

УДК 622.271.32.013.3

**В.Н. Калмыков, С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров,  
А.А. Гоготин, О.В. Петрова, Н.Г. Томилина**

## **ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПЕРЕХОДА С ОТКРЫТОГО НА ПОДЗЕМНЫЙ СПОСОБ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛЫЙ КУЙБАС**

*Рассмотрена актуальная проблема выбора схемы вскрытия карьера Малый Куйбас при доработке комбинированным открыто-подземным способом. Авторами предлагается изменение способа вскрытия карьера в с учетом дальнейшей доработки месторождения подземным способом.*

*Ключевые слова: комбинированный открыто-подземный способ разработки, технологические схемы, конвейерный подъемник, скиповой подъемник.*

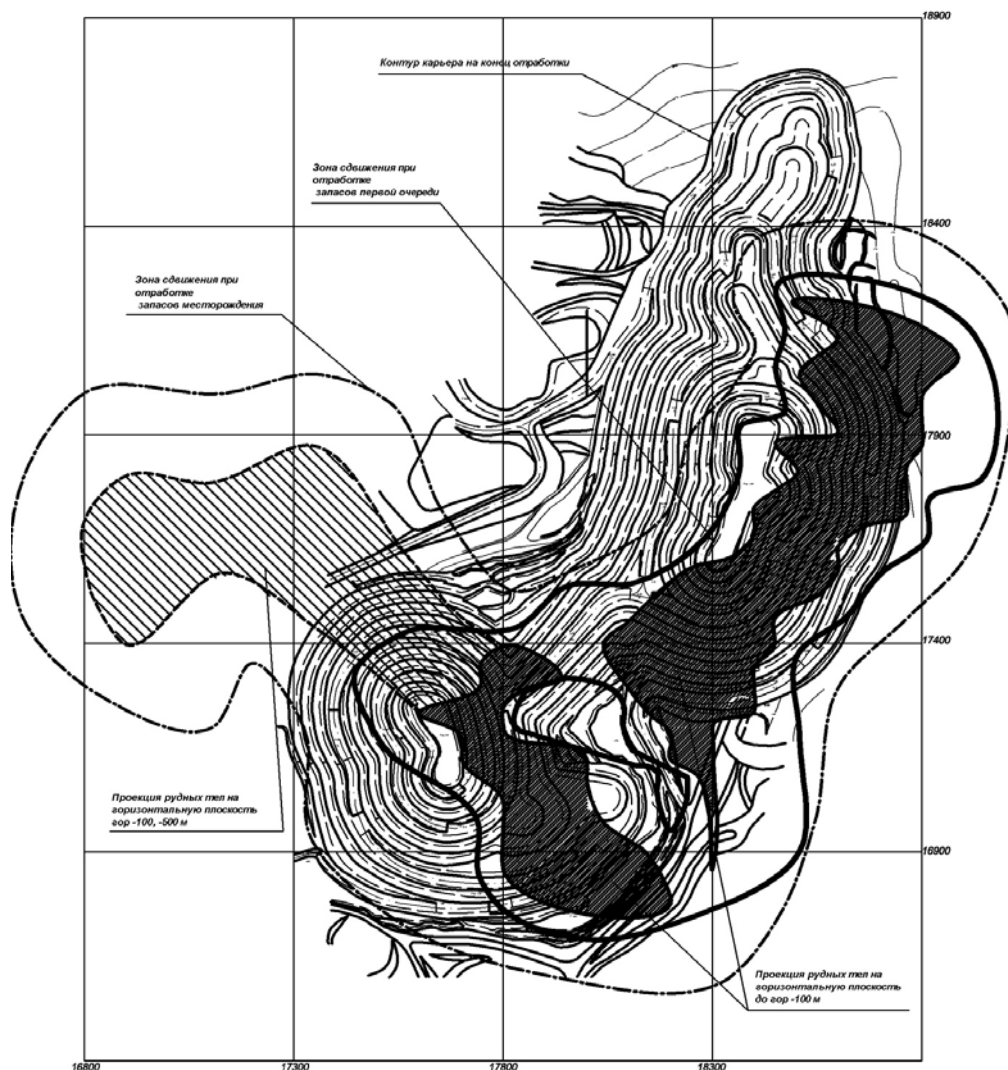
---

**В** настоящее время ОАО «ММК» использует преимущественно привозное железорудное сырье, цена на которое значительно возросла за последние годы. Соответственно развитие собственной железорудной базы должно оставаться одним из приоритетных направлений развития предприятия.

