

ВСКРЫТИЕ И ОТРАБОТКА ПЛАТИНО- ПАЛЛАДИЕВО-МЕДНО-НИКЕЛЕВЫХ РУД УЧАСТКА НИТТИС-КУМУЖЬЯ-ТРАВЯНАЯ

В статье рассмотрены горнотехнические возможности вскрытия и отработки участка Ниттис-Кумужья-Травяная (НКТ) с использованием конвейерного транспорта, современного оборудования и закладки выработанного пространства, обеспечивающих повышение производительности предприятия и снижение экологической нагрузки в районе. Выполнен анализ перспективной схемы отработки доразведанных участков Донной залежи, а также конструктивных решений восходящей выемки с селективной отбойкой тонких жил. Представлены результаты укрупнённой геолого-экономической оценки условных запасов НКТ до глубины 500 м. По мнению авторов, технология эффективна за счёт снижения разубоживания и потерь руды, улучшения условий труда горнорабочих, снижения энерго- и трудозатрат, а также объёмов выдаваемой на поверхность породы.

Ключевые слова: Мончегорский рудный район, Донная залежь, вскрытие и отработка участка НКТ, конвейерный и автотранспортный уклоны, системы разработки с закладкой, внутришахтный транспорт с использованием автосамосвалов, доработка жильных зон с малогабаритным оборудованием, укрупнённая геолого-экономическая оценка условных запасов НКТ по $Pd_{уст}$.

Общие сведения. Мончегорский рудный район с жильным месторождением медно-никелевых руд Ниттис-Кумужья-Травяная (НКТ) в прошлом являлся сырьевой базой комбината «Североникель». Месторождение находится к западу от г. Мончегорск и расположено в массиве трёх вершин: Ниттис, Кумужья и Травяная, которые с юго-запада на северо-восток образуют горную цепь протяжённостью 4,5 км.

Запасы крутопадающих тонких жил НКТ на верхних горизонтах разрабатывались в период с 1936 по 1975 г. и обеспечивали потребности комбината «Североникель» в сырье на Ni, Cu, Co, Pt, Pd. В настоящее время богатые жилы на глубину до 200–400 м отработаны, комбинат перерабатывает файнштейн из Печенги и Норильска, а также лом цветных металлов.

Эти запасы тонких крутопадающих жил на верхних горизонтах месторождения вскрывались штольнями на горизонтах +304, +264 и +222 м, а начиная с отметки +162 м – вертикальными стволами №№ 1, 2, 3 и 4 при высоте этажа 40 м (рис. 1, а). Применялись две традиционные системы разработки – с магазинированием руды и с распорной крепью. При этом горные работы не достигали уровня нижерасположенной Донной залежи. Значительные прогнозные ресурсы (далее – условные запасы) этой залежи представлены бедными вкрапленными рудами.

В настоящее время штольни и стволы шахт №№ 1–4 затоплены, состояние их крепи неизвестно. Последним был пройден северный ствол шахты № 5 на западном склоне г. Травяная, выработки которого пересекли Донную залежь. Разрез место-



Рогизный Валерий Фёдорович

кандидат технических наук
ведущий научный сотрудник
rogizny@tsnigri.ru

Куликов Данила Алексеевич

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий отделением
kulikov@tsnigri.ru

Мигачёв Игорь Фёдорович

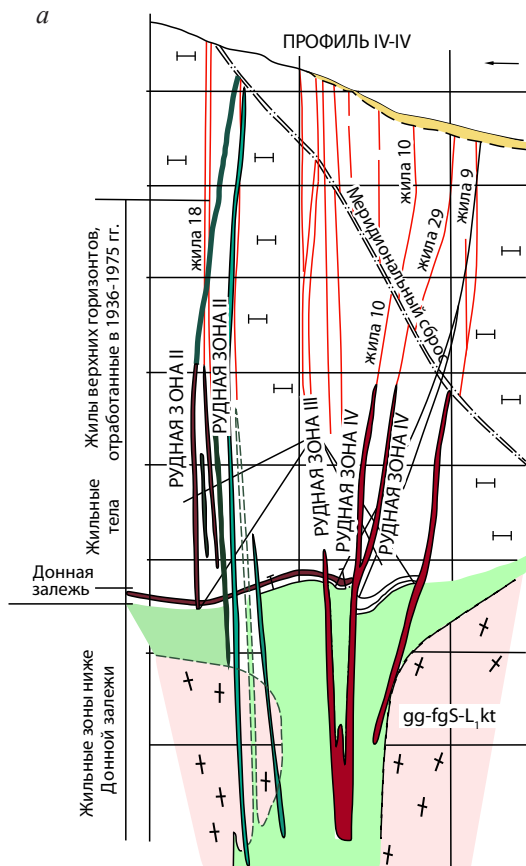
доктор геолого-минералогических наук
главный научный сотрудник

