



АО «НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

**АУДИТ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ОЦЕНКА РУДНЫХ ЗАПАСОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ МУРУНТАУСКОГО КЛАСТЕРА, УЗБЕКИСТАН**

**Отчет Подэтапа 1 и Подэтапа 2 Этапа 2
согласно договора № 10/2023-GRR от 19.09.2023**

Июль 2024г.

ДАТА ВЫПУСКА: 08 июля 2024г.
ПРОЕКТ №: KZ10230
ВЕРСИЯ: V2.0
ОТЧЕТ №: MM1714
СТАТУС: окончательный

АО «НАВОИЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ»

**АУДИТ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ОЦЕНКА РУДНЫХ ЗАПАСОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ МУРУНТАУСКОГО КЛАСТЕРА, УЗБЕКИСТАН**

**Отчет Подэтапа 1 и Подэтапа 2 Этапа 2
согласно договора № 10/2023-GRR от 19.09.2023**

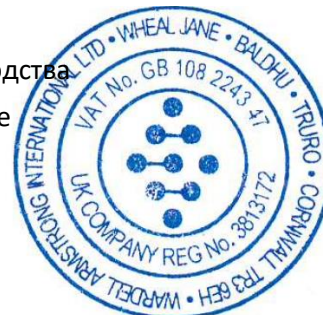
Июль 2024г.г.

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Фрэнк Браунинг	Ведущий ресурсный геолог
Алан Кларк	Технический директор – минеральные ресурсы
Колин Дэвис	Ассоциированный директор – горные работы
Майкл Келли	Ведущий горный инженер
Робин Келли	Ведущий геолог
Ольга Корнеева	Специалист по социальному воздействию
Харриет Паско	Старший инженер-геотехник
Бэт Пэйн	Ведущий аналитик горного производства
Джеймс Тёрнер	Технический директор - обогащение

УТВЕРДИЛ:

Стюарт Ричардсон Технический директор



Настоящий отчет подготовлен компанией Wardell Armstrong International с надлежащим профессионализмом, добросовестностью и тщательностью в соответствии с условиями договора с Заказчиком. Отчет предназначен исключительно для использования Заказчиком, и Wardell Armstrong International не несет какой-либо ответственности перед третьими сторонами, которым могло стать известным содержание настоящего отчета. Допускается предоставление отчета третьим сторонам для информативных целей, при этом эта третья сторона несет полную ответственность за любые решения, принимаемые ей на основе данного отчета. Запрещается воспроизведение всего документа или его части без предварительного письменного согласия Wardell Armstrong International.



Wardell Armstrong is the trading name of Wardell Armstrong International Ltd,
Registered in England No. 3813172.

Registered office: Sir Henry Doulton House, Forge Lane, Etruria, Stoke-on-Trent, ST1 5BD, United Kingdom

UK Offices: Stoke-on-Trent, Birmingham, Bolton, Bristol, Bury St Edmunds, Cardiff, Carlisle, Edinburgh, Glasgow, Leeds, London, Newcastle upon Tyne and Truro. International Office: Almaty.

ENERGY AND CLIMATE CHANGE
ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY
INFRASTRUCTURE AND UTILITIES
LAND AND PROPERTY
MINING AND MINERAL PROCESSING
MINERAL ESTATES
WASTE RESOURCE MANAGEMENT

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА	1
Общие сведения.....	1
Расположение и описание объекта.....	1
Лицензии на право пользования недрами	2
Геология	3
Буровые работы и отбор проб	4
Пробоподготовка и анализ.....	4
Проверка достоверности данных	5
Подсчет минеральных ресурсов	6
Гидрогеология	10
Метод отработки и календарное планирование горных работ	11
Экологические и социальные аспекты, охрана труда и техника безопасности	14
1 ВВЕДЕНИЕ.....	18
1.1 Цель настоящего технического отчета.....	18
1.2 Навоийский горно-металлургический комбинат.....	19
1.3 Независимые консультанты.....	19
1.4 Рабочая группа проекта и выезд на объект	20
1.5 Стратегия исследования.....	21
1.6 Источники информации	22
1.7 Единицы измерения и валюта.....	22
1.8 Использование работ других экспертов	22
2 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА.....	23
2.1 Географическое положение и доступ	23
2.2 Климат.....	24
2.3 Физиография	25
2.4 Местные ресурсы и инфраструктура.....	25
2.5 Лицензии на право недропользования	27
3 Геология и минеральные ресурсы	31
3.1 Введение.....	31
3.2 Региональная геология.....	32
3.3 Геология месторождений	40
3.4 История освоения месторождений.....	52
3.5 Методика геологоразведочных работ.....	55
3.6 Проверка достоверности данных.....	99
3.7 Оценка минеральных ресурсов.....	110
4 ОЦЕНКА РУДНЫХ ЗАПАСОВ.....	158
4.1 Введение.....	158
4.2 Оптимизация карьера	161
4.3 Потери и разубоживание	166
4.4 Эксплуатационное бортовое содержание.....	168
4.5 Проектирование карьеров.....	168

4.6	Календарный план добычи.....	184
5	ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.....	188
5.1	Введение.....	188
5.2	Описание объекта.....	188
5.3	Геологическое строение месторождений.....	189
5.4	Преыдушие исследования.....	193
5.5	МУРУНТАУ/МЮТЕНБАЙ.....	195
5.6	Бесапантау.....	200
5.7	Балпантау.....	203
5.8	Расчеты WAI.....	205
6	ГИДРОГЕОЛОГИЯ.....	210
6.1	Введение.....	210
6.2	Гидрогеологическая характеристика и концептуализация.....	212
6.3	Существующие меры по контролю подземных вод.....	215
6.4	Будущие водопритоки.....	217
7	МЕТОДЫ ДОБЫЧИ.....	218
7.1	Общие сведения.....	218
7.2	Погрузка и транспортировка.....	218
7.3	Буровзрывные работы.....	219
7.4	Вспомогательная информация.....	219
8	ПЕРЕРАБОТКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ.....	221
8.1	Введение.....	221
8.2	ГМЗ-2.....	222
8.3	Цех кучного выщелачивая золота (ЦКВЗ).....	230
8.4	ГМЗ-7.....	234
8.5	Хвостовое хозяйство.....	237
8.6	Металлургические испытания руд месторождения Бесапантау.....	238
8.7	Склады бедной руды.....	239
9	ИНФРАСТРУКТУРА.....	241
10	Экологические и социальные аспекты, охрана здоровья и техника безопасности.....	242
10.1	Введение.....	242
10.2	Состояние окружающей среды.....	245
10.3	Воздействие на окружающую среду.....	247
10.4	Состояние социальной среды.....	255
10.5	Управление энергопотреблением и выбросами парниковых газов.....	256
10.6	Разрешения.....	258
10.7	Управление окружающей средой.....	259
10.8	Управление социальными аспектами и местным населением.....	262
10.9	Охрана труда и техника безопасности.....	263
10.10	Заккрытие и рекультивация.....	263
11	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА.....	265
11.1	Предисловие.....	265
11.2	Методика.....	265

11.3	Краткие сведения о плане добычи	265
11.4	Цена на металл	266
11.5	Экономическая оценка.....	267
12	ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСАХ.....	268
13	ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	270
13.1	Общие сведения	270
13.2	Геология и минеральные ресурсы	270
13.3	Метод отработки и календарное планирование горных работ	275
13.4	Геотехнический анализ	276
13.5	Гидрогеология.....	278
13.6	Переработка минерального сырья и металлургические испытания	280
13.7	Экологические и социальные аспекты, охрана труда и техника безопасности	286
13.8	Экономическая оценка.....	287
13.9	Заявление об извлекаемых запасах.....	287
	ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	1

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таб. 2.1: Общая информация о ключевых объектах АО «НГМК».....	27
Таб. 2.2: Географические координаты угловых точек лицензии NY 0260 F0 Мурунтау	28
Таб. 2.3: Географические координаты угловых точек лицензии NY 0260 F0 Мютенбай	28
Таб. 2.4: Географические координаты угловых точек лицензии NV 0259 F0 Бесапантау	29
Таб. 2.5: Географические координаты угловых точек лицензии NV 0156 F0 Балпантау.....	30
Таб. 3.1: Сводная информация о геологии месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук	42
Таб. 3.2: Сводная информация о геологии месторождения Бесапантау	46
Таб. 3.3: Сводная информация о геологии месторождения <fkgfynfe	49
Таб. 3.4: Виды и объемы геологоразведочных работ на месторождениях Мурунтауского кластера	53
Таб. 3.5: Средний выход керна по периодам	56
Таб. 3.6: Объемы бурения на золоторудных месторождениях Мурунтауского кластера.....	57
Таб. 3.7: Статистическое сравнение между основными и параллельными бороздами подземного опробования при разных сечениях.....	67
Таб. 3.8: Доля проб, проанализированных методом пробирного анализа и гамма-активации .	69
Таб. 3.9: Сводные результаты внутреннего контроля качества гамма-активационного анализа ЦЛГАА НГМК за период 2017–2019 гг.....	75
Таб. 3.10: Количество проб-дубликатов по классам содержаний за период работ 1986-1996г. на Бесапантау	76
Таб. 3.11: Результаты обработки данных внутреннего и внешнего контроля по Бесапантау за период 1986 - 1996.....	78
Таб. 3.12: Результаты обработки данных внутреннего контроля за период 1993-2000гг. по Балпантау	82
Таб. 3.13: Результаты обработки данных внешнего контроля за период 1997-2000гг. по Балпантау.....	83
Таб. 3.14: Суммарные данные внутреннего контроля за период 1993-2000гг. по Балпантау	84
Таб. 3.15: Суммарные данные внешнего контроля за период 1997-2000гг. по Балпантау.....	84
Таб. 3.16: Количество эталонных проб, проанализированных в рамках контроля качества данных по м-ям Мурунтау-Мютенбай за период 2019-2022гг. по годам.....	85
Таб. 3.17: Средние содержания эталонных проб, проанализированных в рамках контроля качества данных по м-ям Мурунтау-Мютенбай за период 2019-2022гг. по годам.....	85
Таб. 3.18: Абсолютные и процентные расхождения между фактическими и истинными содержаниями эталонных проб по м-ям Мурунтау-Мютенбай за период 2019-2022 гг. по годам	86
Таб. 3.19: Сводные результаты контроля сертифицированными эталонными пробами по м-ю Балпантау на золото.....	87
Таб. 3.20: Сводные результаты контроля сертифицированными эталонными пробами по м-ю Бесапантау на золото	88
Таб. 3.21: Результаты контроля холостыми пробами на золото по Балпантау и Бесапантау	89
Таб. 3.22: Описание типов проб-дубликатов	90

Таб. 3.23: Критерии допустимой погрешности пробы-дубликата на основе половины абсолютного значения относительного отклонения	91
Таб. 3.24: Сводные данные внутреннего контроля дубликатами на золото по Балпантау и Бесапантау	92
Таб. 3.25: Сводные данные внешнего контроля дубликатами на золото по м-ям Мурунтау и Мютенбай	93
Таб. 3.26: Сводные данные внутреннего контроля дубликатами на золото по Балпантау и Бесапантау	93
Таб. 3.27: Состав баз данных, принятых к подсчету МР	111
Таб. 3.28: Параметры композитирования для построения доменов Мурунтау-Мютенбай	118
Таб. 3.29: Статистические параметры и эффект прямой урезки ураганов по месторождениям и доменам.....	127
Таб. 3.30: Параметры урезки ураганов с учетом расстояния по месторождениям и доменам	128
Таб. 3.31: Параметры модели вариограммы Мурунтауского кластера (нормализованные пороги)	132
Таб. 3.32: Параметры блочных моделей месторождений Мурунтауского кластера.....	132
Таб. 3.33: Сравнение данных измерений объемного веса со значениями, принятыми в блочной модели	133
Таб. 3.34: Параметры интерполяции содержаний Мурунтауского кластера	134
Таб. 3.35: Сравнение средних значений исходных и интерполированных содержаний по доменам.....	137
Таб. 3.36: Сверка ресурсной и эксплоразведочной моделей м. Мурунтау-Мютенбай	142
Таб. 3.37: Сверка ресурсной и эксплоразведочной моделей м. Балпантау	144
Таб. 3.38: Критерии классификации ресурсов месторождений Мурунтауского кластера	145
Таб. 3.39: Вводные параметры оптимизации карьера (\$ США)	152
Таб. 3.40: Проаудированный подсчет минеральных ресурсов месторождений Мурунтауского кластера по состоянию на 01.01.2024г., Wardell Armstrong International	155
Таб. 4.1: Список файлов параметров оптимизации карьера для подсчета извлекаемых запасов	162
Таб. 4.2: Общие модифицирующие факторы (извлекаемые запасы)	162
Таб. 4.3: Параметры оптимизации карьера (подсчет извлекаемых запасов)	162
Таб. 4.4: Извлечения при переработке	163
Таб. 4.5: Себестоимость переработки	163
Таб. 4.6: Конфигурация бортов карьера Мурунтау	164
Таб. 4.7: Конфигурация бортов карьера Мютенбай.....	164
Таб. 4.8 Углы откосов рабочих уступов Бесапантау по секторам.....	165
Таб. 4.9: Пространственное положение, локации и генеральные углы откосов Балпантау	165
Таб. 4.10: Варианты минимальной выемочной единицы, принятые для регуляризации	166
Таб. 4.11: Результаты расчета потерь и разубоживания для карьера Мурунтау	167
Таб. 4.12: Результаты расчета потерь и разубоживания для карьера Мурунтау Бесапантау	167
Таб. 4.13: Результаты расчета потерь и разубоживания для карьера Мурунтау Балпантау	167
Таб. 4.14: Плановые и фактические разубоживание и потери	168
Таб. 4.15: Календарный план Мурунтау-Мютенбай на весь срок эксплуатации рудника	184

