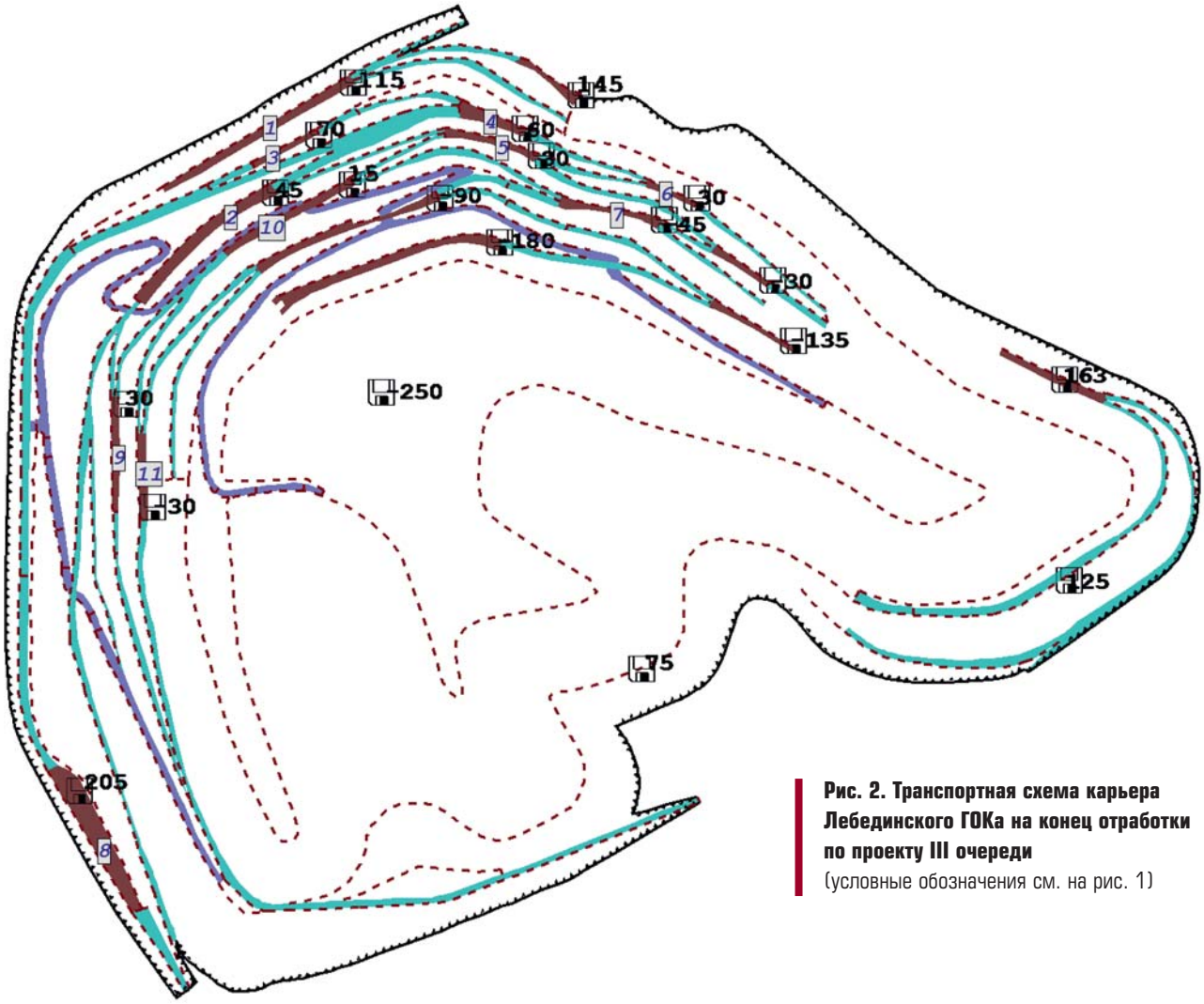

Рис. 2. Транспортная схема карьера Лебединского ГОКа на конец отработки по проекту III очереди
(условные обозначения см. на рис. 1)

динского ГОКа, была достаточно аргументированно показана реальность углубки существующего карьера до отметки –500 м с увеличением годовой добычи руды на основе модернизации транспортной схемы при условии инженерно-геологического и геолого-структурного обоснования предельных углов наклона и параметров конструктивных элементов бортов глубокого карьера [1–9].