Донец Александр Иванович

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник

ФГБУ «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов»,
г. Москва

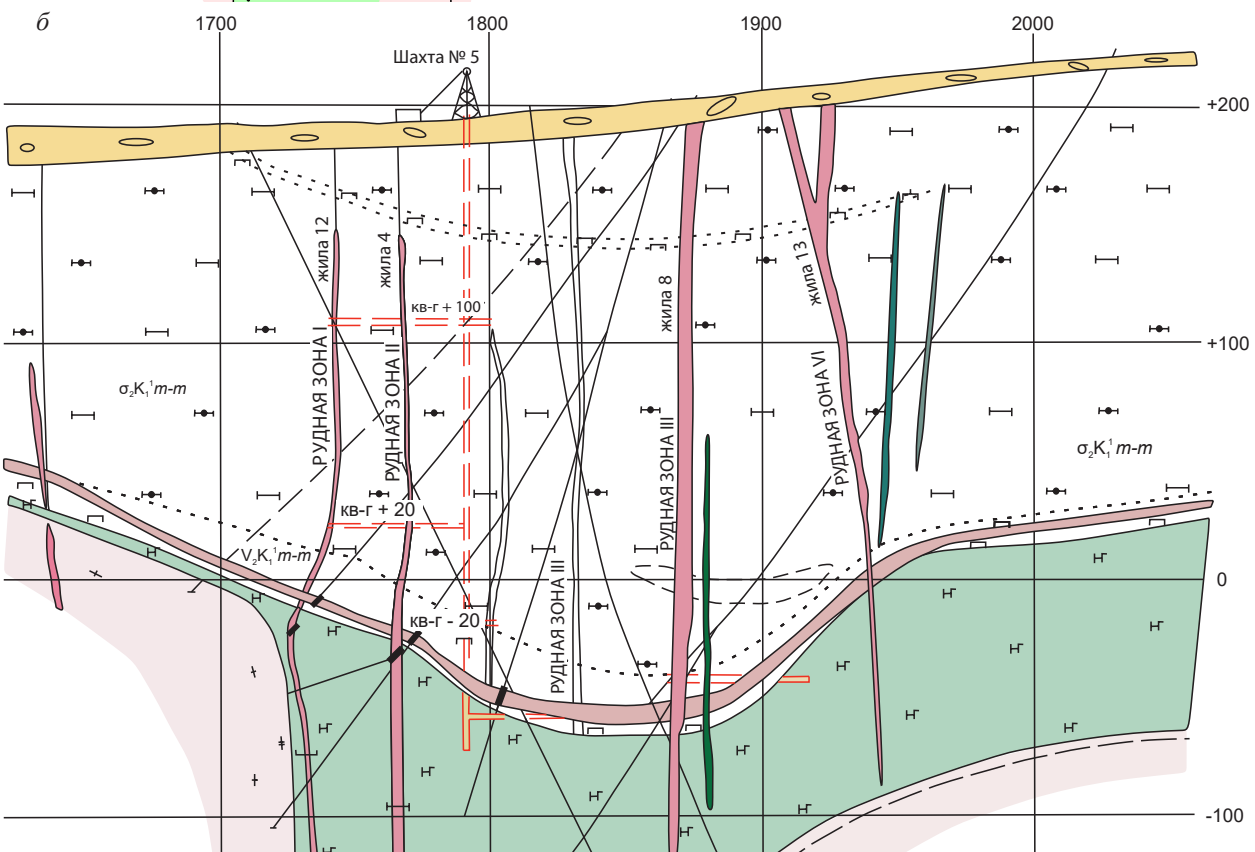




рождения, расположенного в районе шахты № 5, показан на рис. 1, б. Ствол этой шахты после осушения и обследования, вероятно, может быть восстановлен и использован для вскрытия Донной залежи, а также остаточных тонких жил.

В предшествующие годы (2007–2012) при разработке ТЭО кондиций по участку Пласт «330» (месторождение Вуручайвенч) положение обогатительной фабрики (ОФ) предприятия было выбрано у устья вскрывающей штольни № 1, рядом с комбинатом «Североникель». Помимо близости площадки ОФ к штольне № 1 учитывалось положение горных отводов других рудных участков. Объёмы хвостохранилища намечалось снизить, размещая хвосты ОФ в отработанных камерах участка Пласт «330» в качестве наполнителя закладки (Карпенко И. А., Петраш Н. Г., Рогизный В. Ф. и др., 2012).

Рис. 1. РАСПОЛОЖЕНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ЖИЛЬНЫХ ТЕЛ И ВЫРАБОТОК ВЕРХНИХ ГОРИЗОНТОВ НА ПРОФИЛЕ IV-IV (а), СТВОЛ ШАХТЫ № 5, ЕГО КВЕРШЛАГИ, А ТАКЖЕ ФОРМА ДОННОЙ ЗАЛЕЖИ В СЕВЕРНОЙ ЧАСТИ НКТ (б)



Условные запасы НКТ, вовлекаемые в отработку. Доразведкой в 1996–2001 гг. были уточнены характеристики Донной залежи, с которой связаны основные условные запасы руды, при этом прогнозные ресурсы Донной залежи, которые апробированы ЦНИГРИ в 2017 г. составляют 57 103,2 тыс. т руды (Куликов Д. А., Красносельских А. А., Черемисин А. А., Карпухина М. В., Рогизный В. Ф. и др., 2017).

Залежь в сечении имеет серповидную форму с плоской Центральной частью и наклонными крыльями – Восточным и Западным (рис. 2, б). Ось залежи погружается с севера на юг на протяжении 3,5–4,0 км до глубины 500 м, а ширина Центральной части и размеры её крыльев (В) увеличиваются (см. рис. 2, а):

Центр (блоки 2-Р1; 1-Р1; 3-Р1): В до 600 м при $\alpha \sim 1-5^\circ$; $m_{cp.} \sim 2,78$ м;

Восточное крыло (блок 5-Р1): В до 700–800 м при $\alpha \sim 22-25^\circ$; $m_{cp.} \sim 2,88$ м;

Западное крыло (блок 4-Р1): В до 500–600 м при $\alpha \sim 30-35^\circ$; $m_{cp.} \sim 3,37$ м.

Наклонные крылья залежи выходят на поверхность, поэтому часть запасов в процессе отработки предполагается оставлять в предохранительных и охранных целиках. При ведении очистных работ с твердеющей закладкой предохранительные целики блоков 2-Р1 и 4-Р1 (170, 9 тыс. т) могут быть доработаны по проекту ликвидации рудника. Часть запасов Восточного блока 5-Р1 (193,9 тыс. т), примыкающая к федеральной автотрассе Р-21 «Колла», попадает в охранный целик трассы без возможности доработки. Эти объёмы руды Донной залежи (170,9 + 193,9 = 364,8 тыс. т) не вовлекаются в отработку и исключаются из промышленных запасов [1, 2]. Таким образом, по Донной залежи вовлекается в отработку 57 103,2 – 364,8 = 56 738,4 тыс. т руды.

В период доразведки было установлено, что по сравнению с отработанными ранее жилами НКТ дополнительно изученные тела отличаются увеличенной средней мощностью ($m_{cp.} \sim 1,82$ м), а условные запасы богатых жильных тел, которые планируется вовлечь в отработку, составляют 3018,4 тыс. т. Всего в отработку вовлекаются условные запасы Донной залежи и жильных тел – 59 756,8 тыс. т, данные о которых в сжатом виде представлены в табл. 1. Рудные зоны под Донной залежью в настоящий подсчёт не включены из-за их недостаточной разведанности.