Таб. 4.16: Календарный план Бесапантау на весь срок эксплуатации рудника	186
Таб. 4.17: Календарный план Балпантау на весь срок эксплуатации рудника	187
Таб. 5.1 Обобщенные параметры уступа по результатам вероятностных расчетов.....	197
Таб. 5.2 Результаты анализа устойчивости откосов карьера Мурунтау/Мютенбай	199
Таб. 5.3 Основные секторы карьеров и соответствующие им углы откоса уступов.....	202
Таб. 5.4 Азимут и угол откоса бортов карьера по участкам	204
Таб. 8.1: Производственные данные по ГМЗ-2.....	222
Таб. 8.2: Данные по эксплуатационным затратам ГМЗ-2	222
Таб. 8.3: Производственные данные по ЦКВЗ	230
Таб. 8.4: Данные по эксплуатационным затратам ЦКВЗ.....	230
Таб. 8.5: Подробная информация по растворам.....	233
Таб. 8.6: Производственные данные ГМЗ-7.....	234
Таб. 8.7: Данные по эксплуатационным затратам ГМЗ-7	235
Таб. 8.8: Сравнительный расчет NPV	241
Таб. 10.1 Национальные стандарты качества воздуха Узбекистана и международные стандарты ВОЗ.....	247
Таб. 11.1: Долгосрочные прогнозы цен на золото	266
Таб. 11.2: Сводные результаты экономического анализа	267
Таб. 12.1: Результаты оценки рудных запасов Мурунтауского кластера по состоянию на 01 января 2024г. (WAI)	268
Таб. 13.1 Углы откоса группы уступов между съездами, взятые из GEM4D	277
Таб. 13.2 Сравнение углов откоса между съездами по ВНИМИ и GEM4D.....	278
Таб. 13.3: Сводные результаты экономического анализа	287
Таб. 13.4: Результаты оценки рудных запасов Мурунтауского кластера по состоянию на 01 января 2024г. (WAI).....	288

СПИСОК ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рис. 2.1: Географическое положение Мурунтауского кластера на карте Узбекистана.....	24
Рис. 2.2: Температура и осадки в районе Мурунтау, данные взяты с ресурса Climate-Data.org. 25	
Рис. 2.3: Карта местоположения Кызылкумского золоторудного района.....	26
Рис. 2.4: Карта местоположения и инфраструктуры Мурунтауского кластера.....	26
Рис. 3.1: Региональная геология Центральна-азиатского орогенного пояса, по Вангу и др., 2018	33
Рис. 3.2: Тянь-Шаньский пояс в Узбекистане и распределение золоторудных месторождений по данным Селтмана и Портера, 2005 г.	34
Рис. 3.3: Общий вид Кызылкумского района, по Кемпе и др., 2015 г.	37
Рис. 3.4: Региональный геологический контекст месторождения Мурунтау, на основе советских региональных металлогенических карт по Уайльду и Гилберту, 2000 г.	39
Рис. 3.5: Геологическая карта золоторудных месторождений Мурунтау, Мютенбай , Чукуркудук и Бесапантау (НГМК)	41
Рис. 3.6: Эксплоразведочное опробование карьера Мурунтау-Мютенбай, используемая цветовая шкала позволяет визуализировать тренды богатого оруденения	45

Рис. 3.7: Типовой разрез золоторудного месторождения Бесапантау (НГМК)	48
Рис. 3.8: Геологические карты и Типовой разрез золоторудного месторождения Балпантау (НГМК)	51
Рис. 3.9: Гистограмма выхода керна при бурении на месторождениях Мурунтау- Мютенбай-Чукуркудук в период после 2019 г.....	56
Рис. 3.10: Карта скважин и опробования подземных выработок на месторождениях Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук	60
Рис. 3.11: Карта скважин, опробования подземных выработок и канав на месторождении Бесапантау	61
Рис. 3.12: Карта скважин, опробования подземных выработок и канав на месторождении Балпантау	61
Рис. 3.13: План и поперечный разрез, показывающие сеть геологоразведочных подземных выработок на м-ях Мурунтау-Мютенбай относительно объема эксплоразведочного бурения в карьере.....	65
Рис. 3.14: Технологическая схема пробоподготовки	68
Рис. 3.15: (А & В) разрезы для сравнения исторически и новых скважин; (С) карта участка, исключенного и подсчета ресурсов ввиду неподтверждения исторических данных	101
Рис. 3.16: Разрезы сравнения исторических и новых скважин на Бесапантау (А и В) и Балпантау (С).....	102
Рис. 3.17: План горизонта м-я Мурунтау как пример используемого метода статистического сравнения близко расположенных проб из разных выработок	104
Рис. 3.18: Статистические сравнения различных наборов данных по м. Мурунтау-Мютенбай	106
Рис. 3.19: График корреляции QQ между данными колонкового бурения и RC на Мурунтау	107
Рис. 3.20: Графики корреляции QQ между историческим и новыми колонковыми скважинами на месторождениях Бесапантау и Балпантау	108
Рис. 3.21: Графики корреляции QQ между пробами канав и колонковых скважин на Бесапантау и Балпантау	109
Рис. 3.22: Структурное моделирование Мурунтау-Мютенбай-Чукуркудук.....	113
Рис. 3.23: Структурное моделирование Бесапантау	114
Рис. 3.24: «Повариантный анализ длины» рудных интервалов для месторождений Мурунтау и Мютенбай	116
Рис. 3.25: Анализ содержаний методом «уклона» по эксплоразведочным данным горизонта 350м месторождения Мурунтау	117
Рис. 3.26: Тренды оруденения на м. Мурунтау	118
Рис. 3.27: Модель разломов месторождений Мурунтау и Мютенбай.....	119
Рис. 3.28: Рудные домены Мурунтау в сопоставлении с эксплоразведочной блочной моделью (план горизонта 350 м)	120
Рис. 3.29: Вид рудных доменов Бесапантау в плане и разрезе	122
Рис. 3.30: Рудные домены Балпантау в плане и разрезе	124
Рис. 3.31: Пример анализа границы домена 1 г/т на Мурунтау.....	125
Рис. 3.32: Гистограммы распределения длин проб по месторождениям	126
Рис. 3.33: Области месторождений Мурунтау и Мютенбай, которыми были ограничены эксплоразведочные данные для вариографии	129

Рис. 3.34: Анализ непрерывности и моделирование вариограмм по м. Мурунтау.....	130
Рис. 3.35: Анализ непрерывности и моделирование вариограмм по м. Мютенбай	131
Рис. 3.36: Поперечный разрез м. Мурунтау для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели	135
Рис. 3.37: Поперечный разрез м. Мютенбай для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели	136
Рис. 3.38: Поперечный разрез м. Бесапантау для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели	136
Рис. 3.39: Поперечный разрез м. Балпантау для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели	137
Рис. 3.40: Пример графика контрольной проверки содержаний методом «полос» для Мурунтау (черным показана кривая значений проинтерполированных содержаний методом ординарного кригинга, красным – кривая исходных содержаний композитов)	138
Рис. 3.41: Пример графика контрольной проверки содержаний методом «полос» для Бесапантау (черным показана кривая значений проинтерполированных содержаний методом ординарного кригинга, красным – кривая исходных содержаний композитов)	139
Рис. 3.42: Пример графика контрольной проверки содержаний методом «полос» для Балпантау (черным показана кривая значений проинтерполированных содержаний методом ординарного кригинга, красным – кривая исходных содержаний композитов)	140
Рис. 3.43: График рассеяния для сопоставления металла в руде выше борта 0,5 г/т в ресурсной и эксплоразведочной модели при переблокировке до приблизительного годового объема добычи	143
Рис. 3.44: Пример типовой схемы сверки, предусматривающей ряд сопоставлений по всему производственному циклу (Hargreaves & Morley, 2014)	143
Рис. 3.45: Визуальное сравнение ресурсной (серый) и эксплоразведочной (красный и оранжевый) моделей Балпантау по борту 0.5г/т, вид в плане	144
Рис. 3.46: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 50 м для Мурунтау (при плотности сети 100x100 м пробелы отсутствуют).....	146
Рис. 3.47: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 40м для м. Мютенбай и Чукуркудук (при плотности сети 80x80 м пробелы отсутствуют)	147
Рис. 3.48: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 30м для м. Бесапантау (при плотности сети 60x60 м пробелы отсутствуют).....	147
Рис. 3.49: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 30м для м. Балпантау (при плотности сети 60x60 м пробелы отсутствуют)	148
Рис. 3.50: Оптимизированные оболочки карьеров каждого месторождения Мурунтауского кластера	154
Рис. 3.51: Кривая «фазового анализа» по Лерчу-Гроссману для выбора оболочки при оптимизации карьера Мурунтау-Мютенбай	156
Рис. 3.52: Поперечный разрез для сравнения оболочек, полученных при \$1794 и при \$1950.	157
Рис. 4.1: Схема преобразования минеральных ресурсов в извлекаемые запасы по категориям (JORC 2012).....	159
Рис. 4.2: Контур карьера Мютенбай №1 внутри контура проектного карьера 5-ой очереди....	170
Рис. 4.3: Контур карьера Мютенбай №2 внутри контура проектного карьера 5-ой очереди... ..	171

Рис. 4.4: Контур карьера Мурунтау №2 внутри контура проектного карьера 5-ой очереди	172
Рис. 4.5: Чаша карьера Мурунтау №РВ3, соответствующая «проекту 5-ой очереди»	173
Рис. 4.6: Контур карьера Бесапантау №1 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)	175
Рис. 4.7: Контур карьера Бесапантау №2 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)	176
Рис. 4.8: Контур карьера Бесапантау №1 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)	177
Рис. 4.9: Предельный контур карьера Бесапантау	178
Рис. 4.10: Контур карьера Балпантау №1 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)	180
Рис. 4.11: Контур карьера Балпантау №2 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)	181
Рис. 4.12: Контур карьера Балпантау №3 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)	182
Рис. 4.13: Предельный контур карьера Балпантау	183
Рис. 5.1 Структурные домены и направления падения откосов месторождения Мурунтау	197
Рис. 5.2 Оптимальные параметры уступов и берм Мурунтау/Мютенбай	198
Рис. 5.3 Границы суб-доменов из отчета Института ВНИМИ по 3 этапу	202
Рис. 5.4 Каркасная модель Балпантау, где показаны локации измерения углов генеральных откосов бортов карьера	204
Рис. 5.5 «Размазывание» значений угла бета на стереографической проекции скважины GT-SRK-001 (WAI)	206
Рис. 5.6 «Размазывание» значений угла бета на стереографической проекции скважины GT-SRK-009	206
Рис. 5.7 «Размазывание» значений угла бета на стереографической проекции скважины GT-SRK-015 (WAI)	207
Рис. 5.8 Стереографическая проекция GT-BES1	208
Рис. 5.9 Стереографическая проекция GT-BES5 (WAI)	208
Рис. 5.10 Стереографическая проекция GT-BES6 (WAI)	209
Рис. 8.1: Общая технологическая схема мельничного блока	225
Рис. 13.1 Каркасная модель Мурунтау/Мютенбай с местами измерения доменов	276
Рис. 13.2 Каркасная модель Бесапантау с точками измерения доменов	278
Рис. 13.3: Зависимость извлечения от исходного содержания при кучном выщелачивании ...	282
Рис. 13.4: Альтернативная схема измельчения	283

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1: Кодекс JORC, редакция 2012 г. – Контрольный лист «Таблица №1» по раскрытию минеральных ресурсов и рудных запасов месторождений Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау и Балпантау

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Общие сведения

Компания Wardell Armstrong International Limited (далее по тексту «WAI») по запросу Навоийского горнометаллургического комбината (далее «НГМК» или «Заказчик») осуществляет аудит минеральных ресурсов, оценку извлекаемых запасов и разработку единого календарного графика добычи на уровне предварительного технико-экономического обоснования («PFS») для золоторудных месторождений Мурунтауского кластера. В рамках разработки графика добычи WAI также, согласно запросу, осуществляет разработку концептуальной стратегии переработки бедного материала на перерабатывающих заводах Мурунтауского кластера.

В настоящем отчете представлены следующие компоненты работ: «аудит минеральных ресурсов» и переоценка рудных запасов». Минеральные ресурсы представлены в соответствии с руководящими принципами «Австралазийского кодекса отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и извлекаемых запасах» редакции 2012 г. («Кодекс JORC»).

В состав Мурунтауского кластера входит пять золоторудных месторождений и три перерабатывающих завода, расположенных в Навоийской области Узбекистана. В рамках настоящего исследования рассматриваются следующие источники руды:

- Мурунтау (действующий рудник);
- Мютенбай (действующий рудник);
- Беспантау (добыча запланирована на 2024 г.);
- Балпантау (добыча началась в 2023 г.);
- Отвалы бедных руд и хвосты кучного выщелачивания.