В процессе начатой ВИОГЕМ в 2012 г. разработки «ТЭО постоянных разведочных кондиций Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений» такое обоснование было сделано, и, в соответствии с контуром перспективного карьера глубиной до отметки –500 м, дана оценка балансовых запасов железистых кварцитов. По состоянию на 01.01.2017 г. они составили 5197,4 млн т, в том числе 3597,4 млн т до горизонта –250 м и 1600 млн т в остальной части карьера до отметки –500 м. Согласно разработанному в ТЭО календарному графику продолжительность работы карьера определена в 130 лет.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт открытой разработки рудных месторождений [10–16], наиболее перспективным направлением дальнейшего развития транспортной системы в карьере Лебединского ГОКа является переход на циклично-поточную технологию (ЦПТ) по автомобильно-конвейерной схеме при условии размещения конвейерных линий на бортах карьера. По этой технологии также возможно транспортирование горных пород для производства щебня, а основная часть скальных и рыхлых пород вскрыши будет вывозиться существенно сокращенным по сравнению с имеющимся на сегодня ж.-д. транспортом.

Для выбора оптимальной позиции бортовых конвейерных линий были рассмотрены четыре возможных варианта их размещения по периметру карьера при условии, что во всех из них приняты два комплекса таких линий с общей годовой производительностью по руде не менее 55 млн т.

Первый вариант предусматривает размещение в северной части карьера на месте строительства ж.-д. станции (горизонт –75 м) двух дробильных комплексов в подземном исполнении, что позволит оптимизировать вывоз руды с указанного и расположенных ниже его горизонтов, а также ликвидировать перегрузочные площадки, консервирующие вскрытые запасы руды. Сравнительно с существующей транспортной схемой, по которой руда автотранспортом вывозится на перегрузочные площадки (горизонт –15 м), высота подъема руды уменьшится на 60 м, а дальность перевозки на 0,5 км при сокращении потребности в само-

