

УДК 622.61.67 : 553.411

Соломеин Юрий Михайлович

младший научный сотрудник
лаборатории подземной геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: geotech@igduran.ru.

Антипин Юрий Георгиевич

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории подземной геотехнологии,
Институт горного дела УрО РАН

**КОМБИНИРОВАННАЯ СХЕМА
ТРАНСПОРТА И ДОСТАВКИ ГОРНОЙ
МАССЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ
ВЕТРЕНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ****Аннотация:*

В результате пересмотра кондиций Ветренского золоторудного месторождения актуально вовлечение в эксплуатацию запасов нижних и отработанных ранее верхних этажей. С целью поддержания производственной мощности подземного рудника на уровне 200 тыс. т руды в год разработан комплекс технологических решений по вскрытию, подготовке и очистной выемке. Разработаны схема вскрытия рудника, максимально использующая существующие выработки и позволяющая осуществить своевременный доступ ко всем запасам месторождения, и схемы доставки и транспортирования горной массы от забоя до поверхности с двухступенчатой системой рудоспусков. Установлен рациональный порядок отработки запасов нижней и верхней части месторождения. Установлены составы комплексов самоходного оборудования, обеспечивающие годовой объем проходки горно-капитальных и подготовительно-нарезных выработок, добычи и транспортирования руды с достаточным резервом времени.

Ключевые слова: золоторудное месторождение, вскрытие, комбинированная схема транспортирования, самоходное оборудование

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.02.049

Solomein Yuri M.

Junior Research Worker
of the Laboratory of Underground Geotechnology,
Institute of Mining of UB RAS,
620075, Ekaterinburg,
Mamina-Sibiryaka, 58
e-mail: geotech@igduran.ru

Antipin Yuri G.

Candidate of Technical Sciences,
Senior Research Worker
of the Laboratory of Underground Geotechnology,
Institute of Mining of UB RAS

**COMBINED SCHEME OF ORE
TRANSPORTATION AND DELIVERY
BY THE DEVELOPING
OF VETRENSKOYE DEPOSIT***Abstract:*

As a result of the revision of the conditions of Vetrenskoye gold deposit, it is stated as actual the involving into the exploitation of the reserves of the lower and worked out upper floors. In order to maintain the production capacity of the underground mine at the level of 200 thousand tons of ore per a year, a set of technological solutions for opening, preparation and cleaning excavation was developed. A scheme for opening the mine has been developed, which makes maximum use of the existing developments and allowing timely access to all the deposit's reserves, and schemes for delivering and transporting of rock mass from the face to the surface with a two-stage system of ore outlets. A rational procedure for mining reserves of the lower and upper parts of the field has been established. The compositions of mobile equipment complexes have been set, which ensure the annual penetration volume of mining-capital and preparatory-cut workings, extraction and transportation of ore with sufficient time reserve.

Key words: gold deposit, opening, combined transportation scheme, automotive equipment

Подземный рудник «Ветренский», находящийся в 380 км от г. Магадана, разрабатывает золоторудное месторождение в условиях нагорного рельефа земной поверхности и зоны вечной мерзлоты, исключаяющей приток подземных вод в горные выработки. Эксплуатация месторождения подземным способом ведется с 2003 г. Применяемое на руднике самоходное оборудование (СО) – погрузочно-доставочная машина (ПДМ) типа ST2D грузоподъемностью 4 т с емкостью ковша 1,9 м³ и автосамосвалы (А/с)

* Работа выполнена при поддержке Комплексной программы фундаментальных исследований УрО РАН (Проект 18-5-5-10)

PAUSUNI-50-2 грузоподъемностью 10 т с емкостью кузова 6 м³. Основным концентрационным горизонтом для транспортирования добытой руды на поверхность является гор. 665 м. По гор. 665 м через штольню № 11 руда автосамосвалами вывозится на рудный склад, расположенный на рабочей площадке штольни № 11. Особенностью разработки месторождения является большой объем горнопроходческих работ (ГПР), особенно с учетом выработок эксплуатационной разведки.