Большую часть собственного железорудного сырья ОАО «ММК» добывает на карьере Малый Куйбас. Согласно проекту на разработку месторождения, отработка запасов железных руд на месторождении открытым способом предусмотрена до 2023 года. В тоже время эксплуатационная разведка, выполненная на месторождении, показала наличие запасов полезного ископаемого за проектными контурами карьера, ниже дна карьера до отм. -100 м и южнее карьера до отм -540 м, которые по предварительной оценке составляют более 70 млн т с перспективой доразведки запасов в северной части месторождения. Осуществлять

добычу руды за проектными контурами карьера открытым способом не представляется возможным. Расширение контуров карьера по поверхности осложняется наличием существующих отвалов вскрышных пород, которые расположены практически по всему периметру карьера. Поэтому своевременное строительство и ввод в эксплуатацию подземного рудника для отработки запасов железных руд месторождения Малый Куйбас за контурами карьера позволят стабильно обеспечивать более 10 % потребности ОАО «ММК» в руде.

В связи с этим были выполнены исследования по выбору технологических схем доработки месторождения «Малый Куйбас» комбинированным способом. В ходе исследований производительность открытого и подземного рудника была принята равной существующей проектной производительности карьера по руде, т.е. до 2,4 млн т/год, а производительность карьера по вскрыше – до 24 млн т/год.



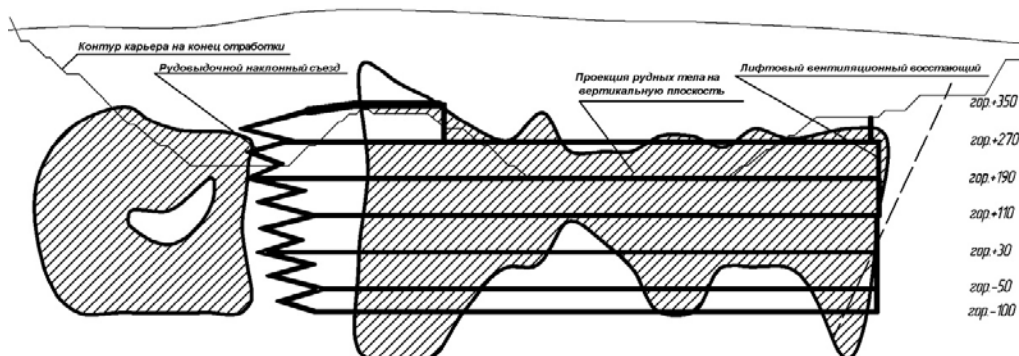
**Рис. 1. Зоны сдвижения при отработке месторождения Малый Куйбас подземным способом**

Разработка запасов железных руд подземным способом возможна системами с обрушением выработанного пространства. При этом большая часть запасов расположена ниже дна карьера и в зону сдвижения попадает практически все выработанное пространство карьера (рис. 1). В тоже время использование выработанного пространства карьеров для вскрытия