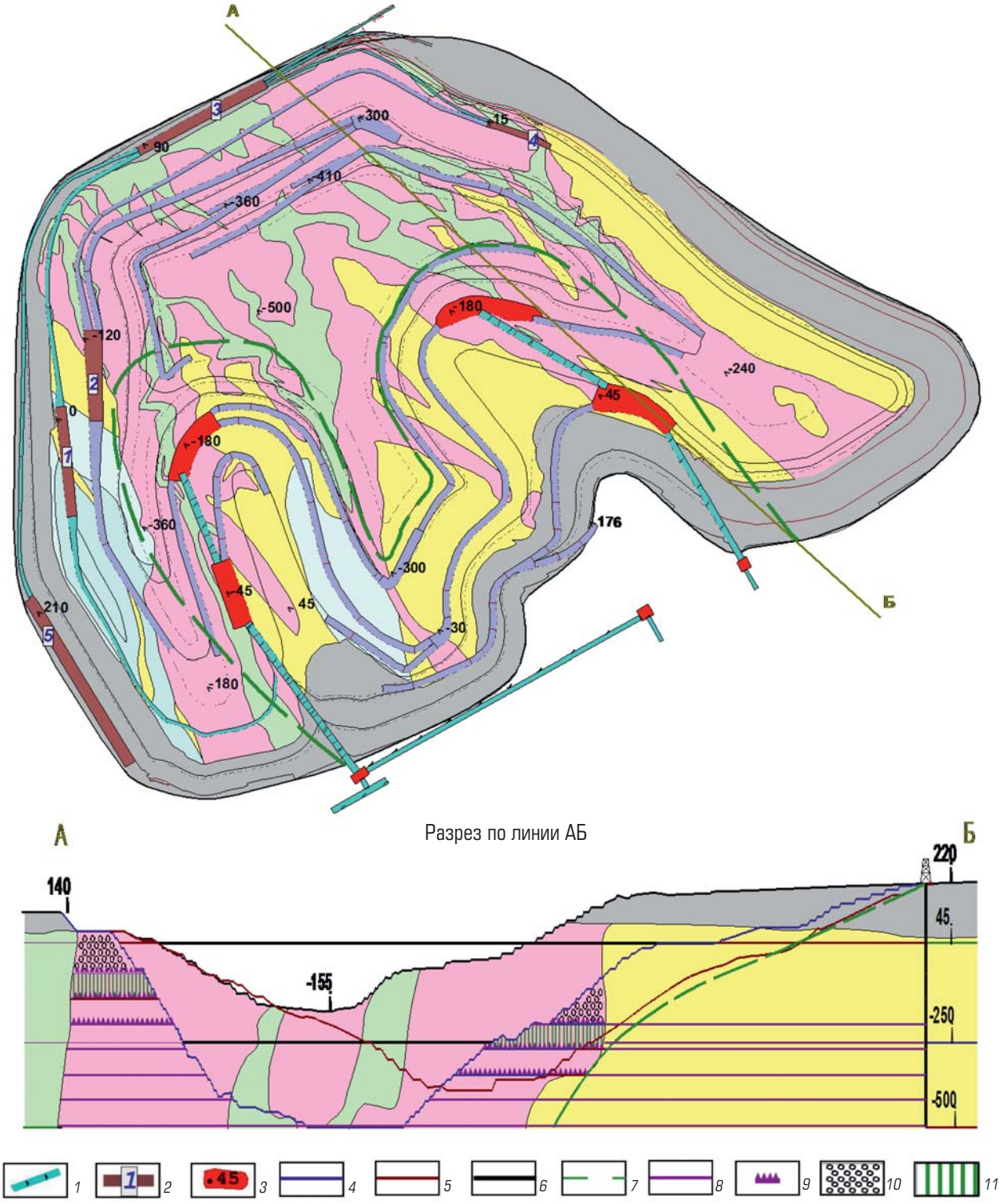

Рис. 3. Схематичный план перспективного карьера на конец отработки Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений железистых кварцитов до отметки –500 м:

1 – конвейерные линии; *2* – ж.-д. станции (***1*** – Западная, ***2*** – Кварцитная, ***3*** – Северная, ***4*** – Восточная, ***5*** – Узловая); *3* – перегрузочные пункты и их высотные отметки; *4* – перспективный карьер; *5* – карьер III очереди; *6* – шахтный ствол; *7* – граница зоны охранного целика; *8* – подземные выработки; *9* – выработки выпуска руды; *10* – отбитая руда; *11* – взрывные скважины. Остальные условные обозначения см. на рис. 1

Внутрикарьерный перегрузочный пункт

свалах на 7–8 единиц. Однако при этом в северном борту карьера сохраняется консервация запасов руды, вследствие чего появляется необходимость транспортирования конвейером добытой руды на большие расстояния через все карьерное поле.

Второй вариант (размещение ЦПТ в западной и восточной частях карьера) посчитан неприемлемым, поскольку приводит к увеличению средневзвешенной дальности перевозки горной массы автотранспортом по сравнению с северным вариантом на 0,8–1 км, потребует строительства конвейерных линий, пересекающих существующие транспортные коммуникации; вариант отклонен и из-за большой протяженности конвейерных линий по поверхности для доставки руды на обогатительную фабрику.

Третий (южный) вариант размещения ЦПТ характеризуется значительно меньшим, чем вышеупомянутые варианты, расстоянием до обогатительной фабрики. Кроме того, он позволяет задействовать одну из конвейерных линий для транспортирования скальных пород на отвалы и обеспечить отработку Южно-Лебединской рудной залежи с выполнением незначительного объема горно-капитальных работ, поскольку верхние горизонты борта карьера в районе этой залежи находятся практически в конечном положении.

Четвертый (юго-восточный) вариант так же, как и предыдущий, имеет стратегическое значение, особенно для отработки Стойло-Лебединской залежи, и по сравнению с ним характеризуется более близким расстоянием от конвейерной линии до обогатительной фабрики.

В данной ситуации наиболее перспективной была признана комбинация двух последних вариантов с размещением транспортных линий (южной и юго-восточной) двухэтажной конструкции в соответствии с очередностью их строительства: на участке I очереди от поверхности до горизонта –45 м (юг) и +45 м (юго-восток), а II очереди – до –180 м по обеим линиям (**рис. 3**). Двухэтажная конструкция линий ЦПТ позволит охватить автомобильным транспортом фронт горных работ в диапазоне от –500 до +45 м. При этом расположение конвейерных линий и корпусов крупного дробления (ККД) между рудными залежами на антиклиналях, сложенных скальными породами, позволит существенно сократить консервацию запасов руды в южном и юго-восточном направлениях. Перераспределение транспортного потока на юг – юго-восток создает условия для расконсервации запасов руды в северной зоне карьера (сектора IV–VI, см. рис. 1) и планомерного строительства транспортной сети, распределенной в пространстве карьера по секторам в плане и на глубину.

На первом этапе оформляется восточный борт Южно-Лебединской залежи под строительство верхней части I очереди ЦПТ. В настоящее время этот участок карьера практически свободен от вскрыши. Современные транспортные коммуникации обеспечат организацию строительства основания под трассу конвейера и создание площадки под строительство ККД-1 без приостановки добычи в рабочей зоне карьера. Незначительный объем горно-капитальных работ позволит за 3 года построить конвейерный комплекс и в течение года запустить его в работу.