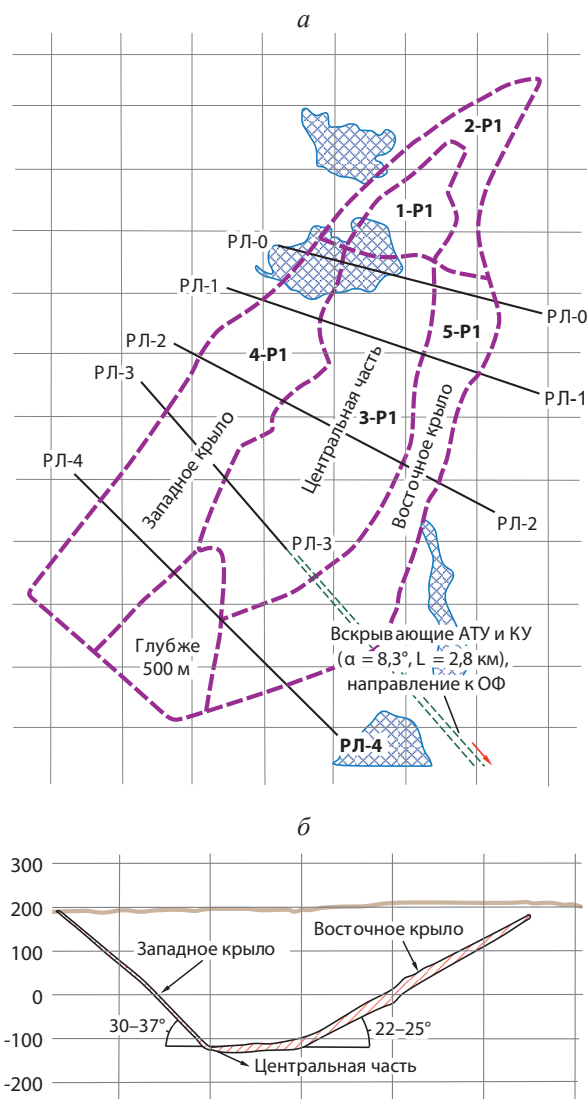


Рис. 2. РАСПОЛОЖЕНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ БЛОКОВ ДОННОЙ ЗАЛЕЖИ НКТ С ТРАССОЙ ВСКРЫВАЮЩИХ УКЛОНОВ ОТ ОФ (а) И РАЗРЕЗ МОДЕЛИ ДОННОЙ ЗАЛЕЖИ ПО РЛ-0 (б); ЖИЛЬНЫЕ ЗОНЫ ВЫШЕ И НИЖЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДОННОЙ ЗАЛЕЖИ НЕ ПОКАЗАНЫ

Вскрытие условных запасов НКТ и общий порядок их отработки. Вскрытие Донной залежи проектируется спаренными наклонными выработками: конвейерным (КУ) и автотранспортным (АТУ) уклонами ($\alpha \sim 8^\circ$; $L = 2,6$ км), порталы которых размещаются у рудного склада ОФ (рис. 3). Эти уклоны на проектных уровнях в центре Донной залежи переходят в горизонтальные выработки КУг и АТУг (рис. 4). При этом КУг располагается в породе на отметке -200 м ниже Донной залежи, а АТУг на отметке -180 м вскрывает руду.

1. УСЛОВНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАПАСЫ НКТ

Участки НКТ	m, м	Q, тыс. т	Cni, %	Ccu, %	Cso, %	Cpt, г/т	Cpd, г/т	Cau, г/т	Cag, г/т	Pni, т	Pcu, т	Pso, т	Ppt, кг	Ppd, кг	Pau, кг	Pag, кг
Жильные руды																
Жильные руды	1,82	3018,4	0,39	2,23	0,0192	3,04	5,32	0,55	13,12	11 909,9	67 331,3	578,6	9171,0	16 046,7	1663,5	39 605,5
Донная залежь и её крылья																
Центр	2,78	20 894,5	0,486	0,311	0,0218	0,142	0,58	0,040	1,40	101 528,4	64 932,5	4551,0	2973,7	12 089,2	842,5	29 217,6
Восточное крыло	2,88	13 244,3	0,463	0,294	0,0210	0,136	0,56	0,039	1,35	61 319,5	38 997,4	2783,7	1807,2	7358,9	519,5	17 852,7
Западное крыло	3,37	22 964,4	0,422	0,250	0,0197	0,126	0,51	0,036	1,21	96 964,0	57 475,3	4514,9	2892,6	11 817,0	832,9	27 848,5
Σ (Донная залежь)		57 103,2	0,455	0,283	0,0208	0,134	0,55	0,038	1,31	259 811,9	161 405,1	11 849,5	7673,4	31 265,1	2194,9	74 918,7
Общешахтные предохранительные целики																
15 м от поверхности	2,85	170,89	0,405	0,198	0,0191	0,122	0,50	0,033	1,05	692,9	338,1	32,6	20,8	85,0	5,6	179,9
Федеральная трасса «Кола»	1,68	193,90	0,363	0,198	0,0177	0,111	0,46	0,033	1,05	704,8	384,3	34,3	21,5	88,4	6,4	204,3
Σ (в целиках)	2,23	364,78	0,383	0,198	0,0184	0,116	0,48	0,033	1,05	1397,7	722,4	67,0	42,3	173,4	12,0	384,2
Ресурсы НКТ, принятые для оценки																
		59 756,8	0,452	0,387	0,0206	0,282	0,788	0,064	1,91	270 323,1	228 014,0	12 361,1	16 802,1	47 138,4	3846,4	114 140,0

Примечание: Рудные зоны под Донной залежью (см. рис. 2) в настоящий подсчёт не включены из-за их недостаточной разведанности.