Месторождение Чукуркудук исключено из данного исследования до получения результатов текущего заверочного бурения. В рамках настоящего исследования рассматриваются следующие перерабатывающие заводы:

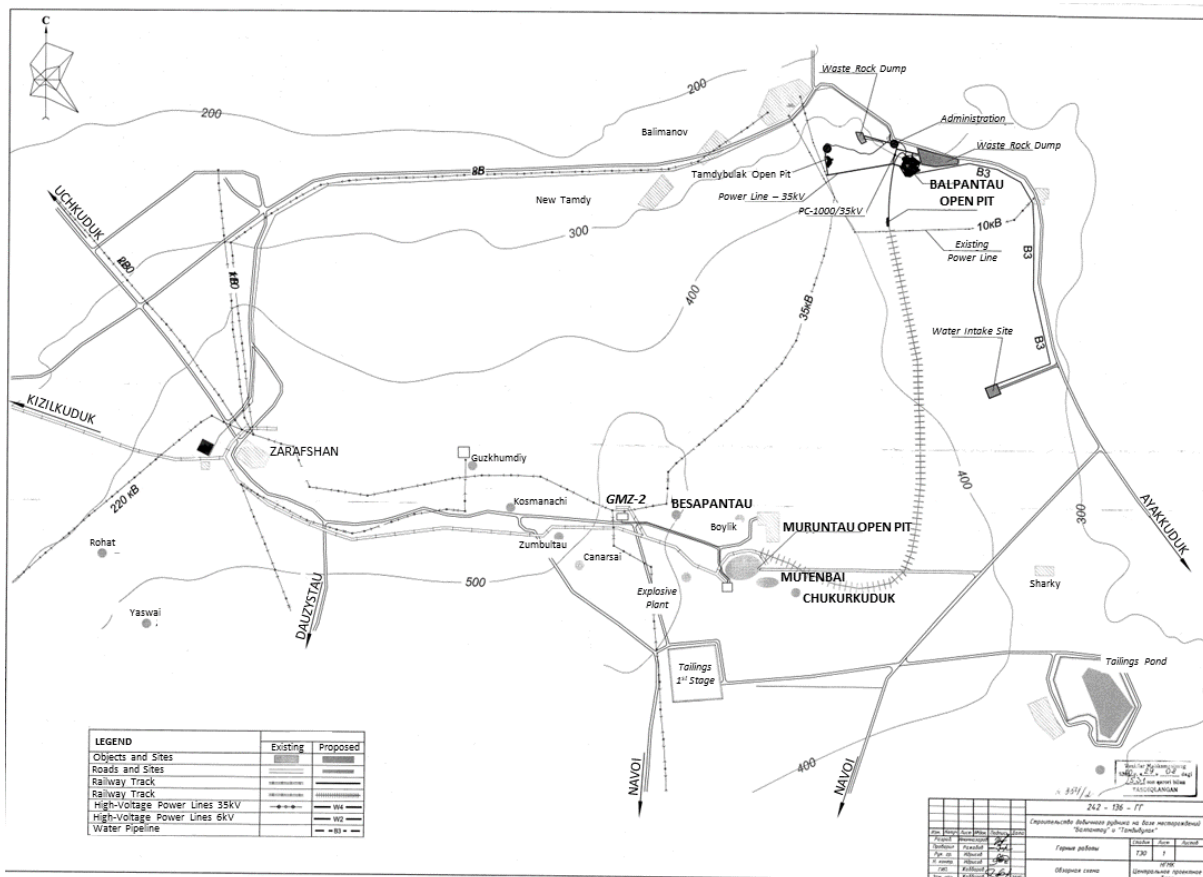
- ГМЗ-2 (производительность 50 млн.т/г, переработка руды всех месторождений);
- ГМЗ-7 (производительность 15 млн.т/г, переработка хвостов кучного выщелачивания);
- Цех кучного выщелачивания золота (производительность 11 млн.т/г, переработка бедных руд).

Расположение и описание объекта

Мурунтауский кластер расположен в пустыне Кызылкум, примерно в 360 км к северо-западу от Самарканда, второго по величине города Узбекистана.

Для территории характерен континентальный засушливый пустынный климат и преимущественно равнинный пустынный ландшафт, разбитый хребтом Тамдытау примерно в 30 км к северо-западу и горами Аристантау примерно в 50 км к югу от месторождения Мурунтау.

Предприятие Мурунтау имеет историю, берущую начало в 1967 году, и местная инфраструктура хорошо развита. Месторождения Мурунтау и Мютенбай разрабатываются на базе карьера Мурунтау, расположенного примерно в 30 км к востоку от города Зарафшан, соединенного с городом автодорогой с твердым покрытием и железной дорогой. Площадка гидрометаллургического завода № 2 (ГМЗ-2) расположена в 5 км западнее карьера Мурунтау. Месторождение Бесапантау расположено в 4,5 км к северо-западу от карьера Мурунтау. Карьер Балпантау расположен в 26,5 км к северо-северо-востоку от Мурунтау.



Карта местоположения и размещения инфраструктуры Мурунтауского кластера

Лицензии на право пользования недрами

НГМК владеет следующими лицензиями на право пользования недрами в целях добычи полезных ископаемых на каждом месторождении золота Мурунтауского кластера:

- Лицензия № NY 0260 от 24.09.2021, действительная до 22.01.2074 для месторождений Мурунтау и Мютенбай;

- Лицензия № NV 0259 от 24.09.2021, действительная до 09.01.2025 для месторождения Бесапантау;
- Лицензия № NV 0247 от 24.09.2021, действительная до 31.12.2033 для месторождения Балпантау.

Основными условиями лицензионных соглашений являются соблюдение требований, установленных статьями Закона «О недрах», а именно: разработка и утверждение годовых планов горных работ; проведение добычных и маркшейдерских работ на карьерах; предоставление ежегодных отчетов в Государственный геологический фонд при Государственном комитете по геологии и минеральным ресурсам; корректировка баланса добытых и потерянных полезных ископаемых только после согласования с ГУ «Саноатгеоконтехназорат»; организация соответствующих мест для заправки техники; проведение рекультивационных работ; проведение процедур по мониторингу пыли и пылеподавлению в засушливое время года; обеспечение годовой производительности по добыче в соответствии с рабочим проектом и ежегодная уплата налогов за пользование недрами.

При условии соблюдения владельцем лицензии лицензионных условий и разработки месторождения лицензия на добычу полезных ископаемых может быть продлена по требованию владельца. WAI не известно о каких-либо факторах, которые могут привести к непродлению лицензий на объекты Мурунтауского кластера в установленном порядке.

Геология

Месторождение Мурунтау расположено на территории Кызылкумского золоторудного района Узбекистана, в западной части южнотяньшанского орогенного пояса. Кызылкумский фундамент сложен нижнепалеозойской бесапанской свитой, которая представляет собой углеродо- и сульфидосодержащие метаморфизованные и складчато-обломочные породы, метаморфизованные и деформированные во время нижнепалеозойской каледонской складчатости. Бесапанская свита несогласно перекрыта отложениями девона и раннего триаса, карбонатами и вулканитами.

Золотая минерализация является гидротермальной и контролируется сложными кварц-сульфидными жильными массивами и штокверками, обычно развитыми субпараллельно напластованию в складчатой и нарушенной средней и нижней бесапанской подсвиты. Гранитный магматизм и золоторудное оруденение в целом одновременны, но их прямая связь остается недоказанной. Минерализация в основном представлена самородным золотом, а также некоторым количеством вкрапленного пирита и арсенопирита.

Месторождения Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук расположены вместе на восточной периклинали крупной Тазгазганской антиклинали, осложненной мелкомасштабной складчатостью. Месторождение Бесапантау расположено на северо-западном фланге рудного

месторождения Мурунтау. Месторождение Балпантау расположено севернее, в пределах вулcano-тектонического грабена.

Буровые работы и отбор проб

Основные типы проб, которые отбирались в ходе геологоразведочных работ на Мурунтауском кластере, представлены керновыми, шламовыми и бороздовыми пробами из наземных канав и подземных выработок. НГМК отбирает и анализирует все интервалы, за исключением безрудного четвертичного осадочного покрова.

Колонковое бурение является преобладающим методом бурения на всех месторождениях и проводилось оно по систематической сети, с такой ориентацией, что пересечения со скважинами находятся под большим углом к преобладающему направлению минерализации. В дополнение к буровым работам проводилась проходка поверхностях траншей и подземных горных выработок. Несмотря на дорогостоящий подход, обширные подземные обнажения, вероятно, создадут более достоверные ограничения по расположению, ориентации, морфологии и непрерывности зон минерализации, чем это было бы возможно на основе только данных бурения.

По мнению специалистов WAI текущие буровые работы, отбор керновых проб и пробоподготовка на Мурунтауском кластере выполняются компетентным персоналом с использованием процедур, соответствующих стандартной отраслевой практике. Повышенный риск систематической ошибки отбора проб существует при историческом колонковом бурении до 2019 года (более низкий средний уровень извлечения) и отборе некерновых проб (подземное бороздовое опробование, при проходке канав и проб RC-бурения).

Пробоподготовка и анализ

Технологическая схема пробоподготовки одинакова для всех месторождений и типов проб. Процесс пробоподготовки включает сушку, дробление и измельчение с сокращением пробы между этапами для получения навески для анализа. Специалисты WAI считают, что оборудование, вес и крупность проб, используемые в настоящее время при подготовке проб, соответствуют стандартной отраслевой практике.

На месторождениях Мурунтауского кластера анализ проб осуществляется двумя методами – пробирным и гамма-активационным. Пробоподготовка и пробирный анализ проведены в основном геологической лабораторией Кызылкумской ПГРЭ. Гамма-активационный анализ выполняется в Центральной лаборатории гамма-активационного анализа (ЦЛГАА) НГМК.

Около 98% проб месторождений Мурунтау и Мютенбай проанализированы методом гамма-активационного анализа. Для месторождений Бесапантау и Балпантау имеется гораздо более высокая доля данных пробирного анализа. На этих месторождениях гамма-активационный

анализ обычно использовался в качестве предварительного анализа, после чего для пробирного анализа отбирались пробы с содержанием выше 0,5 г/т.

Анализ имеющихся данных обеспечения и контроля качества («QAQC») выявляет ряд проблем с качеством данных, связанных с точностью аналитических работ и воспроизводимостью (прецизионностью), а также с неполным охватом QAQC и процедурами контроля качества. В последних программах бурения результаты QAQC улучшаются, а пробелы в данных сокращаются, что позволяет использовать эти данные для косвенной проверки наборов исторических данных.

Проверка достоверности данных

С целью оценки рисков погрешности в пробоотборе и аналитических работах проведен ряд проверок данных.

По месторождениям Мурунтау и Мютенбай Заказчиком было выполнено визуальное сравнение результатов детального геологоразведочного и эксплуатационного бурения на участках их взаимного наложения. В тех случаях, когда наличие или отсутствие значительного минерализованного пересечения не подтверждалось данными плотной сети эксплоразведочных скважин (6 x 6 м), буровые скважины исключались из оценки минеральных ресурсов.

Бурение с 2019 г. характеризуется более высоким качеством за счет более высокого выхода керна и более полной процедуры контроля качества лабораторно-аналитических работ (QAQC). Продолжающиеся буровые работы позволяют Заказчику на всех месторождениях расширить площади, охваченные «свежим» бурением, и снизить зависимость от буровых данных исторического периода. Несмотря на отсутствие сдвоенных заверочных скважин, Заказчиком в рамках развития ресурсной базы была уплотнена сеть скважин на участках, охваченных только историческими скважинами. Сравнение исторических скважин с соседними новыми скважинами позволяет в некоторой степени проверить достоверность данных, поскольку признаки резкого изменения содержаний и/или мощности на очень коротких расстояниях могут указывать на сниженное качество данных. WAI считает это эффективной проверкой наиболее существенных ошибок, аналогично сопоставлению с эксплоразведочными данными.

Специалистами WAI проведено независимое статистическое сравнение наборов данных для выявления систематического отклонения в данных опробования, вызванного различиями в типах проб или применением разных методов отбора и/или анализа проб в разные периоды времени. В целом, признаков наличия существенной систематической ошибки между различными типами проб на м. Мурунтау-Мютенбай не отмечено, что подтверждает обоснованность решения НГМК включить данные колонкового бурения, бурения РС и опробования подземных выработок в оценку минеральных ресурсов.

Статистические сравнения между историческим и недавним бурением не показывают на Бесапантау признаков существенной систематической погрешности, однако на Балпантау отмечается потенциальное наличие занижения содержаний в исторических скважинах (разница между суммарными средними значениями содержаний композитов выше бортового содержания 0,5 г/т составила -9%). Учитывая масштабы погрешности, выявленной в исторических данных Балпантау, а также то, что она направлена в сторону занижения, а не завышения, по заключению WAI, исторические данные по обоим месторождениям на данном этапе могут быть приняты к подсчету ресурсов.

Статистическое сравнение данных колонковых скважин и канав на месторождении Балпантау показывает сильное завышение содержаний в данных опробования канав. Чтобы исключить искажающую экстраполяцию этих содержаний на глубину, WAI поддерживает решение исключить все канавы из оценки минеральных ресурсов месторождения Балпантау.

Процедуры проверки базы данных, проведенные WAI, подтвердили целостность данных, содержащихся в предоставленных электронных базах данных. WAI считает, что QAQC и проверка данных, проведенные на сегодняшний день, были использованы для выбора подмножества баз данных по буровым скважинам, которые считаются подходящими для подсчета минеральных ресурсов и извлекаемых запасов.

Подсчет минеральных ресурсов

Оценка минеральных ресурсов была выполнена НГМК с использованием баз данных буровых скважин и геологических моделей, разработанных геологической группой НГМК и ее субподрядчиками. Аудит подсчета минеральных ресурсов выполнялся WAI при активном вовлечении обратной связи от Заказчика, благодаря чему у Заказчика была возможность проработать выявленные замечания и предоставить доработанные и откорректированные модели ресурсов до выпуска окончательного отчета о результатах аудита. Оптимизированные оболочки карьеров для ограничения минеральных ресурсов были созданы WAI на основе параметров, предоставленных Заказчиком.

Для моделирования ресурсов в основном использовалось программное обеспечение Leapfrog Geo и Leapfrog Edge. Заказчиком были построены каркасные модели рудных доменов путем композитирования проб с содержанием выше установленных бортовых содержаний методом имплицитного (условного) моделирования с построением оболочек вокруг композитов. Структурные тренды строились и применялись к оболочкам таким образом, чтобы пространственное положение и непрерывность доменов отражало интерпретируемую ориентацию и непрерывность оруденения.

Построение блочных моделей проводилось с использованием каркасов минерализации с целью определения границ доменов блочной модели. Для блочной модели Мурунтау-Мютенбай была принята материнская ячейка размером 30 x 30 x 15 м. Для Бесапантау и

Балпантау принятый размер элементарной ячейки составил 20 x 20 x 5 м. Для более полного заполнения каркаса домена на границах доменов допускалась разбивка на субблоки.

Интерполяция содержаний Интерполяция содержаний по двум композитам. Границы доменов были приняты в качестве жестких границ, поэтому композиты из соседнего домена не могли оказывать влияния при интерполяции другого домена. Интерполяция содержаний производилась по трехпрогонной схеме, которая предусматривает последовательное увеличение радиуса поиска при втором и третьем прогонах, что позволяет охватить интерполяцией блоки, не охваченные на предыдущем прогоне. Для согласования общей ориентации поиска с локальной ориентацией домена применялась динамическая анизотропия. Ориентация динамического эллипсоида определялась теми же структурными трендами, которые использовались при построении каркасов доменов.

Контрольная проверка модели производилась путем визуального сравнения содержаний исходных композитов и интерполированных содержаний в блочных моделях, статистического сравнения усредненных содержаний и графическим методом «полос». В глобальном масштабе в блочных моделях не было обнаружено никаких признаков значительного завышения или занижения содержаний, а также не было выявлено каких-либо очевидных проблем с интерполяцией. С точки зрения соответствия проинтерполированных содержаний модели исходным содержаниям, по мнению WAI, что интерполированные содержания объективно отражают содержания исходных композитных проб.