К этому времени будет исчерпана вместимость отвала рыхлой вскрыши и утратит значение ж.-д. схема транспортирования горной массы через станцию Северная. Ввод в эксплуатацию I очереди южного комплекса ЦПТ снизит нагрузку на ж.-д. транспорт, в результате чего на втором этапе можно будет начать строительство ст. Северная на новом месте, переместив с горизонта +115 м на горизонт +90 м в пространстве между ее актуальной позицией и постом 82 м. Через ст. Северная в новом ее положении будет направлен грузопоток перегона Рудный и поста 82 м на ст. Рудная, что позволит освободить от ж.-д. коммуникаций пространство на северном борту карьера между ст. Северная и ст. Кварцитная, а затем, по мере развития конвейерного транспорта, выполнить перенос и ст. Кварцитная. Переустройство ж.-д. схемы на верхних горизонтах северного борта карьера и связанная с ним расконсервация вскрытых запасов северной части Центральной залежи Лебединского месторождения создаст активную добычную зону в северном и северо-западном направлениях на период развития карьера до горизонта –500 м.

Применение открыто-подземного способа отработки на стадии дальнейшей углубки карьера авторы статьи считают необоснованным, так как карьер на ближайшие 133 года обеспечен запасами железистых кварцитов. Только после ликвидации железнодорожной транспортной схемы, в связи с углубкой карьера и полным переходом на автомобильно-конвейерный способ доставки руды на обогатительную фабрику, возникнет возможность доработки запасов за бортами карьера в западном, восточном и северном направлениях. Южное направление будет закрыто охранными целиками, которые необходимы для безопасной эксплуатации конвейерных линий. При наличии автомобильно-конвейерной транспортной схемы, позволяющей охватить все горизонты карьера от +45 до –500 м, доработку запасов за бортами карьера целесообразно осуществить штольневым методом, используя для стартовой проходки уступы карьера. Для подземной отработки запасов возможно будет принять схему непрерывного этажного панельного принудительного обрушения с открытым очистным пространством. Высоту этажа целесообразно принять равной

60 или 75 м в соответствии с параметрами уступов карьера. Выпуск руды рекомендуется осуществлять под предохранительной подушкой; на верхних этажах она будет рудной и постепенно с глубиной будет заменена на породную за счет скальных вскрышных пород. После достижения карьером, а в последующем и отработкой запасов за бортами карьера до отметки –500 м, циклично-поточная схема транспортирования руды будет развиваться на нижние горизонты в подземном исполнении конвейеров и появится возможность доработки запасов в охранных целиках под конвейерной транспортной схемой.

Заключение

1. Сформированная на сегодня железнодорожно-автомобильная транспортная сеть при углублении карьера ниже проектной отметки –250 м делает недоступным для открытой добычи около 1 млрд т руды в северном его борту.

2. Структурные и инженерно-геологические особенности породного массива позволяют в существующих границах карьера по поверхности увеличить крутизну северного борта, выбрав его запасы, углубить карьер до отметки –500 м и тем самым в сумме вовлечь в открытую разработку не менее 5 млрд т руды, продлить срок службы карьера на 100 с лишним лет.

3. Условием достижения указанных показателей по добыче руды является переход карьера на циклично-поточную технологию по автомобильно-конвейерной схеме с размещением на южном и юго-восточном его бортах двух конвейерных подъемников производительностью по 20 млн т руды каждый. Параллельно необходимо провести переустройство ж.-д. транспортной схемы с уменьшением занимаемой ею площади на северном борту карьера, что обеспечит расконсервацию расположенных здесь запасов руды и активную их добычу.

4. Доработку запасов за бортами карьера предлагается осуществить штольневым методом с выдачей руды на обогатительную фабрику по автомобильно-конвейерному тракту. Для подземной добычи рекомендуется применить схему этажного принудительного обрушения с выпуском руды под предохранительной подушкой.

Библиографический список

См. англ. блок. ГЖ

«GORNYI ZHURNAL», 2017, № 5, pp. 90–95
DOI: 10.17580/gzh.2017.05.21

Prospects for using ferruginous quartzite reserves of Lebedinskoe and Stoilo-Lebedinskoe deposits

Information about authors
O. Yu. Mikhailov[1], Managing Director
V. D. Gorbatenko[1], Chief Geologist, gorbatenko_v_d@lebgok.ru
V. I. Grigoriev[1], Leading Specialist, Candidate of Geologo-Mineralogical Sciences
S. S. Seryi[2], Acting Chief Executive Officer, Candidate of Engineering Sciences
[1] JSC Lebedinsky GOK, Gubkin, Russia
[2] VIOGEM, Belgorod, Russia