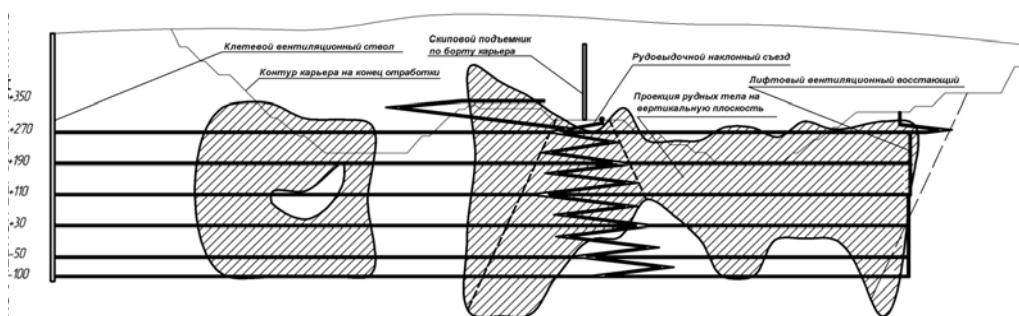
и отработки законтурных запасов позволит значительно сократить сроки и затраты на строительство подземного рудника, что также учитывалось при разработке технологических схем [1].

Вскрытие месторождения на глубину первой ступени осуществляется до гор -100 м.

После построения зоны сдвижения были определены места заложения



**Рис. 2. Схема вскрытия рудовыдочным наклонным съездом, расположенным в центральной части месторождения**



**Рис. 3. Схема вскрытия рудовыдочным наклонным съездом с выдачей рудной массы со дна карьера круто наклонной скиповой установкой**

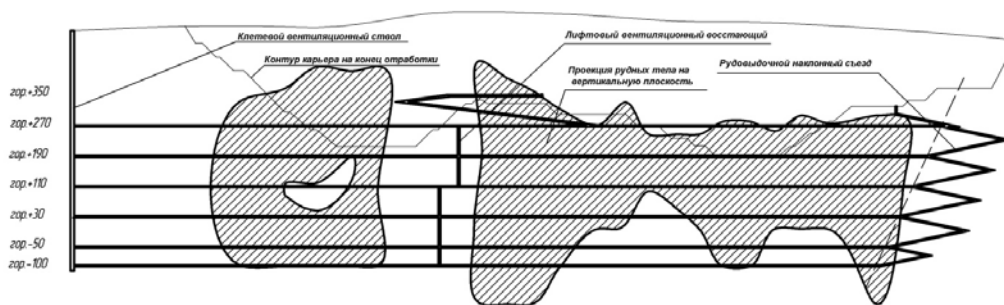
ния вскрывающих выработок. Под эту зону в карьерном пространстве не попадают две площадки — находящиеся в южной и северной части месторождения. Сохранение в целиках системы автомобильных съездов для доставки руды с подземного рудника не представляется возможным, поэтому была рассмотрена возможность строительства крутонаклонного подъемника карьере с оставлением целиков только в зоне его размещения. При этом его строительство планировалось таким образом, чтобы сначала он использовался для доработки карьера, а затем для целей подземного рудника. Исходя из производительности рудников и параметров карьера на конец отработки предложено строительство скипового подъ-

емника с перегрузочной площадкой в центральной части карьера и оставлением охранных целиков для его размещения на борту.

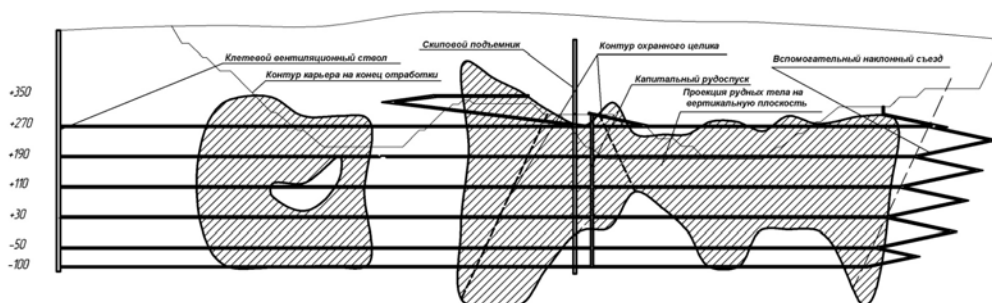
Таким образом, для доработки месторождения Малый Куйбас комбинированным способом были рассмотрены следующие варианты вскрытия запасов первой очереди.