Исходя из опыта отработки подобных рудных тел [1 – 5] и необходимости вовлечения в эксплуатацию новых участков месторождения (этажей 665/615 м, 980/888 м и 888/840 м), определена производственная мощность рудника по горным возможностям [6, 7] – 200 тыс. т руды в год.

Значительная разбросанность рудных тел, большое количество добычных блоков с небольшими запасами руды, а также изменение схемы транспортирования и проветривания рудника обусловили необходимость модернизации существующей схемы вскрытия и подготовки.

По степени вскрытия и подготовленности запасов к очистной выемке и порядку их отработки месторождение разделено на две части: верхняя (выше гор. 803 м) и нижняя (ниже гор. 803 м). Принципиальная схема вскрытия рудника «Ветренский» представлена на рис. 1. Исходные данные для проектирования – годовые объемы выдаваемой рудником горной массы - представлены в табл. 1.

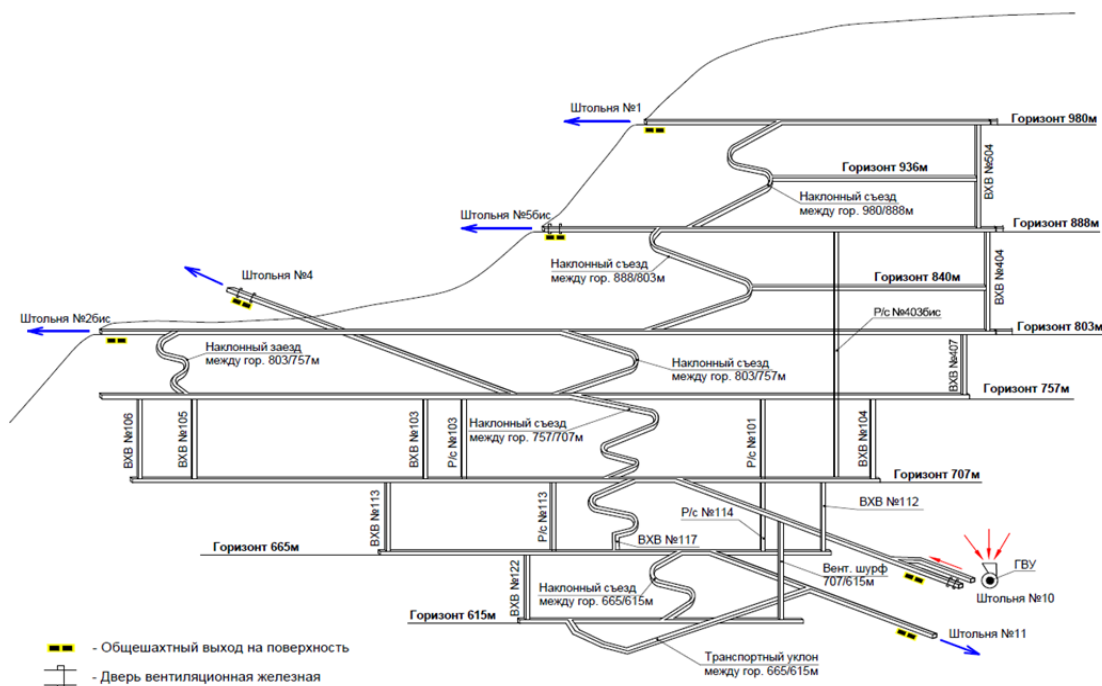


Рис. 1 – Принципиальная схема вскрытия рудника «Ветренский»