Для месторождений Мурунтауского кластера данные о плотности ограничены. Специалисты WAI сравнили сводную статистику этих данных с предположениями о плотности, примененными в блочной модели для каждого месторождения. Текущие предположения о плотности блочной модели кажутся консервативными, но разумными, учитывая ограниченный объем подтверждающих данных.

Сверка геологической модели с данным эксплоразведки и добычи является ключевым инструментом для оценки общей существенности любых остаточных ошибок в исходных данных и интерполяции содержаний, связанных с принятым методом интерполяции и плотностью сети данных. Сравнение ресурсной и эксплоразведочной модели с учетом фактического годового объема добычи на месторождениях Мурунтау и Мютенбай показывает, что отклонение по тоннажу, содержанию и металлу по большей части существенно ниже установленного допустимого предела расхождения $\pm 15\%$ для категории «выявленные». Месторождения Беспантау и Балпантау характеризуются более разрозненными зонами минерализации и большей пространственной сложностью. На основе исходных данных эксплоразведочного бурения и результатов сверки, более близкое расстояние между скважинами и более высокая доля недавнего бурения на этих месторождениях кажутся достаточными для подтверждения категории «выявленных» ресурсов, тем не менее классификацию следует пересматривать по мере развития горных работ и поступления данных для сверки.

Классификация была присвоена ресурсам в блочных моделях исходя из совокупности критериев - плотности разведочной сети, номера прогона интерполяции и объема каркаса. Специалисты WAI считают, при принятый подход к классификации учитывает степень надежности данных бурения, геологической интерпретации, геологической непрерывности, плотности сети и пространственной ориентации геологоразведочных выработок, пространственную непрерывность оруденения, метод интерполяции и результаты сверки ресурсной модели с эксплоразведочными данными.

Допущения о добыче, переработке и долгосрочных ценах использовались для определения пропорции блочных моделей, отработку которых можно было бы разумно ожидать с экономической точки зрения, с использованием бортового содержания золота 0,3 г/т в оптимизированных оболочках карьеров.

Минеральные ресурсы золоторудных месторождений Мурунтауского кластера подсчитаны и классифицированы в соответствии с предписаниями Австралийского Кодекса отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и извлекаемых запасах (Кодекс JORC редакции 2012 года). Проаудированный подсчет минеральных ресурсов представлен ниже. Подсчет выполнен по состоянию на 01.01.2024г.

На момент подготовки настоящего отчета специалисты WAI не располагали данными о наличии каких-либо факторов из сферы экологии, разрешительной документации, правовых аспектов, недропользования, налогообложения, социально-экономических, рыночных, политических или подобных факторов, которые могли бы существенно повлиять на настоящий подсчет минеральных ресурсов, ни данными о том, что на настоящий подсчет минеральных ресурсов могут оказать влияние горные, металлургические, инфраструктурные факторы и пр.

Проаудированный подсчет минеральных ресурсов месторождений Мурунтауского кластера по состоянию на 01.01.2024г., Wardell Armstrong International					
Месторождение	Категория	Тоннаж (млн.т)	Сод. Au (г/т)	Кол-во Au	
				(млн. унц)	(т)
Мурунтау	Выявленные	2 016	0,93	60,0	1 866
	Предполагаемые	732	0,81	19,1	595
	Итого	2 747	0,90	79,1	2 461
Мютенбай	Выявленные	230	1,06	7,8	244
	Предполагаемые	491	0,91	14,3	445
	Итого	721	0,96	22,2	689
Бесапантау	Выявленные	131	0,88	3,7	115
	Предполагаемые	133	0,90	3,8	119
	Итого	265	0,89	7,5	235
Балпантау	Выявленные	57	0,98	1,8	56
	Предполагаемые	38	0,88	1,1	33
	Итого	95	0,94	2,9	90
Рудные склады	Выявленные	34	0,54	0,6	18
	Предполагаемые	93	0,44	1,3	41
	Итого	127	0,46	1,9	59
Итого	Выявленные	2 467	0,93	73,9	2 300
	Предполагаемые	1 487	0,83	39,7	1 233
	Итого	3 955	0,89	113,6	3 533

Примечания:

1. Минеральные ресурсы были классифицированы в соответствии с требованиями Кодекса JORC (2012г.);
2. Подсчет минеральных ресурсов выполнен по состоянию на 1 января 2024г.;
3. Результаты подсчета минеральных ресурсов приводятся по бортовому содержанию золота 0.3г/т. Результаты подсчета минеральных ресурсов рудных складов приводятся по бортовому содержанию золота 0.0г/т;
4. Минеральные ресурсы ограничены контуром оптимизированного карьера при цене на золото 1950 \$ за унцию на основе соответствующих экономических, горных и металлургических параметров;
5. Содержание металла представляет собой количество металла в недрах без поправки на извлечение при обогащении или разубоживание при добыче;
6. «Минеральные ресурсы» не могут считаться «извлекаемыми запасами» до тех пор, пока не будет доказана экономическая эффективность их отработки на основе предварительного (PFS) или окончательного технико-экономического обоснования (FS);
7. Подсчет минеральных ресурсов приводится включая все извлекаемые запасы;
8. Минеральные ресурсы приводятся при доле владения 100%;
9. Все значения округлены в соответствии с относительной точностью подсчета, округление может привносить погрешность при суммировании значений.
10. В русской версии настоящего документа используются следующие варианты перевода терминологии кодекса JORC:

Ore Reserves		Mineral Resources		
извлекаемые запасы		минеральные ресурсы		
Proven	Probable	Measured	Indicated	Inferred
доказанные	вероятные	измеренные	выявленные	предполагаемые

Слова «руда», «рудный» и прочие производные слова используются в русской версии настоящего документа в значении «природный минерализованный материал» вне какой-либо связи с рентабельностью и технической осуществимостью его добычи и переработки.

Геотехнический анализ

Специалистам Wardell Armstrong International (WAI) для проведения настоящего анализа по геотехнической части были предоставлены Заказчиком геотехнические материалы, охватывающие работы, выполненные Институтом ВНИМИ и SRK Consulting в 2021 и 2022 годах. По завершении анализа геотехнических данных специалистами WAI были предоставлены рекомендации по проектированию откосов для использования при оценке извлекаемых запасов.

Мурунтауский кластер расположен в районе хребта Мурунтау южной части гор Тамдытау, в 30 км к востоку от города Зарафшан на юге центральной части Республики Узбекистан. Проект Навои состоит из пяти карьеров: Мурунтау, Мютенбай, Чукуркудук, Балпантау и Бесапантау.

По заключению WAI, учитывая уровень детальности исследований SRK Consulting по месторождениям Мурунтау и Мютенбай, значения, представленные в отчетах SRK, являются достаточно надежными. Анализ имеющейся каркасной модели месторождения Бесапантау показывает, что углы откосов в доменах, указанных в отчете института ВНИМИ, меньше значений, указанных ВНИМИ с учетом фактора неопределенности и запаса устойчивости откосов. Значение 41° , принятое для карьера Балпантау, при сравнении с актуальной каркасной моделью для целей оценки извлекаемых запасов может считаться целесообразным до более точного определения геомеханических свойств этого карьера, при условии принятия во внимание, что отсутствие фоновых данных, характерных именно для этого месторождения, приводят к повышенному профилю риска.

Гидрогеология

Большая часть проведенных гидрологических работ приходится на месторождение Мурунтау, при этом самые актуальные исследования проводились в 2018 году. Единственное исследование по Бесапантау, в состав которого также вошло Балпантау, основано на работах, выполненных более тридцати лет назад (1986-1998 гг.) во время геологоразведки. Все имеющиеся данные нуждаются в обновлении с помощью исследований и анализа с применением соответствующих процедур контроля качества, поскольку большая часть информации уже устарела и подлежит замене более актуальными данными.

Касательно имеющихся мер по управлению поверхностными водами на руднике можно сделать следующие выводы. Система дренажа по периметру в пределах верхних 50 м внутренней части карьера эффективно функционирует. Она позволяет осуществлять сбор ливневых поверхностных стоков, которые образуются преимущественно зимой и весной. Не проводился расчет пиковых осадков, максимальной гидравлической проводимости системы и периодов повторяемости, эти аспекты рекомендуется рассмотреть. Никаких сообщений о затоплении рудника или проблемах с управлением поверхностными водами не поступало, однако этот факт, тем не менее, не может рассматриваться как надежное основание при планировании горных работ и мер защиты от наводнений. Необходимо учитывать влияние глобального

изменения климата, и проводить анализ ливневых стоков для оценки надежности дренажной инфраструктуры рудника.

Гидрогеология (гидрология недр) рудника контролируется тектоническими нарушениями Таказганского и Бесапанского песчано-сланцевого комплекса. Эти породы характеризуются относительно низкой первичной гидравлической проводимостью, но относительно высокой вторичной пористостью в местах развития трещиноватости. Из-за значительной структурной деформации вдоль складчатых структур и связанных с ними разломов, гидрогеология участка включает ряд отдельных зон движения подземных вод, обособленных водовмещающих структур (например, по обе стороны от Южного разлома) в локальном масштабе 100-метровых блоков и гидравлически изолированных восточной и западной зон карьера. В течение нескольких десятилетий рудником использовался подземный водоотлив со средним дебитом 42 л/с из ствола шахты «М» и пройденной из него системы подземных выработок. Пьезометрия рудника (уровни и напоры подземных вод), взаимосвязь водовмещающих зон и гидравлических свойств пород характеризуются очень низкой изученностью.

Изучение материалов по последним проведенным исследованиям показало, что была оборудована только одна специальная наблюдательная скважина. Уровни вод регистрировались в открытых геологоразведочных скважинах, но детали конструкции этих скважин и, следовательно, точность полученных показаний, крайне неопределенны. Большая часть имеющего представления об уровнях и поведении подземных вод основана на ограниченном объеме данных. Оценка водопритоков выполнена с использованием упрощенного аналитического метода, называемого «методом большого колодца». Этот метод предполагает чрезмерное упрощение системы с расчетом на основе упрощенной геометрии карьера и единых условно принятых гидравлических свойств пород. Также был выполнен второй расчет, основанный на единице водопритока на метр длины выработки. Оба расчета показывают, что при понижении горных работ до глубины 700 м произойдет практически удвоение водопритока – с нынешних 42 л/сек до 75-85 л/с.

Рекомендуется осуществить программу гидрогеологических исследований, испытаний, анализа и моделирования с использованием современных методов (таких как пакерные испытания и численное моделирование) для повышения надежности гидрогеологических данных и принятых мер контроля водопритоков.

Метод отработки и календарное планирование горных работ

В состав Мурунтауского Кластера входит три карьера, для которых была выполнена оценка извлекаемых запасов на основе различных "модифицирующих факторов", таких как цена на золото, технологическое извлечение металла при переработке руд, геотехнические параметры, затраты, разубоживание и потери при добыче, а также прирост и убытие запасов за счет геологоразведочных работ и погашения запасов.

Подсчет извлекаемых запасов осуществляется методом «оптимизации карьера» на основе определенных исходных параметров. Этот метод предусматривает построение серии вложенных друг в друга оболочек, которые позволяют оценить пригодность существующих проектных карьеров в качестве основы для проектирования и календарного планирования горных работ.

Оптимизация карьера — это общепризнанный метод, предусматривающий создание различных оболочек карьера на основе предоставленной модели геологических блоков ресурсов и заданных пользователем экономических и эксплуатационных параметров. Компания WAI провела работы по оптимизации с использованием признанного в отрасли программного обеспечения Datamine NPV Scheduler, которое предлагает различные возможности для календарного планирования горных работ и построения оптимальных контуров карьера.

По результатам оптимизации, выполненной на основе принятых параметров, теоретическое (расчетное) бортовое содержание руды, отправляемой на обогатительную фабрику, составило 0,2-0,35 г/т Au. Однако, в настоящее время принятое на руднике бортовое содержание золота при добыче составляет **0,50 г/т**, поэтому для подсчета извлекаемых запасов использовалось это значение.

Календарное планирование добычи для Мурунтауского кластера выполнялось с помощью специализированного программного обеспечения «Datamine Studio NPVS» на основе промежуточных контуров, построенных специалистами WAI внутри предельных контуров, разработанных и предоставленных заказчиком.

В расчет календарного графика добычи, принятого для подсчета извлекаемых запасов, в качестве сырья для перерабатывающих комплексов были вовлечены минеральные ресурсы всех трех категорий, включая «измеренные», «выявленные» и «предполагаемые». Однако, в экономической оценке учитывался доход из расчета только «измеренных» и «выявленных» минеральных ресурсов, которые были переведены в извлекаемые запасы категорий «вероятные» и «доказанные», при этом для ресурсов категории «предполагаемые» была принята себестоимость добычи как для пустой породы.

Карьеры Мурунтауского кластера отрабатываются по традиционной погрузочно-откаточной схеме с использованием экскаваторов с прямой и обратной лопатой для погрузки горной массы в самосвалы грузоподъемностью 130, 180 и 220 тонн различных производителей. Рыхление горной массы осуществляется с помощью буровзрывных работ. На Мурунтау для транспортировки горной массы помимо самосвалов также используется наклонный конвейер.

Руда транспортируется на склады рядовой руды, прилегающие к карьерам, и либо складировается для усреднения, либо транспортируется по железной дороге к дробилкам перерабатывающих комплексов ГМЗ-2, ГМЗ-7 или ЦКВЗ. Пустая порода транспортируется на породные отвалы, которые имеют обширную площадь и расположены по периметру карьеров.

Высота рабочих уступов на карьере Мурунтау-Мютенбай составляет от 15 м, на Балпантау и Бесапантау - до 5–15 м, высота нерабочих уступов в заоткоске составляет 30 м.

Суммарный объем перемещения горной массы на руднике Мурунтау-Мютенбай в настоящее время составляет 105 млн м³ в год. Годовой объем добычи на месторождении Бесапантау составляет 5 млн. т руды и 39 млн. т породы, на Балпантау - около 3 млн. тонн руды при максимальном суммарном объеме добываемой горной массы 20 млн. т.