#### *Первый вариант*

Вскрытие осуществляется рудовыдочным наклонным съездом и лифтовыми и вентиляционными восстающими (рис. 2). Данный вариант предполагает оставление охранных целика на юге месторождения, для сохранности системы съездов в карьерном пространстве по которым будет осуществляется выдача горной массы на поверхность. Лифтовые и венти-



**Рис. 4. Схема вскрытия рудовыдачным наклонным съездом расположенным в северной части месторождения**



**Рис. 5. Схема вскрытия рудовыдачным наклонным скиповым стволом**

ляционные восстающие предназначены для обеспечения вентиляции и служат запасными выходами для эвакуации людей.

Отрабатываемые запасы при данном варианте вскрытия составят 25,9 млн т.

#### Второй вариант

Вскрытие осуществляется рудовыдачным наклонным съездом, лифтовыми и вентиляционными восстающими в северной части и вертикальным стволом — в южной (рис. 3). Главный рудовыдачный наклонный съезд, расположенный в центральной части карьера, предназначен для выдачи рудной массы на перегрузочную площадку скипового подъема от м. 310. Данная схема так же предусматривает наклонный съезд до горизонта +310 пройденный в северной части карьера и обходную выработку

для доставки оборудования и материалов на площадку скипового подъема. Ниже горизонта +310 проходит каскад лифтовых восстающих. Вспомогательный ствол предназначен для вентиляции и эвакуации людей в случае аварии.

Для сохранения скипового подъёмника и площадки для перегрузки рудной массы в скип требуется оставление охранных целиков в центре месторождения. Отрабатываемые запасы с учетом оставления целиков составят 31,2 млн т.

#### Третий вариант

Вскрытие осуществляется наклонным рудовыдачным съездом на севере месторождения, лифтовыми и вентиляционными восстающими в центральной его части, а также вспомогательным стволом на юге (рис. 4).

При данном варианте вскрытии оставление охранных целиков не требуется, запасы отрабатываются полностью и составят 39,4 млн т. Однако выдача рудной массы осуществляется по наклонному съезду расположенному в северной части карьера, а рудный склад на его южном борту, что повлечет за собой значительное увеличение затрат на транспортировку полезного ископаемого.

#### *Четвертый вариант*

Данный вариант вскрытия запасов месторождения аналогичен второму за исключением заглабления скипового подъема до гор. -100 м, строительства капитальных рудоспусков для перепуска полезного ископаемого до данного горизонта и проходки наклонного съезда в северной части месторождения для вентиляции, спуска и подъема оборудования, материалов (рис. 5).

Для сохранения скипового подъемника потребуется оставление охранных целика в центре месторождения. Отрабатываемые запасы с учетом оставления целиков составят 31,2 млн т.

Доработка запасов месторождения возможна подземным способом без использования выработанного пространства карьера.

Вскрытие осуществляется четырьмя вертикальными стволами, главный рудовыдачный ствол со скипо-клетевым подъемом, вспомогательный воздухоподающий ствол – с клетевым подъемом, два вентиляционных – с клетевым подъемом (рис. 6).

Схема вскрытия – диагональная, главный и вспомогательный стволы располагаются в центре, вентиляционные – по флангам шахтного поля.

При данном варианте вскрытии оставление охранных целиков не тре-

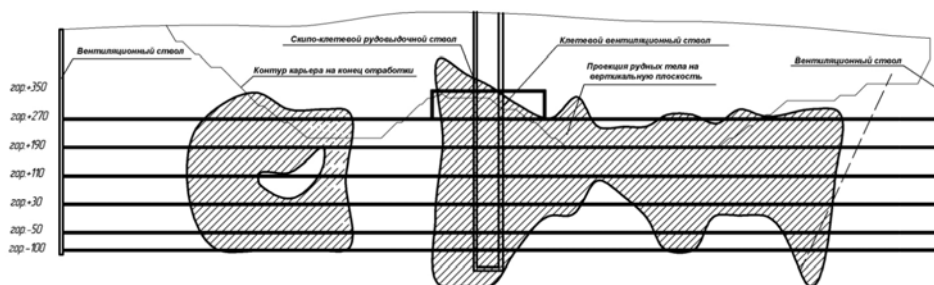
буется, запасы отрабатываются полностью и составят 39,4 млн т.