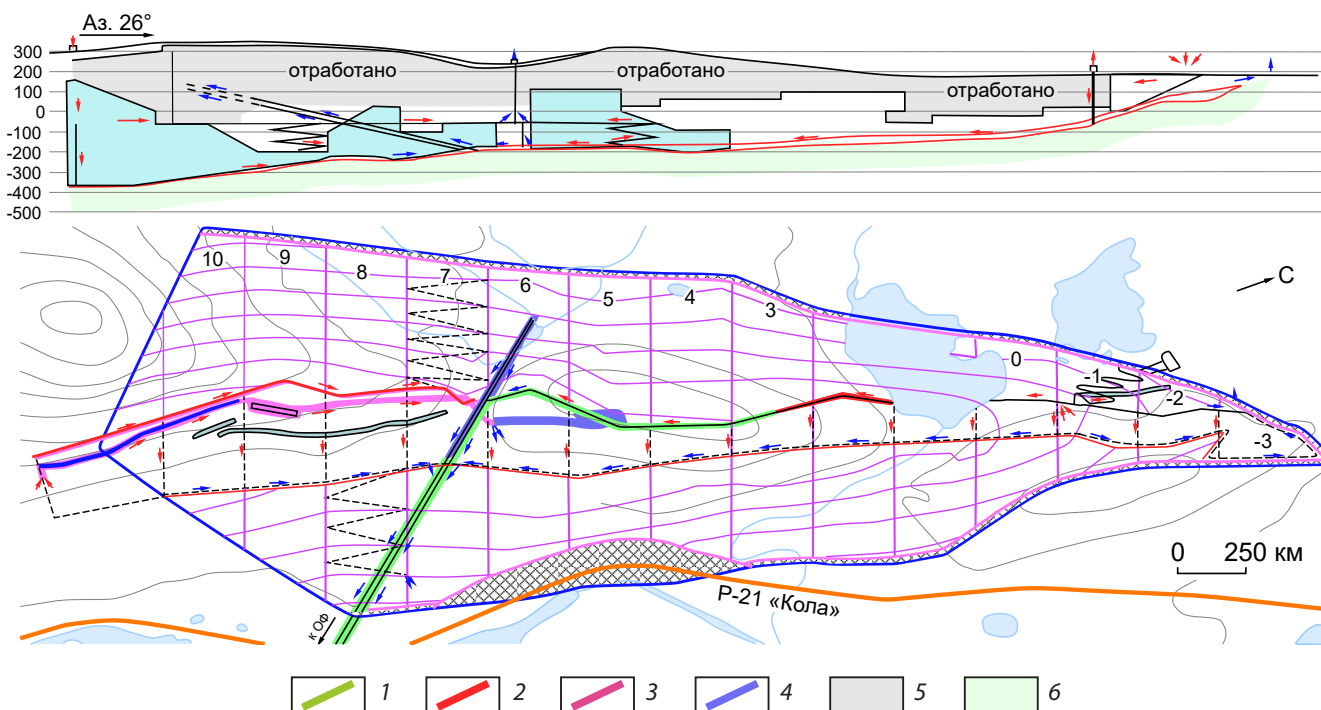


Рис. 3. СХЕМА ВСКРЫТИЯ ДОННОЙ ЗАЛЕЖИ И ЖИЛ НКТ УКЛОНАМИ (КУ И АТУ), ШАХТОЙ № 5БИС С НАКЛОННЫМ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМ СТВОЛОМ НА СЕВЕРЕ, ЗАПАДНЫМ ВЕНТИЛЯЦИОННЫМ ШТРЕКОМ, А ТАКЖЕ ШАХТОЙ № 6 НА ЮГЕ:

этапы строительства рудника: 1 – этап 1 (центральная часть), 2 – этап 1 (северная часть), 3 – этап 2 (северная часть), 4 – этап 3 (западная часть), 5 – ранее отработанные жилы, 6 – жилы, вовлекаемые в отработку

На севере Донная залежь наиболее близка к поверхности и вскрывается наклонным вентиляционным стволом (НВС), переходящим в Западный (относительно центра залежи) вентиляционный штрек (ЗВШ), который соединяет выработки центра и севера, обеспечивая запасные выходы и проветривание рудника по нагнетательной схеме.

Выдача руды и породы на поверхность ведётся по КУ, при этом перемещение горнорудной массы в пределах рудника намечается шахтными автосамосвалами (ШАС) ТН430 грузоподъёмностью (г/п) 30 т к бункерам перегрузочных узлов (ПУ) с последующей выдачей ленточным конвейером на поверхность руды – к складу ОФ, породы – в отвал. Доставка оборудования, материалов и транспортировка людей осуществляется по АТУ. Поэтапные объёмы горно-капитальных работ (ГКР) при вскрытии условных запасов НКТ представлены в табл. 2.

Таким образом, общий объём выработок ГКР – 366 927 м³, в том числе значительная доля руды – 33 %. Сечения главных вскрывающих выработок показаны на рис. 4.

Для систематизации подготовки и отработки ресурсов НКТ с учётом обеспечения оптимальных расстояний доставки руды погрузочно-доставочными машинами (ПДМ) в добычных блоках залежь по простиранию разделяется на 11 панелей шириной 300 м: один блок 300 м на крыльях Донной залежи и два выемочных блока по 150 м в её центре (см. рис. 3).

Основные объёмы ГКР выполняются:

- при проходке горизонтальных и наклонных выработок, с использованием комплекса машин фирмы Sandvik (двухстреловая бурильная установка DD321 + ПДМ LH-410 (г/п 10 т) + анкероустановщик DS310 + ШАС ТН430 (г/п 30 т). Порода в начальный период строительства выдётся на поверхность ТН430 (при эксплуатации порода частично оставляется в отработанных камерах);
- при рабочей высоте выработок до 3 м используется комплекс низкопрофильных машин (DD220L + ПДМ LH209L (г/п 9,6 т) + анкероустановщик DS110L).

2. ПОЭТАПНЫЕ ОБЪЕМЫ ГОРНО-КАПИТАЛЬНЫХ РАБОТ (ГКР) ПРИ ВСКРЫТИИ УСЛОВНЫХ ЗАПАСОВ НКТ

Этап	Вскрывающие выработки НКТ	Объем, м³
Главные вскрывающие выработки с юго-востока		
1-й	Порталы + АТУ + КУ + сбойки + Главная насосная станция + ПУ + камеры + Вентиляционный штрек	149 535
Главные вскрывающие выработки с севера		
2-й	Ствол № 5бис + порталы + НВС + Вентиляционный штрек	50 160
Главные вскрывающие выработки: жилы выше Донной залежи		
3-й	Ствол № 6 + 2 Вентиляционно-ходовых восстающих (ВХВ) + 2 Наклонных съезда (НС) + 2 Разведочно-вентиляционных штрека (РЭШ) + Вентиляционный штрек	81 030
Главные вскрывающие выработки Западного крыла Донной залежи		
4-й	КУ + АТУ + ПУ + Вентиляционный штрек + Капитальный рудоспуск (КРС) + Вентиляционный шурф	52 845
Всего ГКР		333 570
Всего ГКР с неучтенными 10 %		366 927
В том числе руда с неучтенными 10 %		121 330