Верхние этажи (гор. 980/888 м и 888/803 м) наиболее удаленные, и в сложившихся обстоятельствах имеются два варианта транспортирования руды при их отработке. На основе имеющегося опыта [8] было проведено сравнение этих вариантов. *Вариант 1* предусматривает следующую комбинированную систему транспорта на основе комплекса СО схему транспортирования руды: А/с с погрузкой ПДМ от перегрузочной камеры (ПК) до рудоспуска (р/с) № 403бис → доставка ПДМ от рудоспуска № 403бис до ПК на гор. 707 м → транспортирование А/с от ПК до рудоспуска № 114 по гор. 707 м → спуск А/с на нижележащий горизонт 665 м → транспортирование А/с от рудоспуска № 114 по штольне № 11 на поверхность до рудного склада. Для его реализации необходимо пройти рудоспуски длиной 113 м, условная себестоимость проходки которых принята

равной 2000 руб./м³. При варианте 2 транспортирование руды осуществляется автосамосвалом непосредственно от ПК на поверхность, для чего необходимо пройти 95 м наклонного съезда с условной себестоимостью проходки 1000 руб./м³. Основные показатели по этим вариантам приведены в табл. 2.

Таблица 1

Годовые объемы горнопроходческих и очистных работ в период освоения новых участков месторождения

Показатель	Значение
1. Добыча руды, т	200000
в том числе:	
- очистные работы, т	180299
- подготовительно-нарезные работы, т	19701
2. Подготовительно-нарезные работы, м ³	24184
в том числе:	
- по руде, м ³	7434
- по породе, м ³	16750
3. Горнокапитальные работы, м ³	33067
4. Геологоразведочные работы, м ³	8202
5. Всего породы, м ³	58019
6. Всего горной массы, м ³	133491

Таблица 2

Сравнительные показатели вариантов транспортирования руды

Показатели	вариант 1	вариант 2
1. Объем ГПР проходки выработок, м ³ : - рудоспуск (113 м) - наклонный съезд (95 м)	620 -	- 1093
2. Условная себестоимость проходки ГПР, руб./ м ³	2000	1000
3. Эксплуатационные затраты на проходки ГПР, млн. руб.	1,24	1,093
2. Длина транспортирования руды, м: - А/с - ПДМ	1050 100	3074 -
3. Проектная производительность рудника, т/год:	200000	
4. Расчетная производительность комплекса СО, т/год: - А/с [10, 11] - ПДМ [9]	222876 207328	75336 -
5. Необходимое количество рабочих единиц СО, шт.: - А/с - ПДМ	1 1	3 -
6. Условная себестоимость транспортирования руды: - А/с, руб./т·км - ПДМ, руб./т·км - погрузка из люка, руб./т	100 200 10	100 - -
7. Эксплуатационные затраты на транспортирование руды, млн. руб.	27,0	61,48
8. Суммарные затраты по варианту, млн. руб.	28,4	62,573

*Условная себестоимость принята ориентировочно, по отношению к реальной себестоимости проходки выработок

Сравнение показало, что *вариант 1* значительно (в 2,2 раза) эффективнее *варианта 2*. Применение рудоспусков сокращает как длину транспортирования, так и необходимое количество рабочих единиц самоходной техники.

Технологическая схема перемещения горной массы от забоя до рудоспусков при разработке месторождения принята с учетом следующих условий и факторов:

- проходческие и очистные работы осуществляются с применением СО;
- система разработки подэтажных штреков и подэтажного обрушения с площадным и торцовым выпуском руды;
- рудные тела в этаже отрабатываются от флангов к центру;
- расположение рудного тела в этаже;
- основные горизонты с подэтажными соединены наклонными съездами;
- расстояние доставки и транспортирования изменяется в широком диапазоне – от 50 до 950 м: при расстоянии 50 – 250 м доставку осуществлять ПДМ, а более 250 м – автосамосвалом.

При организации транспортирования породы от проходческих работ учтена возможность размещения части породы в недействующих (выведенных из эксплуатации) выработках. Это позволяет, во-первых, разместить определенный объем вышеуказанных пород в близлежащих выработках, во-вторых, сократить длину доставки пород и использовать для этой цели только ПДМ (без привлечения автосамосвалов).