Несмотря на то, что данная технологическая схема позволит полностью доработать запасы месторождения срок строительства рудника, как показывает практика, будет не менее 6—8 лет, в зависимости от количества проходческих забоев и применяемых комплексов механизации при строительстве вертикальных выработок, что вызовет разрыв в добычи полезного ископаемого. Избежать такого исхода можно при комбинации первого и последнего вариантов (рис. 7).

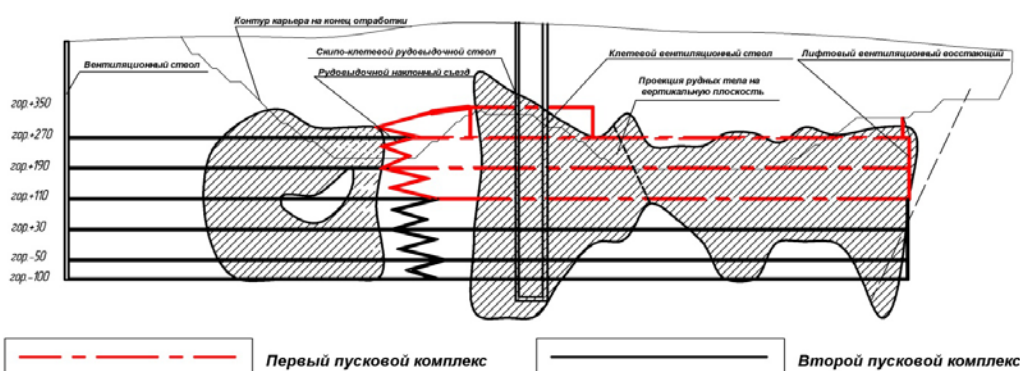
Первый пусковой комплекс в данной технологической схеме включает в себя рудовыдачный наклонный съезд пройденный до гор +100 м в центральной части карьера и лифтовый и вентиляционный восстающие — в северной, что позволит в сократить срок строительства и начать добычу в кратчайшие сроки.

Второй пусковой комплекс предусматривает строительство вертикальных стволов и доработку запасов месторождения без оставления охранных целиков. Ввод в работу схемы с вертикальными стволами должен производиться в момент доработки запасов первого пускового комплекса, что предотвратит разрыв в добыче полезного ископаемого.

Для рассматриваемых технологических схем были выбраны комплексы технологического оборудования, разработаны графики строительства рудника и произведен расчет технико-экономических показателей. При выборе комплексов механизации подземных горных работ основной целью было обеспечение заданной производительности рудника при минимизации капитальных и эксплуатационных затрат. В ходе выполненных исследо-



**Рис. 6. Схема вскрытия рудовыдочным вертикальным стволом**



**Рис. 7. Симбиоз схемы вскрытия вертикальными стволами и наклонным съездом со дна карьера**

ваний было установлено, что достичь заданной годовой производственной мощности (2,4 млн т./год) при минимальном сечении выработок исходя из условий вентиляции, возможно только при использовании крупногабаритной, высокопроизводительной самоходной техники, например автосамосвалов Sandvik TH680 грузоподъемностью — 80 т и ПДМ TORO 0011 грузоподъемностью 21 т. Результаты расчета показателей эффективности по вариантам комбинированной доработки месторождения Малый Куйбас представлены в табл. 1.

Применение разработанных технологических схем при комбинированной разработке месторождения Малый Куйбас может быть реализовано по следующим вариантам:

- последовательная открытая и подземная разработка. При этом подземный рудник строится и вводится в эксплуатацию после окончания открытых горных работ в карьере. Серьезным недостатком такого варианта будет то, что во время строительства подземного рудника руда на месторождении Малый Куйбас добываться не будет.