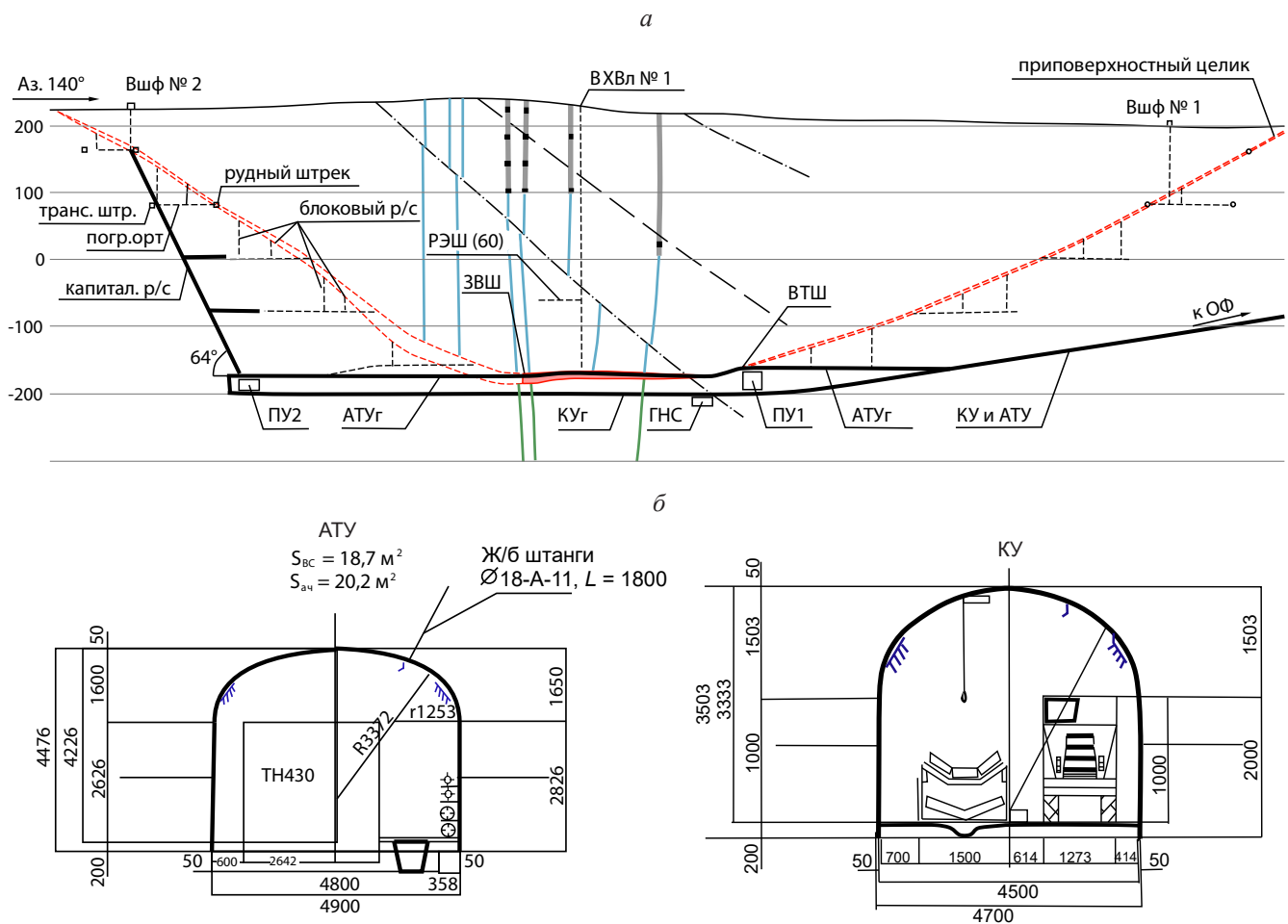


Рис. 4. РАЗРЕЗ ПО ТРАССЕ ГЛАВНЫХ ВСКРЫВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК КУ И АТУ (а) И ИХ СЕЧЕНИЯ (б)

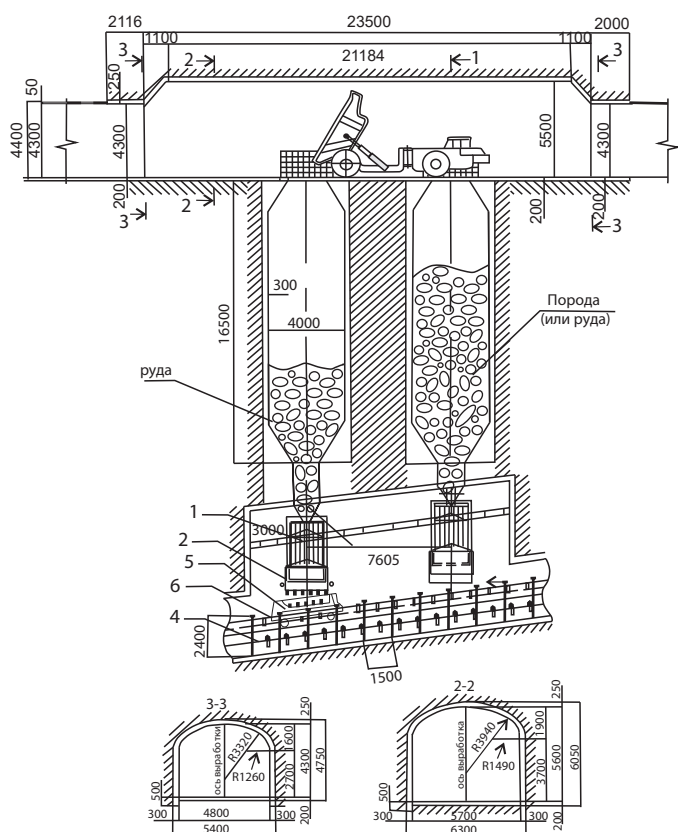


Рис. 5. ДВУХБУНКЕРНЫЙ ПЕРЕГРУЗОЧНЫЙ УЗЕЛ НА НАКЛОННОМ УЧАСТКЕ ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА:

1 – пальцевый затвор; 2 – цепной затвор; 3 – промежуточный лоток с вибратором; 4 – конвейер 2ЛУ-102Б; 5 – загрузочный лоток; 6 – тележка

Транспортирование руды из камер выполняется ПДМ, которые разгружаются в кузов ТН430 на участках выработок с поднятой кровлей, а загрузка ТН430 из рудоспусков осуществляется вибропитателями ПВГ-1,0/2,2. Транспортирование материалов и оборудования на рабочие горизонты осуществляется по наклонным съездам спецмашинами, в ковшах ПДМ, в кузове самосвалов. Примерная схема ПУ с автосамосвалов на ленточный конвейер показана на рис. 5.

В первую очередь вовлекаются в отработку условные запасы Центральной части Донной залежи с комбинированной закладкой. Подготовка и очистная выемка проектируются с камерной системой разработки (если над участками центра расположены жильные зоны, выемка камер на Донной залежи ведётся в две стадии).