Abstract
The raw ore supply base of Lebedinsky GOK (Mining and Processing Plant) is composed of ferruginous quartzite reserves of Lebedinskoe and Stoilo-Lebedinskoe deposit that make a whole geological entity developed by a single open pit mine. The reserves were explored down to the level of 500 m (more than 600 m below the ground surface) but the profitable reserves were only approved down to the level of 250 m in 1984; these reserves made the ground for the actual open pit mining project.
At the present day, the open pit mine has reached the project depth, and it is of the current concern to hit deeper levels. The factor constraining sustainability of the annual production output gained by the open pit mine (53.7 Mt) whilst going deeper is the existing transporation circuit: dump trucks in the lower work area of the open pit mine–internal stockpiles – railway transportation to the ground surface.
The main transportation routes are arranged on the northern pitwall, which makes 1 Bt of ore reserves abandoned. The objective is to transfer the open pit mine to a new transportation circuit and to advance mining operations toward the northern pitwall.
VIOGEM research institution (Belgorod) in cooperation with the staff of Lebedinsky GOK have studied feasibility of deepening the open pit mine down to the level of 500 m from the two viewpoints: rock mass stability and new transportation circuit capacity. The latter is based on the cyclical-and-continuous transportation of ore from the open pit mine using two elevating conveyors equipped with internal crushing units on the southern pitwall.
Deepening of the open pit mine down to the mentioned level will add not less than 5 Mt of ore reserves, extend the open pit mine life by more than 100 years and will allow the open pit mine to reach the production output of 80 Mt yearly by 2057.

Keywords: Lebedinskoe and Stoilo-Lebedinskoe deposits, ferruginous quartzite, promising open pit mine, mining depth, cyclical-and-continuous technology, transportation circuit.

References

1. Nikolaev K. P. Modern history of iron ore industry on the territory of Russia and neighbouring states. Moscow : Master, 2015. 320 p.
2. Tentative classification of rocks by the fracturing grade in massif. Moscow : IGD AN SSSR. 1968. 30 p.
3. Theoretical basis of engineering geology. Mechanical and mathematical basis. Ed.: E. M. Sergeev. Moscow : Nedra, 1986. 254 p.
4. Popov V. N., Shpakov P. S., Yunakov Yu. L. Control of pit slope stability. Moscow : MGGU, Izdatelstvo Gornaya kniga, 2008. 683 p.
5. Galustyan E. L. Geomechanics of open-cast mining: reference. Moscow : Nedra, 1992. 272 p.
6. Methodical regulations for definition of edge slopes, high walls and dumps of constructed and exploited open pits. Leningrad, VNIMI, 1972. 165 p.
7. Regulations of technological design of open cast mining enterprises of ferrous metallurgy. Leningrad : Giproruda, Minchermet SSSR, 1986. 261 p.
8. Trubetskoy K. N., Krasnyanskiy G. L., Khronin V. V., Kovalenko V. S. Open pit design : tutorial. Third edition, revised. Moscow : Vysshaya shkola, 2009. 694 p.
9. Read J., Stacey P. Guidelines for Open pit slope design. Translated from English. Ekaterinburg: Pravoved, 2015. 544 p.
10. Drebenshtedt K., Ritter R., Suprun V. I., Agafonov Yu. G. Cyclical-and-continuous method and in-pit crushing operation experience in the world. *Gornyi Zhurnal.* 2015. No. 11. pp. 81–87.
11. Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Increasing of economic efficiency of open-cast. *Gornyi Zhurnal.* 2012. No. 6. pp. 56–65.
12. SME mining engineering handbook. 3d. ed. Ed. by P. Darling. Publ. : Socienty for Mining, Metallurgy and Exploration, 2011. 1912 p.
13. Londono J. G., Knights P., Kizil M. Review of In-Pit Crusher Conveyor Application. *Australian Mining Technology Conference, 8–10 October 2012.* pp. 63–82.
14. Yasyuchenya S. V., Opanasenko P. I., Isaychenkov A. V., Rybak L. V., Burtsev S. V. et al. Problems and prospcets of cyclical-and-continuous method during the open-cast mining of coal and ore deposits. *Ratsionalnoe osvoenie nedr.* 2014. No. 3. pp. 52–60.
15. Agafonov Y., Suprun V., Pastikhin D., Radchenko R. Problems and prospects of cyclic-and-continuous technology in development of large ore-and coalfields. *Proceeding of the 12th International Symposium Continuous Surface Mining.* Aachen : Springer, 2014. pp. 437–445.
16. Reshetnyak S. P. Prospects of cnveyor ore transportation on open pits. *Gornaya tekhnika. Katalog-spravochnik.* 2015. No. 1 (15). pp. 52–59.