- параллельная открытая и подземная разработка может быть реализована таким образом, чтобы в период доработки карьера осуществлялось строительство подземного рудника и к моменту окончания горных работ подземный рудник вышел на полную производственную мощность, при этом будет обеспечена постоянная, «безразрывная», производительность

**Показателей эффективности по вариантам комбинированной доработки месторождения Малый Куйбас**

Показатель	Варианты технологических схем доработки запасов месторождения Малый Куйбас подземным способом					
	Вскрытие наклонным съездом, расположенным в центральной части с выдачей рудной массы из карьера автосамосвалами	Вскрытие наклонным съездом с выдачей рудной массы из карьера скиповым подъемником	Вскрытие наклонным съездом, расположенным в центральной части с выдачей рудной массы из карьера автосамосвалами	Вскрытие наклонным скиповым стволом с выдачей руды из карьера скиповым подъемником	Вскрытие вертикальными стволами	Вскрытие вертикальными стволами и наклонным съездом с выдачей руды через скиповой ствол
Вовлекаемые запасы в отработку, млн т	25,9	31,2	39,4	31,2	39,4	39,4
Срок освоения запасов, лет	11	13	16,5	13	16,5	16,5
Чистая текущая стоимость проекта (при ставке дисконта 15 %), млн р.	1110,92	-166,53	-118,08	190,73	-289,36	919,63
Внутренняя норма прибыли, %	27	14	14	17	14	22
Простой срок окупаемости, лет	7	10	11	12	12	8
Дисконтированный срок окупаемости, лет	9	-	-	16	-	13
Индекс прибыльности, дол. ед	0,15	-	-	0,02	-	0,10

по руде с месторождения в 2,4 млн т/год, либо подземный рудник может быть построен и введен в эксплуатацию в период разработки открытым способом, при таком варианте возможно обеспечение рудой с месторождения до 4,8 млн т/год (2,4 млн т/год с открытого рудника и 2,4 млн т/год с подземного).

При выборе варианта доработки месторождения также необходимо учитывать затраты времени на проектирование объекта и прохождение проектной документацией всех необходимых экспертиз и согласований.


По результатам выполненных исследований следует отметить невысокую инвестиционную привлекательность эффективных вариантов подземной доработки запасов месторождения Малый Куйбас, о чем свидетельствуют значения внутренней нор-

мы прибыли 17 %, 22 % и 27 %, а также значения индекса прибыльности меньше единицы. Себестоимость добычи руды по эффективному варианту вскрытия запасов наклонным съездом, расположенным в центральной части месторождения, определена на уровне 600 р./т. Своевременное строительство вертикальных стволов позволит использовать преимущества подземного скипового подъема и обеспечит прогнозируемое снижение себестоимости добычи до 500 р./т. В дальнейшем существующие подземные выработки и коммуникации возможно использовать для отработки разведываемых в настоящее время запасов ниже горизонта -100 м. С этой точки зрения, перспективность развития подземного способа добычи на месторождении Малый Куйбас с использованием технологической схемы 6 очевидна.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Томила Н.Г. Обоснование факторов, обуславливающих применение крутонаклонных

подъемников при комбинированном способе разработки месторождений, // Вестник МГТУ. – 2012. — № 4. – С. 5-10. 

---

#### КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Калмыков Вячеслав Николаевич — доктор технических наук, профессор, [prmpi@mgma.mgn.ru](mailto:prmpi@mgma.mgn.ru),  
Гавришев Сергей Евгеньевич — доктор технических наук, профессор, [ormpi-cg@mail.ru](mailto:ormpi-cg@mail.ru),  
Бурмистров Константин Владимирович — кандидат технических наук, доцент, [burmistrov\\_kv@mail.ru](mailto:burmistrov_kv@mail.ru),  
Гоготин Алексей Анатольевич — кандидат технических наук, старший преподаватель, [gogotin@rambler.ru](mailto:gogotin@rambler.ru),  
Петрова Ольга Викторовна — кандидат технических наук, доцент, [prmpi@mgma.mgn.ru](mailto:prmpi@mgma.mgn.ru),  
Томила Нурия Гумаровна — учебный мастер, [t.nuria@yandex.ru](mailto:t.nuria@yandex.ru),  
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.