Во вторую очередь обрабатываются камерно-столбовой системой разработки условные запасы

Восточного крыла. Параллельно продолжается отработка богатых жильных зон.

В третью очередь после удлинения АТУг и КУг, строительства капитального рудоспуска (КРС) и перегрузочного узла ПУ-2 отрабатывается Западное крыло Донной залежи.

Отработка крутопадающих жил намечается с использованием малогабаритных (узких, $B \sim 1$ м) машин: бурильные установки с гидроперфоратором, а ПДМ с современным приводом хода (аккумуляторным, дизельным, электрокабельным).

Системы разработки. При выборе систем разработки Донной залежи учитывались горно-геологические условия, устойчивость рудного и породного массивов, а также особенности распределения запасов по трём классам мощностей с учётом углов падения руды:

- при $m < 3$ м (доля запасов ~ 26 %) намечено вести отработку низкопрофильным оборудованием;
- при $m = 3-7$ м (доля запасов ~ 32 %) отработка ведётся в один слой с обычным оборудованием;
- при мощности пласта $m > 7$ м (доля запасов ~ 42 %) отработка ведётся в два слоя.

Как отмечено выше, оставшиеся условные запасы НКТ представлены тремя морфологическими типами руд:

- крутопадающими ($\alpha = 80-90^\circ$) жилами, которые расположены выше Донной залежи – их доля составляет по руде 5,0 %, по $Pd_{усл.}$ – 16,7 %;
- пологопадающими ($\alpha = 3-4^\circ$) вкрапленными рудами центра Донной залежи – их доля по руде 35 %, по $Pd_{усл.}$ – 33,7 %;
- наклонными ($\alpha \sim 22-35^\circ$) вкрапленными рудами крыльев Донной залежи – их доля по руде 60 %, по $Pd_{усл.}$ – 50,6 %.

Для отработки жил проектируется восходящий порядок отработки этажей, а также системы разработки с отработкой слоёв (подэтажей) в вариантах с породной закладкой и с малогабаритным оборудованием:

- бурильными установками с гидроперфоратором Монтаберт 50: МУК1 FF для бурения шпуров и МУК1 22 для бурения взрывных скважин;
- ПДМ для погрузки и доставки горнорудной массы: аккумуляторная ПДМ АРГО 140В (или дизельная LH201).

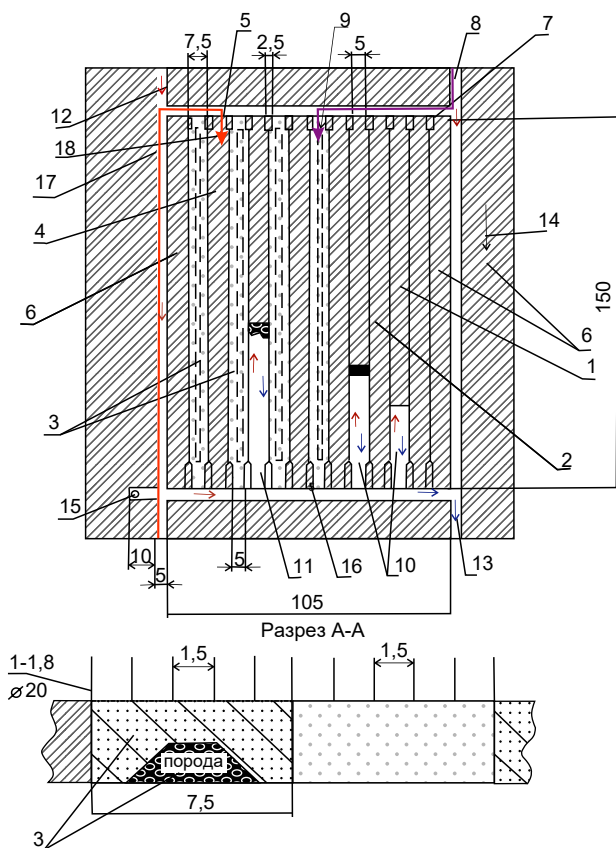


Рис. 6. КАМЕРНАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ С ВЫЕМКОЙ ПО ВОССТАНИЮ:

1, 2 – очистные камеры I и II очереди; 3 – комбинированная закладка; 4 – пастовая закладка; 5 – перемычки; 6 – междукамерный целик; 7 – подштрековый целик; 8 – трубопровод твердеющей смеси; 9 – подача твердеющей закладки; 10 – отработка с креплением анкерами; 11 – отработка камеры между твердеющей закладкой; 12, 13 – свежая (красная) и исходящая струи; 14 – угол падения пласта; 15 – рудоспуск; 16 – надштрековый целик; 17 – закладочный трубопровод пасты; 18 – подача пастовой закладки в камеру II очереди

Конструктивные особенности восходящей слоевой выемки с возможностью ведения селективной добычи на участках тонких жил представлены в статье [4]. На участках минерализованных зон возможно применение подэтажно-камерной системы разработки со скважинной отбойкой и последующей породной закладкой.

Камерную систему разработки (КСР) с выемкой по восстанию с комбинированной закладкой при двухстадийной отработке камер предполагается использовать в Центральной (пологопадающей) части Донной залежи (рис. 6). Приняты сле-

дующие параметры блока: наклонная высота по восстанию 150 м (1/2 ширины панели); ширина 100–130 м, ширина камеры 7,5 м (определяется расчётом [3] с учётом ширины захвата бурильной установки). Отработка камер, связанных с выше-расположенными жильными зонами (см. рис. 3), намечается в две стадии. Вначале извлекаются и закладываются комбинированной закладкой (порода + твердеющая смесь) камеры первой очереди. Камеры второй очереди отрабатываются после отработки жильных зон выше Донной залежи. На участках с мощностью пласта более 6–7 м доработка руды в почве ведётся почвоуступным забоем с контролем качества крепления кровли.