Переработка руд

Обогатительный комплекс НГМК «Мурунтау-Мютенбай» находится в непрерывной эксплуатации с 1969 года. С тех пор было завершено несколько этапов расширения, и в настоящее время все окисленные зоны руды отработаны, поэтому в настоящее время добывается и перерабатывается только неокисленная руда с основного объединенного карьера Мурунтау-Мютенбай. Руда представлена сложными штокверками с содержанием золота около 1,1–1,2 г/т.

Добытая в карьере Мурунтау-Мютенбай руда перевозится по железной дороге на основной гидрометаллургический завод – ГМЗ-2. Номинальная проектная пропускная способность ГМЗ-2 составляет 50 млн.т в год, который является крупнейшим золотоперерабатывающим заводом в мире по производительности. Технологическая схема основана на цианидном выщелачивании и технологии «смола в пульпе» (RIP) – это было первое в мире коммерческое применение технологии RIP.

Помимо ГМЗ-2, существуют еще два основных перерабатывающих предприятия: ГМЗ-7 (номинальная производительность 15 млн тонн в год), который перерабатывает старые хвосты кучного выщелачивания Ньюмонта по традиционной технологической схеме «уголь в пульпе» (CIP); и цех кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) – специализированное традиционное предприятие по кучному выщелачиванию бедной руды (номинальная производительность 11 млн тонн в год). В составе общего комплекса площадки имеются и другие перерабатывающие и обогатительные объекты, перерабатывающие материалы других предприятий Навоийской группы, но обсуждение будет ограничено этими тремя основными перерабатывающими предприятиями, включая хвостохранилище.

Руда из месторождения Балпантау, расположенного в 40 км, также поступает на комплекс ГМЗ-2 в объеме 2,5 млн тонн в год и с аналогичным содержанием золота около 1,2 г/т.

В 2024 году также планируется начать подачу руды с месторождения Бесапантау, для которой завершены металлургические испытания, в объеме около 3 млн тонн в год. Для этой руды не требуется дополнительная инфраструктура, хотя система водоснабжения фабрики расширяется.

Наконец, существуют значительные ресурсы бедных запасов, хотя, по имеющимся данным, они перерабатываются на заводе ГМЗ-2 с производительностью 5 млн тонн в год с 1974 года, с

постоянным содержанием золота в хвостах 0,123 г/т. В этот отчет включена предварительная оценка уровня Scoring для определения наилучшей стратегии переработки данных ресурсов.

Экологические и социальные аспекты, охрана труда и техника безопасности

В целом, НГМК имеет хорошую экологическую и социальную политику и понимание важности этих аспектов для устойчивого развития. НГМК публикует отчеты об устойчивом развитии с 2019 года. За сбор и компиляцию ESG-данных отвечают ESG-специалисты.

Однако в Центральном рудоуправлении работают всего два специалиста-эколога, которые отвечают за все объекты ЦРУ. Для эффективного управления окружающей средой на объектах ЦРУ должны быть экологи, которые будут осуществлять постоянный мониторинг и контроль экологических аспектов, своевременно выявлять экологические нарушения и вносить вклад в существующую систему управления окружающей средой.

Мониторинг атмосферного воздуха проводится ежемесячно в Санитарно-защитной зоне, представленные результаты мониторинга не выявили превышений. Кроме того, качество воздуха контролируется на рабочих местах и у источников выбросов, однако результаты не предоставлены, за исключением ЦКЗВ, доказывающие эффективность систем очистки воздуха на источниках выбросов в атмосферу. Также в передовой практике принято осуществлять мониторинг качества воздуха в ближайших населенных пунктах, учитывая их близость к объектам.

На объектах ЦРУ осуществляется пылеподавление, но в связи с климатическими особенностями и высокой испаряемостью, а также нехваткой воды эффективность низкая. Насколько известно WAI, ЦРУ совместно с Центральной лабораторией протестировали реагенты для пылеподавления в дополнение к водному орошению, но без положительных результатов. Высокая концентрация пыли приводит к ухудшению качества воздуха на рабочих местах (карьер Мурунтау, подъездные пути, пыль с хвостохранилищ, отвалы пустой породы и т.д.) и влияет на условия труда и здоровье работников.

Согласно предоставленной информации, вода возвращается в процессы, а не сбрасывается в окружающую среду. Для рассмотрения предоставлены данные мониторинга вод карьера Мурунтау. WAI не известно о других программах мониторинга воды, осуществляемых на объектах проекта Мурунтау.

Представленные проекты ОВОС рассматриваемых объектов Проекта не в полной мере учитывают социальные аспекты. Рассмотренные документы содержат лишь указание на ближайшие населенные пункты и их близость к объектам Проекта. Однако социально-экономические условия не изучены, а социальные последствия не оценены и не рассмотрены должным образом.

В результате обсуждений на во время выездного аудита со специалистами по охране труда и проверки представленных документов на объектах установлено, что все необходимые процедуры по охране труда имеются и своевременно проводится все необходимое обучение. Однако процедуры обращения с цианидами следует пересмотреть, чтобы гарантировать, что персонал, работающий с цианидами, полностью понимает риски и меры, которые необходимо принять в случае происшествий, связанных с цианидом.

Планы закрытия и рекультивации не разработаны. В соответствии с передовой практикой планирование закрытия шахт на максимально раннем этапе считается крайне важным, поскольку оно определяет стратегии и процедуры безопасного закрытия, а также обеспечивает смягчение воздействия на окружающую среду, решение социальных проблем и ответственное управление землями после завершения добычных работ.

Финансово-экономический анализ

Экономический анализ проекта обработки месторождений Мурунтауского кластера был выполнен методом дисконтированных денежных потоков (DCF), который предусматривает применение к будущим предполагаемым денежным потокам на протяжении всего срока эксплуатации рудника ставки дисконтирования. Для настоящего анализа была принята ставка дисконтирования 10%. По результатам проведенной экономической оценки была получена положительная чистая приведенная стоимость после уплаты налогов, составившая 7 842 млн. \$ США. Ввиду отсутствия значительных капиталовложений, не было получено значительной внутренней нормы доходности (IRR). Краткие показатели экономической обоснованности модели с разбивкой по каждому месторождению представлено в таблице ниже. Необходимо отметить, что чистая приведенная стоимость 7 842 млн. \$ США в таблице ниже включает централизованные затраты, которые не включены в эквивалентные расчеты по отдельным карьерам.

Сводные результаты экономического анализа		
	Ставка дисконтирования	Стоимость (млн. \$США)
Мурунтауски кластер	10%	7 842
Мурунтау	10%	6 670
Мютенбай	10%	524
Бесапантау	10%	464
Балпантау	10%	382

Извлекаемые запасы (рудные запасы)

Результаты оценки рудных запасов по состоянию на 1 января 2024 года приведены в таблице ниже.

Результаты оценки рудных запасов Мурунтауского кластера, WAI, по состоянию на 01 января 2024г.					
Месторождение	Категория	Извлекаемые запасы (млн.т)	Содержание (г/т Au)	Количество золота в руде	
				(млн.унц)	(т)
Мурунтау	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	1 210	1.09	42.3	1 316
	Итого	1 210	1.09	42.3	1 319
Мютенбай	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	92.8	0.99	3.0	92.1
	Итого	92.8	0.99	3.0	92.1
Бесапантау	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	62.1	0.98	2.0	61.0
	Итого	62.1	0.98	2.0	61.0
Балпантау	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	37.5	1.05	1.3	39.3
	Итого	37.5	1.05	1.3	39.3
Рудные склады	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	33.5	0.54	0.6	18.1
	Итого	33.5	0.54	0.6	18.1
Всего	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	1 436	1.06	49.2	1 527
	Итого	1 436	1.06	49.2	1 527

Примечания:

1. Рудные запасы классифицированы в соответствии с требованиями Кодекса JORC (2012г.);
2. Подсчет рудных запасов выполнен по состоянию на 1 января 2024;
3. Результаты подсчета рудных запасов приводятся по бортовому содержанию золота при добыче 0.5г/т для месторождений Бесапантау, Балпантау, Мютенбай и Мурунтау.
4. Рудные запасы ограничены контуром оптимизированного карьера при цене на золото 1650 \$ за унцию на основе соответствующих экономических, горных и металлургических параметров;
5. Себестоимость добычи и переработки, административные затраты приняты на основе фактических значений;
6. Рудные запасы приводятся при доле владения 100%;
7. Все значения округлены в соответствии с относительной точностью подсчета, округление может привносить погрешность при суммировании значений
8. В русской версии настоящего документа используются следующие варианты перевода терминологии кодекса JORC

<i>Ore Reserves</i>		<i>Mineral Resources</i>		
<i>рудные запасы</i>		<i>минеральные ресурсы</i>		
<i>Proven</i>	<i>Probable</i>	<i>Measured</i>	<i>Indicated</i>	<i>Inferred</i>
<i>доказанные</i>	<i>вероятные</i>	<i>измеренные</i>	<i>выявленные</i>	<i>предполагаемые</i>

Насколько известно авторам, на приведенные результаты не оказывают существенного влияния какие-либо известные экологические, разрешительные, юридические, правовые, налоговые, социально-экономические, маркетинговые, политические или другие соответствующие факторы. На данный момент нет известных горнодобывающих, металлургических,

инфраструктурных или других факторов, которые могли бы оказать существенное влияние на результаты настоящей оценки рудных запасов.

1 ВВЕДЕНИЕ

1.1 Цель настоящего технического отчета

Компания Wardell Armstrong International Limited («WAI») была привлечена акционерным обществом «Навоийский горно-металлургический комбинат» («НГМК» или «Заказчик») для проведения аудита минеральных ресурсов (Этап 1), оценки извлекаемых запасов и разработки единого графика горных работ на уровне предварительного ТЭО [«PFS»] (Этап 2) для золоторудных месторождений Мурунтауского кластера. В рамках календарного плана добычи WAI также было поручено разработать концептуальную стратегию вовлечения бедных руд в переработку на перерабатывающих предприятиях Мурунтауского кластера.

В настоящем отчете представлены результаты компонентов работ «аудит минеральных ресурсов» и «переоценка рудных запасов». Минеральные ресурсы и рудные запасы (извлекаемые запасы) представлены в соответствии с регулируемыми принципами Австралийского кодекса отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и извлекаемых запасах редакции 2012 года («Кодекс JORC»).

В состав Мурунтауского кластера входит пять золоторудных месторождений и три перерабатывающих завода, расположенных в Навоийской области Узбекистана. В рамках настоящего исследования рассматриваются следующие источники руды:

- Мурунтау (действующий рудник);
- Мютенбай (действующий рудник);
- Бесапантау (добыча запланирована на 2024 год);
- Балпантау (добыча начата в 2023 г.);
- Отвалы бедных руд и хвосты кучного выщелачивания.

Месторождение Чукуркудук было исключено из данного исследования до получения результатов текущего заверочного бурения. В рамках настоящего исследования рассматриваются следующие перерабатывающие заводы:

- ГМЗ-2 (производственная мощность 50 млн. т в год, переработка руды всех месторождений);
- ГМЗ-7 (производственная мощность 15 млн. т в год, переработка хвостов кучного выщелачивания);
- Завод кучного выщелачивания ЦКВЗ (производственная мощность 11 млн. т в год, переработка бедных руд).

Эти активы обеспечивают большую часть добычи золота НГМК и на них приходится большая часть минеральных ресурсов и извлекаемых запасов НГМК.

1.2 Навоийский горно-металлургический комбинат

НГМК, основанный в 1958 году, является ведущей золотодобывающей компанией Узбекистана и входит в четверку крупнейших производителей золота в мире. Деятельность НГМК преимущественно сосредоточена в Навоийской области, которая имеет хорошо развитую инфраструктуру и сильные горнодобывающие традиции.

НГМК является ведущим работодателем в Узбекистане и вносит значительный вклад в развитие экономики страны. В настоящее время деятельность НГМК включает три подземных рудника, семь карьеров и семь гидromеталлургических заводов.

1.3 Независимые консультанты

WAI является частью Wardell Armstrong LLP, независимой британской консалтинговой компанией в области оказания технических и экологических услуг, основанной в 1837 году. Компания состоит из 12 офисов в Великобритании и около 500 сотрудников.

Штат WAI составляет свыше 50 человек, компания предоставляет квалифицированные услуги в области геологии, добычи, переработки и охраны окружающей среды для горнодобывающей индустрии. Основные офисы расположены в г. Труро в Корнуолле, а также в г. Алматы в Казахстане. Офис в городе Труро располагается на месте бывшего рудника Уил Джейн и владеет собственной аналитической лабораторией и установкой для полупромышленных технологических испытаний. Независимость WAI обеспечивается за счет того, что WAI не владеет долей в каких-либо проектах. Это позволяет WAI предоставлять своим клиентам бесконфликтные и объективные рекомендации по важным вопросам для принятия решений.

WAI предоставляет широкий спектр услуг для горно-обогатительных предприятий, начиная с планирования и реализации поисковых работ, подсчета ресурсов и запасов по международным стандартам отчетности, предварительных технико-экономических оценок (SS), проектирования горного предприятия и финансовой оценки до выполнения предварительного (PFS), а затем окончательного технико-экономического обоснования (DFS).

WAI располагает обширной клиентской базой, включающей частные компании и открытые акционерные общества, зарегистрированные на биржах, а так же многие крупные кредитные организации. WAI участвовала во многих проектах по выходу компаний как в основной листинг, так и на площадку альтернативных инвестиций Лондонской фондовой биржи, а также имеет опыт в подготовке отчетов по канадскому стандарту NI 43-101 в соответствии с нормами канадской фондовой биржи и отчетов компетентного лица (CPR) по стандарту австралийской фондовой биржи.

Обобщенно, профессиональный опыт и компетенция наших специалистов представлены в следующих областях:

- Геологоразведка и оценка месторождений;
- Подсчет минеральных ресурсов и извлекаемых запасов;
- Инженерная геология;
- Гидрология и гидрогеология;
- Проектирование рудников;
- Технологические испытания и разработка технологических схем;
- Финансовый и экономический анализ;
- Экологическая оценка и мониторинг;
- Социальные аспекты проекта, охрана труда и безопасность; и
- Ликвидация предприятия и рекультивация.