На рис. 2 приведена принципиальная схема транспортирования горной массы на подземном руднике.

С учетом пространственного положения рудных тел, ступенчатой схемы транспортирования, особенностей организации грузопотоков и годового объема выдаваемой горной массы, для разных участков рудника разработаны семь схем доставки и транспортирования руды и породы из забоя (добычного и проходческого) на поверхность (см. рис. 2):

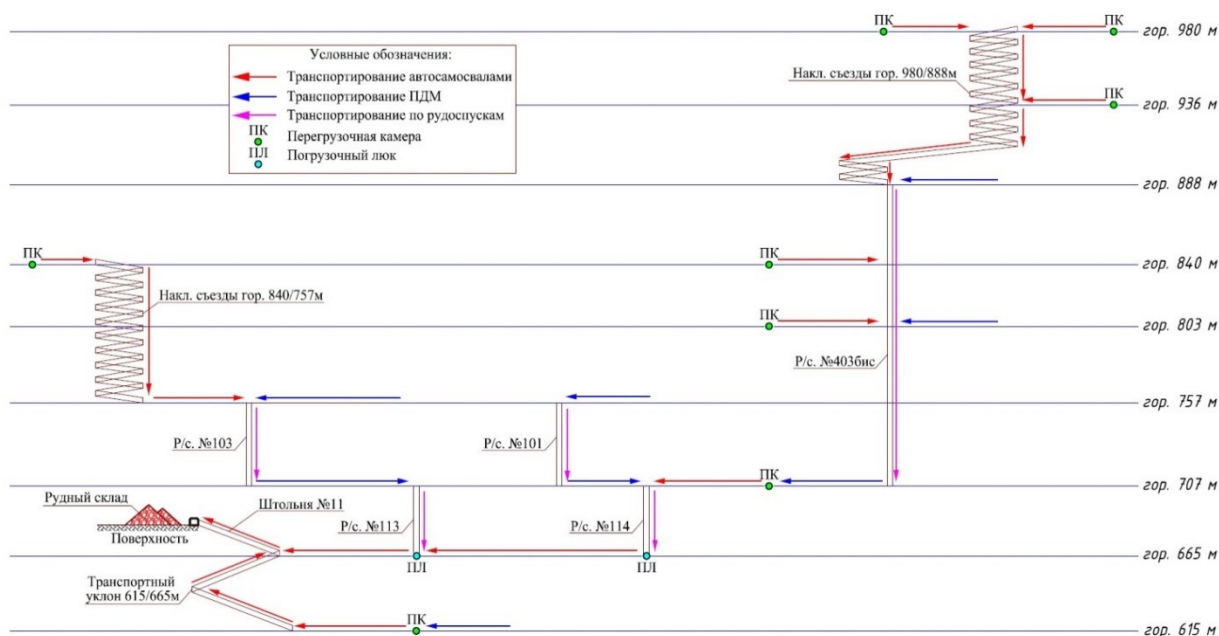


Рис. 2 – Принципиальная схема транспортирования горной массы подземного рудника

1. Доставка горной массы по гор. 803 м ПДМ из забоя до ПК на расстояние 100 – 150 м → транспортирование А/с горной массы с погрузкой ПДМ от ПК по наклонному съезду 803/757 м и гор. 757 м до рудоспуска № 103 на расстояние 450 м → доставка

ПДМ от рудоспуска № 103 до рудоспуска № 113 по гор. 707 м на расстояние 100 м → транспортирование перепускаемой горной массы А/с от рудоспуска № 113 по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 950 м.

2. Доставка горной массы по гор. 757 м ПДМ из забоя к рудоспуску № 103 (или № 101) на расстояние 100 – 150 м → доставка ПДМ перепускаемой горной массы от рудоспуска № 103 (или № 101) до рудоспуска № 113 (или № 114) по гор. 707 м на расстояние 100 м → транспортирование А/с от рудоспуска № 113 (или № 114) по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 950 м.