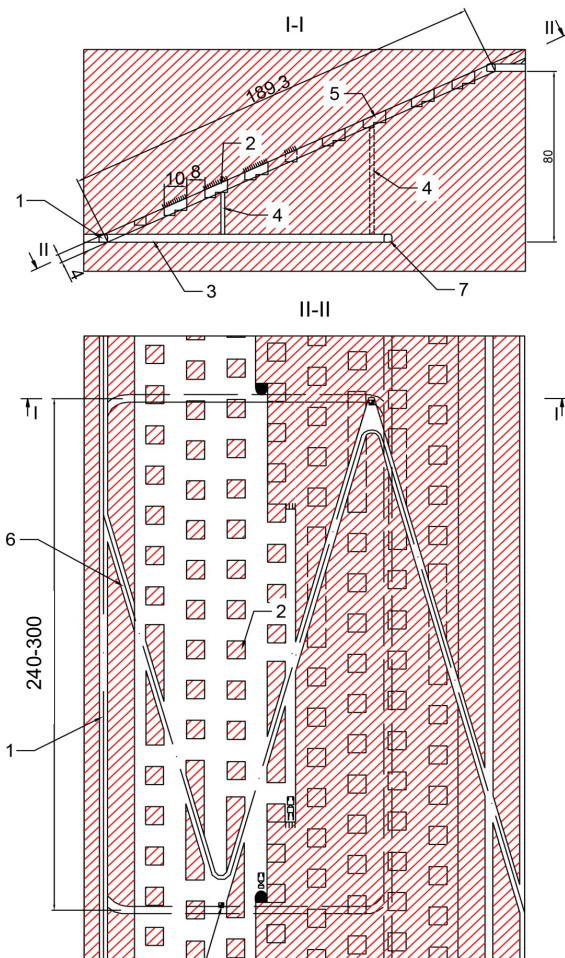


Рис. 7 КАМЕРНО-СТОЛБОВАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ С ДИАГОНАЛЬНЫМ СЪЕЗДОМ И ДОСТАВКОЙ К РУДОСПУСКАМ:

1 – рудный штрек; 2 – целики-столбы; 3 – погрузочный орт-заезд; 4 – блоковые рудоспуски; 5 – полевой транспортный штрек; 6 – наклонный съезд; 7 – полевой транспортный штрек

Технологические операции добычи руды выполняются теми же комплексами машин, что и при проведении выработок ГКР и ГПР. При мощности пласта до 3 м используется низкопрофильная установка DD220L, а в камерах высотой ≥ 3 м – DD320. Эти установки позволяют обустроить забой камеры шпурами с одного положения глубиной ≈ 3 м на всю ширину камер. Зарядание шпуров гранулированным взрывчатым веществом выполняется с платформы зарядной машины Charmek 6605B. После взрывания и проветривания камеры оборка заколов и обезопасивание кровли ведётся Scames 2000. При необходимости кровля крепится сталеполимерными или железобетонными анкерами длиной 1,8 м с помощью анкероустановщика DS110L на маломощных участках пласта или же с DS310 на участках с мощностью ≥ 3 м.

Отгрузка руды также проектируется ПДМ г/п 9,6–10 т: при высоте камер до 3 м применяется низкопрофильная LH209L, а в камерах высотой ≥ 3 м – LH-410.

Наклонные участки (крылья Донной залежи) при $\alpha = 25\text{--}35^\circ$ планируется отработать камер-

но-столбовой системой разработки (КССР) (рис. 7). Эта система разработки при расположении камер по простиранию на длину панели с оставлением целиков-столбов и их частичным погашением позволяет механизировать все технологические процессы добычи руды и обеспечить высокую производительность забойного рабочего и предприятия в целом.

Общий порядок отработки камер – восходящий с использованием ранее перечисленного оборудования: DD321 + Charmek 6605B + ПДМ LH-410 и LH307 + DS110L с доставкой руды к рудоспускам (или же с прямой погрузкой в автосамосвал ТН430). Отработка камер при мощности руды до 4–4,5 м ведётся в один слой, а с увеличением мощности залежи выемку ведут в два слоя, начиная с верхнего. Участки шахтного поля, где мощность рудного тела не превышает 3 м, отрабатываются в один слой с использованием комплекса DD220L + LH209L + DS210L. Целики выборочно погашаются на завершающей стадии отработки панели.

Показатели потерь и разубоживания по системам разработки. В настоящей работе приме-

3. КОНСТРУКТИВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ РАЗРАБОТКИ И ПОКАЗАТЕЛИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ

Показатели систем разработки, единицы измерения	Жильные зоны выше Донной залежи		Пластообразные зоны Донной залежи	
	Горизонтальные слои с породной закладкой $m < 1$	Подэтажно-камерная с комбинированной закладкой	Камерная система разработки с выемкой руды по восстанию ($\alpha \leq 5^\circ$)	Камерно-столбовая система разработки с диагональным съездом ($\alpha \leq 25\text{--}37^\circ$)
Доля технологии в общем объёме добычи	2,1 %	3,2 %	31,7 %	63,0 %
Длина блока, м	75–150	75–150	300	300
Высота этажа, м	50	50	~ 100 (ширина)	80
Угол падения рудного тела, град.	80–90	80–90	3–8	15–40
Высота блока (наклонная), м	50	50		150–190
Средняя рудная мощность истинная, м	0,87	1,99	2,78	3,12
Средняя выемочная мощность, м	1,07	2,34	2,97	3,32
Разубоживание, ед.	0,22		0,081	
Потери, ед.	0,0476		0,131	
Разубоживание (средневзвешенное), ед.	0,1228			
Потери (средневзвешенное), ед.	0,088			

няются четыре системы разработок, описанные выше. При этом в первоначальный (20-летний) период работы используются, в основном, два варианта, где предусмотрено оставление технологических целиков: КСР с выемкой руды по восстанию в центре Донной залежи и КССР с диагональным съездом и доставкой к рудоспускам для крыльев залежи (с частичным обрушением целиков и частичной закладкой).

Два других варианта систем разработки (преимущественно с породной закладкой) не предусматривают оставления конструктивных целиков. Конструктивные параметры применяемых систем разработки и показатели извлечения приняты по аналогам с учётом их долевого участия и приведены в табл. 3.

Закладочные комплексы. При отработке условных запасов подземного рудника НКТ намечается использовать в основном системы разработки с твердеющей / пастовой закладкой на основе хвостов ОФ. Это решение помимо снижения потерь руды и предотвращения деформаций поверхности позволяет снизить объём хвостохранилища при утилизации хвостов в камеры подземного рудника.

Намечается строительство двух закладочных комплексов: в центре Донной залежи, на восстановленной площадке НКТ, и на площадке шахты № 5бис. С учётом ожидаемой производительности рудника (2,0 млн т) годовой объём пустот в очистных камерах составит ≈ 613 тыс. м³/год. Если 15 % пустот заполнять текущей породой из подготовительных выработок, то требующийся объём твердеющей / пастовой закладки с заполнением камер на 90 % составит $613 \times 0,85 \times 0,9 = 468$ тыс. м³/год.