Компания WAI имеет внушительный послужной список по оказанию высококачественных технических услуг в горной отрасли в 90 странах мира, большей частью в странах Европы, СНГ и Африки, а также Центральной и Южной Америки.

Более подробную информацию о компании, включая данные по проектам, можно найти на нашем веб-сайте: www.wardell-armstrong.com

1.4 Рабочая группа проекта и выезд на объект

Подготовка настоящего отчета осуществлялась группой консультантов из офисов WAI в Великобритании и Казахстане в течение шести месяцев.

Для инспектирования таких аспектов деятельности предприятия, как доступ и инфраструктура, геология, геологоразведка, контроль качества опробования и лабораторно-аналитических работ, минералогия, оценка ресурсов, горные работы, лабораторный анализ, переработка руд, вопросы экологического и социального воздействия объекты Мурунтауского кластера в период с 6 по 9 ноября 2023 года лично посетили следующие специалисты WAI:

- Че Осмонд, BSc, MSc (MCSM), FGS, EurGeol, CGeol., технический директор по геологии, *геология, ресурсы, общий обзор Проекта, финансовая часть*;
- Руслан Эржанов, MSc, FGS, CGeol, ПОНЕН РК. Генеральный директор Казахстанского офиса WAI, руководитель проекта по геологической части;
- Фрэнк Браунинг, MSc, MSc (MCSM), PGCert, MAIG, FGS, CGeol, ведущий геолог по ресурсам, моделирование и оценка ресурсов;
- Стюарт Ричардсон, BEng, MSc, CEng, MIMMM, QMR; технический директор по горной части, *проектирование рудника, оптимизация контура карьера и календарное планирование горных работ*;
- Джим Тёрнер, ACSM, MCSM, BSc (Hons), MSc, CEng, MIMMM; технический директор по переработке руды, *переработка руд*;
- Ольга Пичкурова, BA, MSc, специалист по экологическим и социальным вопросам, *анализ по экологической части*.

В подготовке настоящего отчета также принимали участие следующие специалисты WAI:

- Алан Кларк, EurGeol, CGeol, BSc, MSc, MCSM, FGS, технический директор и геолог по ресурсам, *моделирование и оценка ресурсов*;
- Робин Келли, BSc, MSc (MCSM), FIMMM, ведущий геолог, *геология*;
- Колин Дэвис, BEng MSc CEng ACSM MIMMM QMR, ведущий горный инженер, *проектирование рудника, оптимизация контура карьера и календарное планирование горных работ*;
- Майкл Келли, BEng ACSM MIMMM, ведущий горный инженер, *проектирование рудника, оптимизация контура карьера и календарное планирование горных работ*;
- Харриет Паско, BSc (Hons), MSc, FGS, старший инженер-геотехник, *анализ геотехнической части*;
- Фил Беррис, бакалавр, магистр, CGeol, ASoBRA, технический директор по гидрогеологии, *анализ гидрогеологической части*.

1.5 Стратегия исследования

Стратегия данного исследования главным образом заключалась в изучении существующей информации по геологии, геологоразведке, минеральным ресурсам, извлекаемым запасам, горной части, переработке руд, экологии и основным экономическим параметрам объектов Мурунтауского кластера с предоставлением соответствующей отчетности о результатах проверки этих материалов.

В ходе посещения объектов выездной группой WAI была собрана дополнительная информация по всем техническим дисциплинам. По всем объектам предприятия сбор данных осуществлялся при текущих работах по геологоразведке, добыче и переработке руд, поэтому, где необходимо, был указан конечный срок сбора данных.

Любые существенные замечания, отмеченные в ходе аудита минеральных ресурсов, обсуждались с Заказчиком и решались либо напрямую, либо посредством корректировок классификации ресурсов до выполнения итогового подсчета минеральных ресурсов и оценки извлекаемых запасов.

Аудит минеральных ресурсов и оценка извлекаемых запасов были выполнены WAI с использованием программного обеспечения «Seequent Leapfrog Geo and Edge», «Snowden Supervisor», «Datamine Studio RM», «Datamine Studio OP», «NPV Scheduler» и «Studio 5D Planner» в соответствии с рекомендациями Кодекса JORC (2012 г.).

1.6 Источники информации

Вся информация, использованная при подготовке настоящего технического отчета, предоставлена Заказчиком. При подготовке настоящего отчета авторы полагались на эту информацию, а также на результаты проведенной выездной инспекции. Посещение объекта и передачу данных координировала директор по минеральным ресурсам НГМК г-жа Любовь Егорова.

1.7 Единицы измерения и валюта

В настоящем отчете используются единицы только метрических систем измерения, если специально не указано иное. Значения тоннажа приводятся в метрических тоннах (т). Содержания цветных недргоценных металлов указываются в частях на миллион (ppm) или граммах на тонну (г/т). Для расчетов используется доллар США (\$США), если не указано иное.

1.8 Использование работ других экспертов

Настоящий технический отчет подготовлен для АО «НГМК» (Заказчик). При его подготовке авторы полностью полагались на данные, представленные Заказчиком. Информация, заключения, мнения и оценки, представленные здесь, основывались на следующем:

- Информация, предоставленная Заказчиком на момент подготовки настоящего технического отчета, в том числе предыдущие внутренние и внешние отчеты (по различным дисциплинам), подготовленные самим Заказчиком или третьими сторонами по данным объектам;
- Допущения, условия и оговорки, указанные в настоящем техническом отчете.

Компетентные лица WAI не проводили независимых геологоразведочных работ, бурения скважин, а также опробования и аналитических работ либо иные работы на Проекте.

Для целей настоящего отчета авторы полагались на информацию о правах владения изучаемым объектом, предоставленную Заказчиком. Авторы отчета не проводили анализ правоустанавливающих документов и прав недропользования на изучаемый объект, а также не выражали своего мнения по поводу правового статуса объекта. Все данные об объекте и правах на его использование, содержащиеся в настоящем техническом отчете, представлены исключительно для общего ознакомления.

Используемые в настоящем отчете данные по переработке руд, геологии, минерализации, методам геологоразведки, некоторые описания рабочих процедур, изображения и таблицы - взяты из отчетов, подготовленных другими исполнителями и полученных специалистами WAI от Заказчика.

Наблюдения, замечания и результаты подсчета минеральных ресурсов представляют собой мнение WAI по состоянию на 30 мая 2024г. и основываются на результатах работ, представленных в настоящем отчете. Несмотря на то, что WAI нет причин считать представленное в настоящем отчете мнение необоснованным, значительный объем данных был принят в духе добросовестного сотрудничества на основании доверия. Хотя Консультантом были приложены все усилия по заверке наибольшего возможного объема исходной информации, он не несет ответственность за любые упущения, ошибки или недостатки в полученных данных.

Консультантом не проводился ни отбор проб, ни бурение с целью независимой проверки или контроля качества данных. Консультантом не проводились какие-либо комплексные бухгалтерские, финансовые или юридические аудиты оцениваемого актива или связанных с ним структур компании. Все замечания и заключения, содержащиеся в настоящем отчете, ограничиваются техническими и экономическими аспектами, связанными главным образом с объектами Мурунтауского кластера.

Консультантом не проводилось какое-либо независимое опробование, анализы или расчеты, помимо ограниченного объема общей проверки, необходимой WAI для получения достаточной уверенности в точности предоставленных данных. WAI не несет никакой ответственности, прямой или косвенной, за достоверность информации, которая была принята от Заказчика в духе добросовестного сотрудничества на основании доверия.

Ответственность за любые риски, связанные с использованием настоящего отчета какой-либо третьей стороной, несет эта сторона.

2 МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ И ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ОБЪЕКТА

2.1 Географическое положение и доступ

Мурунтауский кластер расположен в пустыне Кызылкум Узбекистана, Центральная Азия (Рис. 2.1). Эта горнодобывающая провинция расположена в пределах горного хребта Тянь-Шаня, региона, известного своими значительными запасами золотых руд (Рис. 2.3).

Мурунтауский кластер расположен примерно в 360 км по дороге к северо-западу от Самарканда, столицы Самаркандской области и второго по величине города Узбекистана. До объекта можно добраться по дорогам с твердым покрытием.

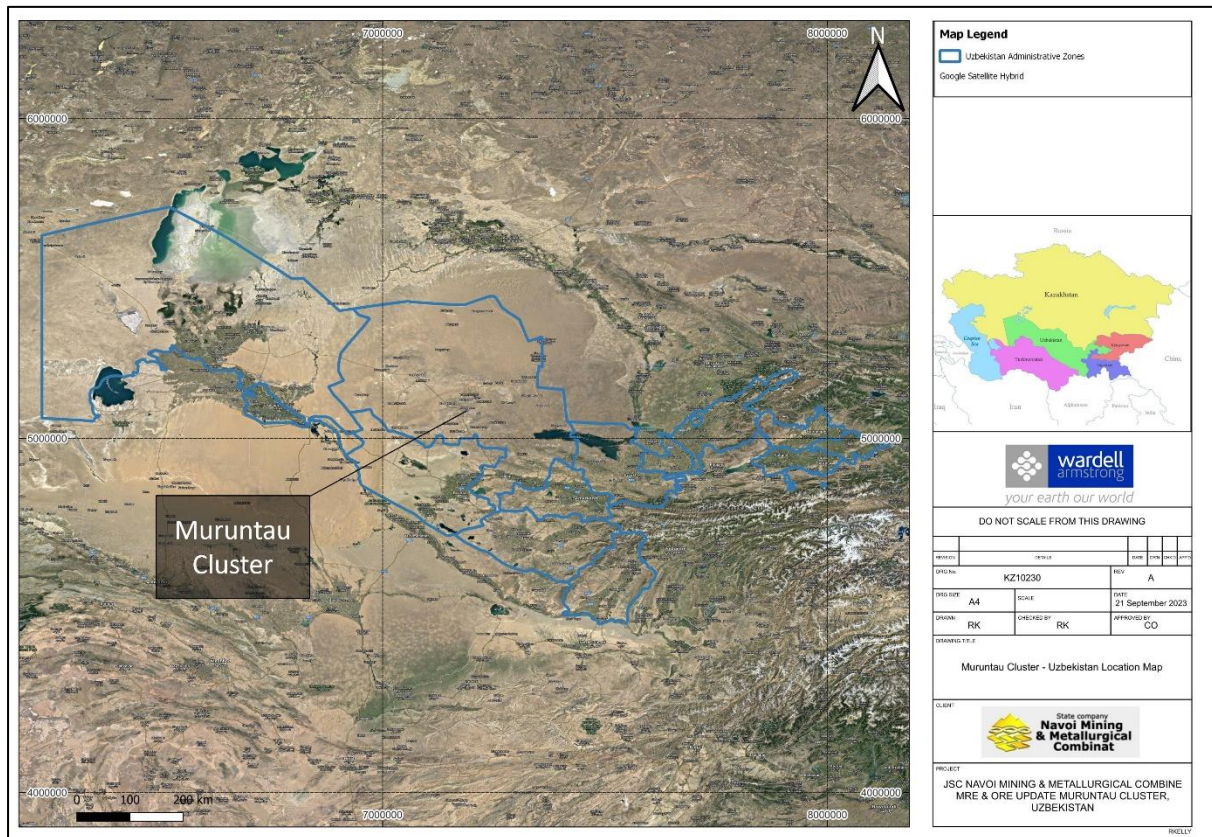


Рис. 2.1: Географическое положение Мурунтауского кластера на карте Узбекистана

2.2 Климат

Климат района резко континентальный, пустынно-засушливый с сухим воздухом и малым количеством атмосферных осадков - в среднем до 110 мм в год (Рис. 2.2). Большая часть осадков приходится на осенне-весенние месяцы. Зима сравнительно холодная, средняя температура января – минус 8°C, лето продолжительное и жаркое, средняя температура июля – до 30°C. Господствующее направление ветра восточное и северо-восточное.

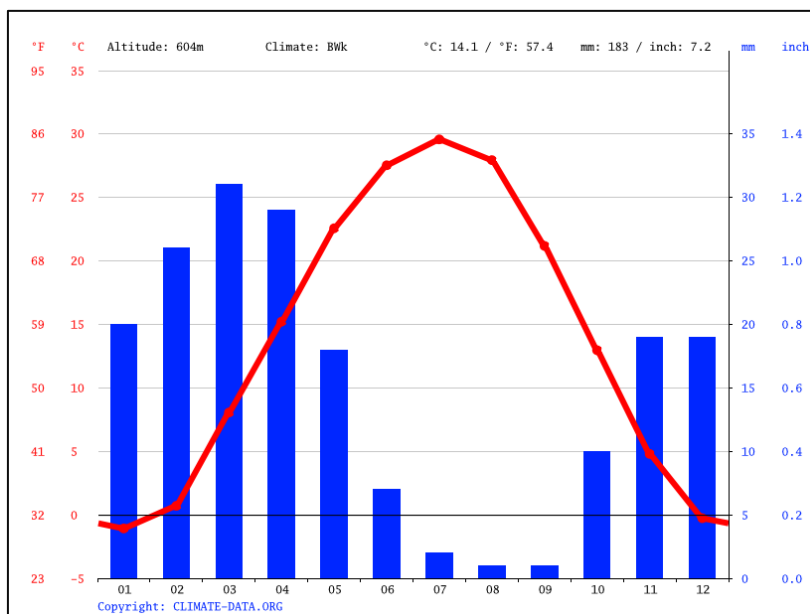


Рис. 2.2: Температура и осадки в районе Мурунтау, данные взяты с ресурса Climate-Data.org

2.3 Физиография

Район Мурунтау характеризуется преимущественно равнинным пустынным ландшафтом с превышениями от 10 до 150 м при абсолютных отметках от 600 до 700 м над уровнем моря. Наиболее заметными географическими объектами являются хребет Тамдытау, расположенный примерно в 30 км к северо-западу от месторождения Мурунтау, и горы Аристантау, примерно в 50 км к югу. Рельеф поверхности региона сложен платформенными обломочными отложениями мезо-кайнозойского возраста. Постоянные поверхностные водотоки на территории отсутствуют.