3. Доставка горной массы по гор. 707 м ПДМ из забоя к рудоспуску № 113 (или № 114) на расстояние 100 – 150 м → транспортирование перепускаемой горной массы А/с от рудоспуска № 113 (или № 114) по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 950 м.

4. Доставка горной массы по гор. 665 м ПДМ из забоя до ПК на расстояние 50 – 100 м → транспортирование А/с горной массы с погрузкой ПДМ от ПК по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 950 м.

5. Доставка горной массы по гор. 640 м ПДМ из забоя на расстояние 50 – 100 м к рудоспуску № 121 → транспортирование А/с с погрузкой ПДМ от рудоспуска № 121 по транспортному уклону гор. 615/665 м и по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 750 м.

6. Доставка горной массы по гор. 980 м, 960 м, 936 м, 916 м и 902 м ПДМ из забоя до ПК на расстояние 50 – 100 м → транспортирование А/с с погрузкой ПДМ от ПК по наклонному съезду гор. 980/888 м до рудоспуска № 403 бис (гор. 888 м) на расстояние 450 м (среднее) → доставка ПДМ от рудоспуска № 403 бис до ПК по гор. 707 м на расстояние 100 м → транспортирование А/с с погрузкой ПДМ от ПК до рудоспуска № 114 по гор. 707 м на расстояние 300 м → транспортирование А/с от рудоспуска № 114 по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 850 м.

7. Доставка горной массы по гор. 860 м, 840 м, 817 м и 803 м ПДМ из забоя до рудоспуска № 403 бис на расстояние 150 м (среднее) → доставка ПДМ до ПК по гор. 707 м на расстояние 100 м → транспортирование А/с с погрузкой ПДМ от ПК по гор. 707 м до рудоспуска № 114 на расстояние 300 м → транспортирование А/с от рудоспуска № 114 по штольне № 11 на поверхность до рудного (или временного породного) склада на расстояние 850 м.

Сменная производительность ПДМ на проходке и очистной выемке определена по [9], исходя из расстояния и схемы доставки с учетом 11-часовой смены: от забоя до ПК – 100 м; от забоя до рудоспуска – 150 – 200 м; от рудоспуска до рудоспуска – 100 м. Сменная и годовая производительности ПДМ приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Сменная и годовая производительность ПДМ
в зависимости от расстояния и схемы доставки**

Производительность ПДМ	Доставка до ПК	Доставка до р/с		Доставка от р/с до р/с
	100 м	150 м	200 м	100 м
Сменная, т/смену	304	267	223	351
Годовая, т/год	207328	182094	152086	239382

Сменная и годовая производительность подземного А/с PAUS UNI-50-2 определена по методике [10, 11], исходя из фактического расстояния транспортирования и способа погрузки для следующих схем: от ПК до рудоспуска – 300 – 450 м; от ПК (с погрузкой ПДМ) на поверхность – 750 и 950 м; от рудоспуска (с погрузкой из люков) на поверхность – 850 и 950 м. Сменная и годовая производительность А/с в зависимости от расстояния транспортирования и способа погрузки приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Сменная и годовая производительность А/с
в зависимости от расстояния транспортирования и способа погрузки**

Производительность А/с	Погрузка с помощью ПДМ				Погрузка через люк	
	От ПК до рудоспуска		От ПК на поверхность		От рудоспуска на поверхность	
	300 м	450 м	750 м	950 м	850 м	950 м
Сменная, т/смену	684	583	450	390	544	498
Годовая, т/год	466488	397606	306900	266166	371008	339636

На основе производительности ПДМ и А/с на различных участках разработанных схем транспортирования и годового объема проходческих и очистных работ установлено расчетное и необходимое количество рабочих единиц техники для обеспечения объема добычи 200 тыс. т руды в год – пять погрузочно-доставочных машин и три автосамосвала (табл. 5).