Схема проветривания подземного рудника НКТ намечается нагнетательная. Свежий воздух в период отработки запасов северной части шахтного поля подаётся по фланговым воздухоподающим выработкам (по НВС и ЗВС), а выдаётся по вскрывающим КУ и АТУ. Для выбора вентилятора главного проветривания расчёт воздухопотребности выполнен по разбавлению выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания технологических машин до санитарных норм с учётом коэффициента резерва 1,25. Потребность в свежем воздухе для проветривания определена ориентировочно – 242,5 м³/с, при этом намечено использовать главную вентиляторную установку в

составе осевого двухступенчатого реверсивного вентилятора ВЦД-31,5.

Выводы и рекомендации. По участку НКТ рекомендуется подземный способ отработки при вскрытии условных запасов АТУ и КУ в центре шахтного поля, а также наклонным съездом и шахтой в северной части. Предложены системы разработки с закладкой для двух типов оруденения – маломощного жильного крутопадающего и вкрапленного пологозалегающего.

Изложенные в статье горнотехнические решения явились основой для укрупнённой геолого-экономической оценки условных запасов НКТ до глубины 500 м (Куликов Д. А., Красносельских А. А., Черемисин А. А., Карпухина М. В., Рогизный В. Ф. и др., 2017). По участку НКТ основной потенциал связан с вкрапленными рудами центра Донной залежи. В центре рудник работает около 10 лет, в течение этого срока окупаются капитальные затраты.

Большой срок окупаемости связан с долговременным строительством, которое совмещено с попутной добычей руды; выход на проектную производительность ожидается на 6-й год, на 10-й начинается добыча богатых жильных руд, что улучшает экономические показатели проекта.

Внутренняя норма доходности проекта составляет ~ 15 %, индекс доходности – 2,79 ед. Средняя извлекаемая ценность руды за 20-летний период оценивается на уровне 5 тыс. руб./т, а эксплуатационные затраты на 1 т руды – 3,5 тыс. руб., таким образом, удельные затраты на 1 руб. товарной продукции составляют 0,7 руб., что даёт приемлемые интегральные показатели эффективности освоения. Проект характеризуется большей устойчивостью к ухудшению экономических условий, так как экономика остаётся положительной при снижении цен, эксплуатационных или капитальных затрат более чем на 10 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Нормы технологического проектирования рудников цветной металлургии с подземным способом разработки.* ВНТП 37-86 / Утверждены протоколом Минцветмета СССР от 12.02.1986 г. № 48. – СПб. : Институт «Гипроруда», 1986. – 212 с.
2. *Нормы технологического проектирования горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки.* ВНТП 13-2-93 / Утверждены Комитетом

Российской Федерации по металлургии (протокол от 27.01.93, № 1) по согласованию с Госгортехнадзором РФ (протокол от 13.12.92, № 4). – СПб.: Институт «Гипроруда», 1993. – 203 с.

3. *Методические указания по определению размеров камер и целиков при подземной разработке*

руд цветных металлов. – Чита: ВНИИПИгорцветмет, 1988. – 126 с.

4. *Рогизный В. Ф., Хромов В. М. Селективная выемка маломощных рудных тел с применением малогабаритного оборудования // Рациональное освоение недр. – 2019. – № 2–3. – С. 88–98.*

REFERENCES

1. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya rudnikov tsvetnoi metallurgii s podzemnym sposobom razrabotki. VNTP 37-86, Utverzhdeny protokolom Mintsvetmeta SSSR ot 12.02.1986 g. № 48 [Standards for technological design of non-ferrous metallurgy mines with underground mining. VNTP 37-86, Approved by the protocol of the Ministry of Tsvetmet of the USSR dated 12.02.1986. No. 48], St. Petersburg, Institut "Giproruda" Publ., 1986, 212 p.
2. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya gornodobyvayushchikh predpriyatii s podzemnym sposobom razrabotki. VNTP 13-2-93, Utverzhdeny Komitetom Rossiiskoi Federatsii po metallurgii (protokol ot 27.01.93, № 1) po soglasovaniyu s Gosgortekhnadzorom RF (protokol ot 13.12.92, № 4) [Standards for technological design of underground mining enterprises. VNTP 13-2-93, Approved by the Committee of the Russian

Federation for Metallurgy (minutes dated January 27, 1993, No. 1) in agreement with the Gosgortekhnadzor of the Russian Federation (minutes dated December 13, 1992, No. 4).], St. Petersburg, Institut "Giproruda" Publ., 1993, 203 p.

3. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu razmerov kamer i tselikov pri podzemnoi razrabotke rud tsvetnykh metallov [Guidelines for determining the size of chambers and pillars in the underground mining of non-ferrous metal ores], Chita, VNIIPigortsvetmet Publ., 1988, 126 p.
4. Rogiznyi V. F., Khromov V. M. Selektivnaya vyemka malomoshchnykh rudnykh tel s primeneniem malogabaritnogo oborudovaniya [Selective mining of thin ore bodies using small-sized equipment], *Ratsional'noe osvoenie neдр [Rational development of mineral resources]*, 2019, No 2–3, pp. 88–98. (In Russ.).

OPENING AND MINING OF Pt-Pd-Cu-Ni ORES, NITTIS-KUMUZHIYA-TRAVYANAYA AREA

V. F. Rogizny (PhD, leading researcher)
D. A. Kulikov (Phd, head of department)
I. F. Migachev (PhD, chief researcher)
A. I. Donets (PhD, leading researcher)

FSBI Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow

The paper reviews the mining potential of opening and mining the Nittis-Kumuzhiya-Travyanaya (NKT) area using conveyor transport, advanced equipment and filling the worked-out area to improve plant capacity and reduce environmental damage to the area. Analysis was performed for a prospective scheme of mining additionally explored areas of Donnaya orebody as well as feasible options of ascending excavation involving selective breaking of thin veins. Results of consolidated geological and economic estimate for NKT reserves to a depth of 500 m are presented. The authors believe that this technology is efficient due to reduced dilution and ore losses, improved miners' work conditions, lower power and labor costs as well as higher ore throughput.

Keywords: Monchegorsk ore district, Donnaya orebody, NKT area opening and mining, conveyor and truck ramps, mine filling systems, mine haulage using dump trucks, additional vein zone mining using small-sized equipment, consolidated geological and economic estimate of conventional NKT reserves, Pd eq.