2.4 Местные ресурсы и инфраструктура

История Мурунтауского кластера берет начало в 1967 году, в инфраструктурном отношении район развит достаточно хорошо (Рис. 2.4).

Месторождения Мурунтау и Мютенбай отрабатываются карьером Мурунтау, расположенном примерно в 30 км к востоку от города Зарафшан, соединенном с городом асфальтированной дорогой и железной дорогой. Промплощадка гидрометаллургического завода ГМЗ-2 расположена в 5 км западнее карьера Мурунтау. К северу от карьера расположены поселки Солнечный и Мурунтау. Основные маршруты снабжения региона включают железные дороги, такие как линия Навои – Учкудук, станция Кызылкудук – Зарафшан – станция Мурунтау и станция Карьерная, а также автомобильные дороги Навои – Зарафшан – Учкудук – Нукус и Учкудук – карьер Мурунтау – поселок Мурунтау.

Месторождение Беспантау расположено в 4,5 км к северо-западу от карьера Мурунтау, образуя прямую линию между карьером Мурунтау и заводом ГМЗ-2 длиной 2,5 км. Карьер Балпантау расположен в 26,5 км к северо-северо-востоку от Мурунтау.

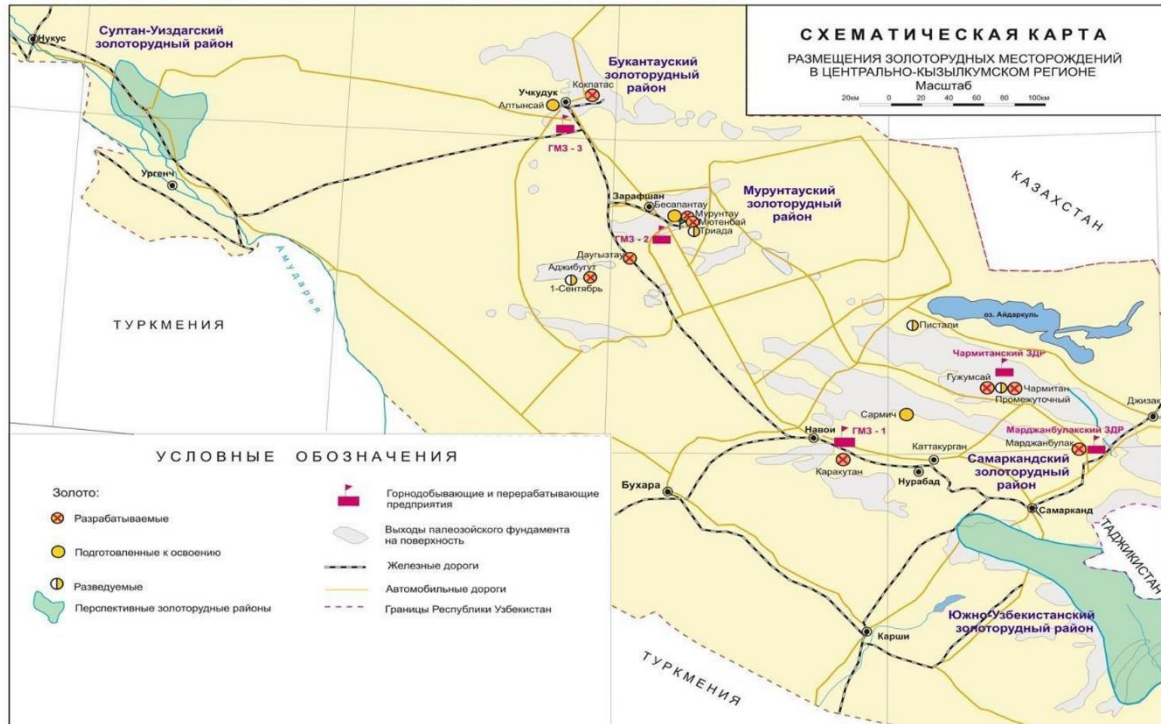


Рис. 2.3: Карта местоположения Кызылкумского золоторудного района

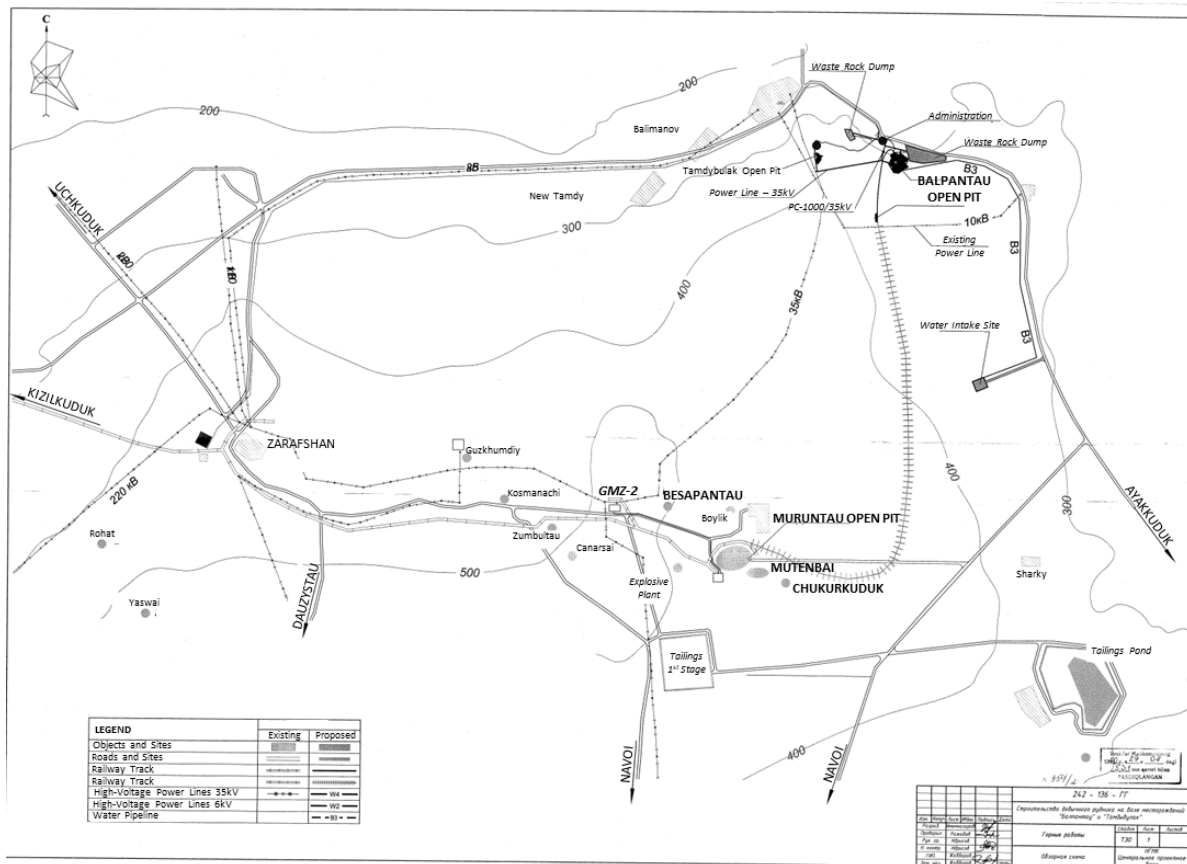


Рис. 2.4: Карта местоположения и инфраструктуры Мурунтауского кластера

2.5 Лицензии на право недропользования

2.5.1 Сводная информация об объектах АО «НГМК»

Общая информация о ключевых объектах АО «НГМК» (рассматриваемых в рамках настоящего отчета) представлена в Таб. 2.1 ниже.

Таб. 2.1: Общая информация о ключевых объектах АО «НГМК»			
Месторождения	Расположение	Лицензия	Статус
Мурунтау	Навои	(Лицензия № NY 0260)	Добыча
Мютенбай	Навои	(Лицензия № NY 0260)	Добыча
Бесапантау	Навои	(Лицензия № NY 0259)	Добыча планируется
Балпантау	Навои	(Лицензия № NV 0247)	Добыча
Чукуркудук	Навои	(Лицензия № NV 0268)	Добыча планируется

2.5.2 Мурунтау и Мютенбай

Обладателем лицензии NY 0260 от 24/09/2021, действующей до 22/01/2074, на право пользования недрами с целью добычи полезных ископаемых на золоторудном месторождении Мурунтау в Тамдинском районе Навоийской области является государственное предприятие «Навоийский ГМК» (горно-металлургический комбинат).

Основными условиями лицензионного соглашения являются:

- В процессе эксплуатации месторождения соблюдение требований, установленных статьями закона «О недрах»;
- Разработка и согласование планов развития горных работ на следующий год;
- Обеспечение горно-маркшейдерского обслуживания карьера;
- Ежегодная отчетность в Госгеолфонд о состоянии и движении запасов месторождения Мурунтау;
- Вносить изменения баланса добытых и потерянных при добыче полезных ископаемых только после согласования с ГИ «Саноатгеоконтехназорат»;
- Организация мест для заправки техники топливом;
- Проведение рекультивационных работ;
- Проведение пылеулавливающих процедур в сухое время года;
- Обеспечить годовую производительность полезных ископаемых согласно рабочему проекту;
- Производить ежегодную уплату налога за пользование недрами.

В состав лицензии входят две площади, выделенные недропользователю администрацией Тамдинского района. Для Мурунтау площадь составляет 26.5 км², для Мютенбай 2.6 км².

Участок недр, предоставленный в пользование, имеет статус горного отвода. Участки недр ограничены контуром, географические координаты угловых точек показаны в Таб. 2.2 и Таб. 2.3.

Таб. 2.2: Географические координаты угловых точек лицензии NY 0260 F0						
Мурунтау						
№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды
1	41	30	17	64	32	51
2	41	30	58	64	34	53
3	41	30	38	64	36	11
4	41	30	6	64	36	5
5	41	30	2	64	36	24
6	41	29	58	64	36	18
7	41	29	53	64	36	21
8	41	29	50	64	36	21
9	41	29	40	64	35	53
10	41	29	32	64	35	41
11	41	29	8	64	35	25
12	41	29	8	64	35	29
13	41	29	1	64	35	54
14	41	28	56	64	36	14
15	41	28	33	64	37	6
16	41	27	47	64	36	55
17	41	27	9	64	35	11
18	41	27	55	64	33	23
19	41	28	43	64	33	19

Таб. 2.3: Географические координаты угловых точек лицензии NY 0260 F0						
Мютенбай						
№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды
1	41	30	0	64	36	46
2	41	29	46	64	36	46
3	41	29	37	64	36	55
4	41	29	23	64	37	5
5	41	28	56	64	36	14
6	41	29	1	64	35	54
7	41	29	8	64	35	29
8	41	29	8	64	35	25
9	41	29	32	64	35	41
10	41	29	40	64	35	53
11	41	29	50	64	36	12
12	41	29	53	64	36	21
13	41	29	58	64	36	18

14	41	30	2	64	36	24
----	----	----	---	----	----	----

2.5.3 Бесапантау

Обладателем лицензии NY 0259 от 24/09/2021, действующей до 09/01/2025, на право пользования недрами с целью добычи полезных ископаемых на золоторудном месторождении Бесапантау в Тамдинском районе Навоийской области является государственное предприятие «Навоийский ГМК».

Основными условиями лицензионного соглашения являются:

- В процессе эксплуатации месторождения соблюдение требований, установленных статьями закона «О недрах»;
- Разработка и согласование планов развития горных работ на следующий год;
- Обеспечение горно-маркшейдерского обслуживания карьера;
- Ежегодная отчетность в Госгеолфонд о состоянии и движении запасов месторождения Бесапантау;
- Вносить изменения баланса добытых и потерянных при добыче полезных ископаемых только после согласования с ГИ «Саноатгеоконтехназорат»;
- Организация мест для заправки техники топливом;
- Проведение рекультивационных работ;
- Проведение пылеулавливающих процедур в сухое время года;
- Обеспечить годовую производительность полезных ископаемых согласно рабочему проекту;
- Производить ежегодную уплату налога за пользование недрами.

Границы будущей лицензии приведены в Таб. 2.4

№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды
1	41	31	30	64	31	9
2	41	32	9	64	31	9
3	41	32	10	64	32	22
4	41	31	31	64	32	23

2.5.4 Балпантау

Обладателем лицензии NY 0247 от 24/09/2021, действующей до 31/12/2033, на право пользования недрами с целью добычи полезных ископаемых на золоторудном месторождении

Балпантау в Тамдинском районе Навоийской области является государственным предприятием «Навоийский ГМК».

Основными условиями лицензионного соглашения на месторождение Балпантау являются:

- В процессе эксплуатации месторождения – соблюдение требований, установленных статьями закона «О недрах»;
- Разработка и согласование планов развития горных работ на следующий год;
- Обеспечение горно-маркшейдерского обслуживания карьера;
- Ежегодная отчетность в Госгеолфонд о состоянии и движении запасов месторождения Балпантау;
- Вносить изменения баланса добытых и потерянных при добыче полезных ископаемых только после согласования с Государственным комитетом промышленной безопасности Республики Узбекистан;
- Организация мест для заправки техники топливом;
- Проведение рекультивационных работ;
- Проведение пылеулавливающих процедур в сухое время года;
- Обеспечить годовую производительность полезных ископаемых согласно рабочему проекту;
- Производить ежегодную уплату налога за пользование недрами

В состав лицензии администрацией Тамдинском районе Навоийской области выделена площадь в 2.3 км² для Балпантау. Участок недр, предоставленный в пользование, имеет статус горного отвода. Участок недр ограничивается контуром, географические координаты угловых точек приведены в Таб. 2.5.

№ точек	Северная широта			Восточная долгота		
	градусы	минуты	секунды	градусы	минуты	секунды
1	41	42	59.28	64	41	40.77
2	41	43	29.12	64	41	38.64
3	41	43	29.02	64	41	45.88
4	41	43	44.60	64	41	46.29
5	41	43	43.54	64	42	55.49
6	41	42	58.19	64	42	54.28

3 ГЕОЛОГИЯ И МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ

3.1 Введение

В настоящем разделе представлены результаты аудита по геологии и минеральным ресурсам золоторудных месторождений Мурунтауского кластера, проведенного WAI. Цель аудита заключается в независимой проверке целесообразности использовавшейся методики подсчета минеральных ресурсов, а также соответствия классификации минеральных ресурсов их представления в отчетности Австралийскому Кодексу отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и извлекаемых запасах (JORC, 2012).