Принятое количество рабочих единиц обеспечивает достаточный резерв по времени для выполнения технологических процессов на погрузке и доставке горной массы – 17 % и транспортировании горной массы – 37 %.

Таблица 5

**Суммарное расчетное и необходимое количество рабочих единиц оборудования
на проходческих и очистных работах**

Оборудование	Расчетное количество, шт.	Необходимое количество, шт.	Резерв, %
ПДМ			17
- проходческие работы	2,04	2	
- очистные работы	2,13	3	
Всего:	4,17	5	
А/с			37
- проходческие работы	0,99	1	
- очистные работы	0,91	2	
Всего:	1,9	3	

Таким образом, разработанная комбинированная схема транспорта руды и породы на поверхность, рационально сочетающая схемы доставки и транспортирования горной массы самоходным оборудованием с двухступенчатой системой рудоспусков, обеспечивает

– производственную мощность рудника за счет дифференцированного применения схем доставки и транспортирования горной массы в зависимости от конкретных горно-геологических и горнотехнических условий;

– низкий уровень эксплуатационных затрат на транспортирование руды за счет применения двухступенчатой системы рудоспусков;

– надежность за счет достаточного резерва времени на выполнение технологических процессов на доставке и транспортировании горной массы – 17 % и 37 %, соответственно.

Литература

1. АО «ЮЖУРАЛЗОЛОТО ГРУППА КОМПАНИЙ» - 20 лет: развитие технологий освоения месторождений золотоносных руд на рудниках / К.И. Струков, В.В. Федосеев, М.В. Рыльникова, Р.В. Бергер // Горная промышленность. – 2017. – № 3. – С. 12 - 15.
2. Каплунов Д.Р. Расширение сырьевой базы горнорудных предприятий на основе комплексного использования минеральных ресурсов месторождений / Д.Р. Каплунов, М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко // Горный журнал. – 2013. – № 2. – С. 86 - 90.
3. Каплунов Д.Р. Принципы проектирования и выбор технологий освоения недр, обеспечивающих устойчивое развитие подземных рудников / Д.Р. Каплунов, Д.Н. Радченко // Горный журнал. - 2017. – № 11. – С. 52 - 59.
4. Рыльникова М.В. Методологические аспекты проектирования системы управления минерально-сырьевыми потоками в полном цикле комплексного освоения рудных месторождений / М.В. Рыльникова, Д.Н. Радченко // Рациональное освоение недр. – 2016. – № 3. – С. 36 - 41.
5. Pimentel B. S., Gonzalez E. S., Barbosa G. N. O. Decision-support models for sustainable mining networks: fundamentals and challenges // Journal of Cleaner Production. - 2016. - Vol. 112. - P. 2145 – 2157.
6. Нормы технологического проектирования рудников цветной металлургии с подземным способом разработки: ВНТП 37-86 / Минцветмет СССР. - М.: МЦМ СССР, 1986. – 211 с.
7. Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий металлургии с подземным способом разработки: ВНТП 13-2-93 / Комитет РФ по металлургии. – СПб., 1993.
8. Волков Ю.В. Выбор комплексов самоходного технологического оборудования / Ю.В. Волков, И.В. Соколов // Известия вузов. Горный журнал. – 2005. – № 2. – С. 3 - 6.
9. Единые нормы выработки и времени на подземные очистные, горнопроходческие и нарезные горные работы: ЕНВиВ. Ч. 1. / НИИ труда. – М., 1984.
10. Общесоюзные нормы технологического проектирования подземного транспорта горнодобывающих предприятий: ОНТП 1-86 // Минуглепром СССР. – М., 1986.
11. Справочник. Подземный транспорт шахт и рудников / Под общ. ред. Г.Я. Пейсаховича, И.П. Ремизова. – М.: Недра, 1985. – 565 с.