3.1.1 Компетентные лица

Оценка минеральных ресурсов всех месторождений была выполнена директором по минеральным ресурсам НГМК Любовью Егоровой, которая является членом Австралийского института горного дела и металлургии, имеет достаточный опыт, соответствующий типу минерализации, типу рассматриваемых месторождений и осуществляемой деятельности, чтобы выступать в статусе Компетентного лица, в соответствии с определением этого статуса, предусмотренном в Кодексе JORC.

Оценка минеральных ресурсов месторождений Мурунтау и Мютенбай была проверена главным геологом по ресурсам WAI Фрэнком Браунингом. Оценки минеральных ресурсов Бесапантау и Балпантау были проверены техническим директором и геологом по ресурсам WAI Аланом Кларком. Фрэнк Браунинг и Алан Кларк являются привилегированными геологами, членами Геологического общества и имеют достаточный опыт, соответствующий типу минерализации, типу рассматриваемых месторождений и осуществляемой деятельности, чтобы выступать в статусе Компетентного лица, в соответствии с определением этого статуса, предусмотренном в Кодексе JORC.

3.1.2 Исходные данные

В рамках аудита минеральных ресурсов специалистами WAI была выполнена независимая проверка первичных данных, предоставленных заказчиком по каждому месторождению, включая:

- Ключевые геологические карты и разрезы;
- Базы данных подсчета минеральных ресурсов и эксплоразведки;
- Имеющиеся данные контроля качества опробования и лабораторно-аналитических работ (QAQC);
- Каркасы рудных доменов, классификации ресурсов, отработанного пространства и топографической поверхности;
- Блочные модели минеральных ресурсов и эксплоразведки.

Два ключевых вспомогательных документа, на которые WAI опирается для получения контекстной информации об истории проекта, геологических условиях, процедурах сбора данных, моделирования и оценки:

- Отчет SRK от декабря 2019 года «Переоценка рудных запасов месторождений Мурунтау, Мютенбай и Бесапантау в соответствии с Кодексом JORC»;
- Отчет НГМК от декабря 2023 г. «Переоценка минеральных ресурсов и рудных запасов Мурунтауского кластера в соответствии с Кодексом JORC».

3.2 Региональная геология

3.2.1 *Центрально-Азиатский орогенный пояс*

В геологии Узбекистана доминирует Центрально-Азиатский орогенный пояс (ЦАОП), обширный тектонический коллаж, охватывающий значительную часть Центральной Азии (Рис. 3.1). ЦАОП — один из крупнейших в мире аккреционных орогенов фанерозоя, образовавшийся в результате закрытия океана в период от неопротерозоя до позднего фанерозоя, примерно с 750 по 150 млн. лет назад. В процессе закрытия океана вдоль зоны субдукции образовались вулканические островные дуги, которые впоследствии столкнулись, а затем срослись с краем континента. Аккреция и горообразование продолжались на протяжении мезозойской и кайнозойской эпох; образовались Альтаиды и Тянь-Шаньские горы. Заключительные этапы формирования ЦАОП были связаны со столкновением Индийской и Евразийской плит 50 млн. лет назад.

Как и большинство аккреционных орогенических поясов, ЦАОП состоит из многочисленных магматических дуг, связанных с ними бассейнов, аккреционных комплексов, подводных гор, континентальных обломков и офиолитов. Однако отсутствие многочисленных прибрежных бассейнов, связанных со столкновениями плит, делает его особенным.

Происхождение ЦАОП сложное и является предметом активных дискуссий в академическом научном сообществе. В настоящее время существуют две основные теории, которые потенциально могут объяснить геологическое развитие ЦАОП:

- Возникновение ЦАОП объясняется объединением многочисленных океанических дуг и континентальных массивов суши;
- ЦАОП сформировался за счет накопления субдукционно-аккреционных комплексов вдоль магматической дуги.

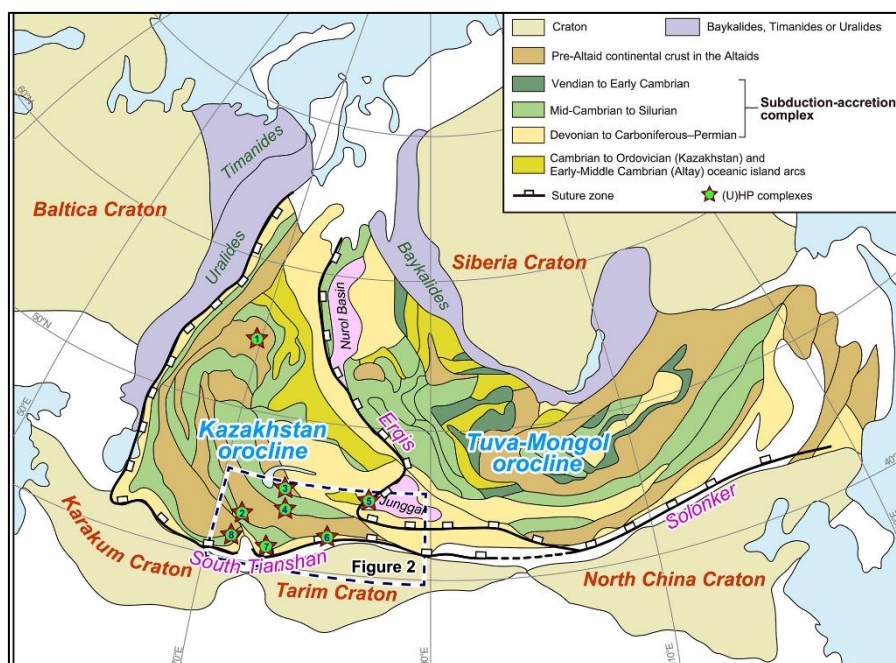


Рис. 3.1: Региональная геология Центрально-азиатского орогенного пояса, по Вангу и др., 2018

3.2.2 Тянь-Шаньский пояс

Узбекистан можно разделить на два крупных тектонических региона; орогенная область Тянь-Шаня и Туранская плита (или Туранская платформа), обе из которых выходят за пределы страны. Мурунтауский кластер расположен в южном поясе Тянь-Шаня, который представляет собой западную часть ЦАОП (Рис. 3.2). Тянь-Шань простирается на более чем 2500 км от западного Узбекистана через Таджикистан, Кыргызстан и южный Казахстан до западного Китая. В пределах Тянь-Шаня выделяют три тектонические зоны, причем две последние зоны имеют благоприятные условия для образования месторождений золота:

- Северная зона, состоящая из раннепалеозойской дуги и ее докембрийского фундамента;
- Средняя зона, состоящая из позднепалеозойской дуги;
- Южная зона представляет собой сложный складчато-надвиговый пояс с позднепалеозойскими аккреционными клиновыми и преддуговыми комплексами, надвинутыми к югу на палеозойские пассивные окраинные толщи и докембрийский фундамент.

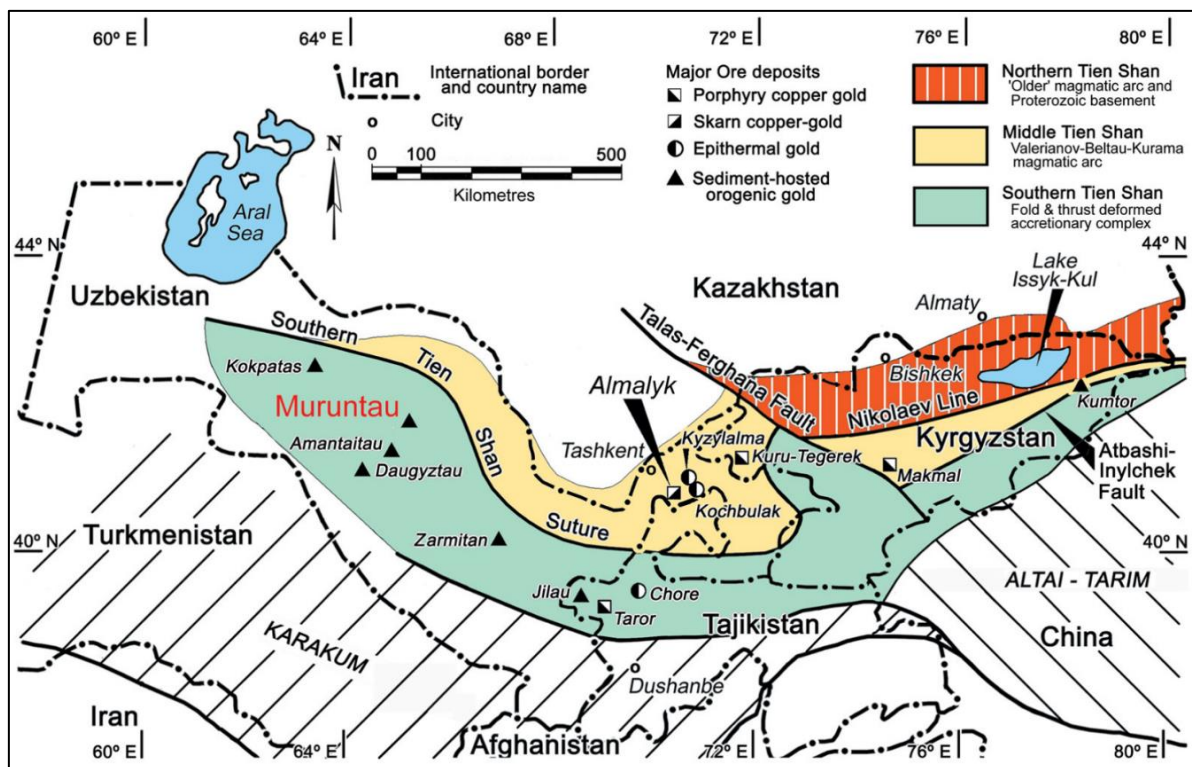


Рис. 3.2: Тянь-Шаньский пояс в Узбекистане и распределение золоторудных месторождений по данным Селтмана и Портера, 2005 г.

Большая часть месторождений золота от Узбекистана до южной Монголии образовалась в течение короткого периода 10–20 млн лет от среднего до позднего карбона и ранней перми, при слиянии и последующем срастании Казахстанского и Караким-Таримского континентальных блоков. Закрытие Туркестанского океана оказало значительное влияние на пространственное распределение золотых руд среднего и позднего палеозоя.

Для юго-западной части Тянь-Шанского пояса, в Южном и Среднем Тянь-Шане Узбекистана и Киргизии, характерна наибольшая концентрация значительных орогенных месторождений золота. Террейны Среднего и Южного Тянь-Шаня разделены Южно-Тянь-Шаньской шовной зоной, контролирующей распространение месторождений золота. В шовной зоне представлены офиолиты и деформированные складчато-надвиговые структуры, прорванные пермско-каменноугольными гранитоидами.

Известно, что золотое оруденение развито в двух основных местах в пределах Тянь-Шаньского пояса:

- Порфировые и эпитермальные системы, сформировавшиеся в пределах магматических дуг;
- Месторождения золота орогенного типа, структурно контролируемые и пространственно связанные с пермской магматической активностью, происходившей на заключительных стадиях орогенеза и распространяющейся на

ранние постколлизийные фазы. Эти интрузивы представляют собой тела гранодиоритов и монцонитов I-типа, залегающие в пред- и задуговых террейнах (Cole, Seltmann, 2000; Якубчук и др., 2002).

Генетическая модель орогенных отложений все еще находится в стадии изучения, и существует несколько ключевых теорий происхождения минерализующих флюидов:

- В качестве источника были предложены пермские интрузивы (например, Котов и Порицкая, 1992);
- Синорогенное метаморфическое выветривание (например, Бортников и др., 1996);
- Осадочное происхождение этих флюидов (например, Wilde et al. 2001);
- Мантийное происхождение (например, Graupner et al. 2006).

Южный Тянь-Шань состоит из толщ карбонатных платформ на северо-западной границе Тариме-Каракумского блока и обломочных отложений, образовавшихся при закрытии океанского бассейна на юге, а также вулканических пород от незначительных кислых до средних (Кемпе и др., 2015).

Месторождения золота орогенного типа в Южном Тянь-Шане почти полностью представлены метаморфизованными черными сланцами преимущественно нижнепалеозойского возраста (Мурунтау, Амантайтау, Даугыстау, Высоковольное), а также каменноугольного возраста (например, Кокпатас). Это позволяет предположить, что золотое обогащение в этих осадочных толщах могло произойти еще до образования месторождений. Благодаря размеру и значимости месторождения Мурунтау оно стало крупнейшим источником информации для региона. Глубокая разведочная скважина доказала существование большого гранитного тела под Мурунтау, и результаты показали, что по крайней мере часть минерализации и проксимального магматизма происходили одновременно примерно в то же время - от 285 до 280 млн. лет назад, что предполагает наличие связи (Граупнер и др., 2006).

3.2.3 Кызылкумский золоторудный район

Месторождение Мурунтау расположено на территории Кызылкумского золоторудного района (Рис. 3.3), в западной части южнотяньшанского пояса. Кызылкумский фундамент сложен нижнепалеозойской бесапанской свитой, которая представляет собой углеродо- и сульфидосодержащие метаморфизованные и складчато-обломочные породы, метаморфизованные и деформированные во время нижнепалеозойской каледонской складчатости. Бесапанская свита несогласно перекрыта отложениями девона и раннего триаса, карбонатами и вулканитами.

По данным Кемпе и др. (2015), Кызылкумский золоторудный район характеризуется двумя отчетливо различимыми на спутниковых снимках круглыми очертаниями рудоносных комплексов, вероятно, связанных с нижележащими антиклиналями (Рис. 3.3). Эти антиклинали известны как антиклинорий Тамдытау, вмещающий Мурунтау, и антиклинорий Букантау, вмещающий Кокпатас (Кемпе и др., 2015), в пределах которых развиты гранитные интрузии возрастом 280-295 млн. лет. Эти сравнительно небольшие ороклинали расположены на стыке трех значительных орогенических комплексов - уральского (северного простирания), варискидского (восточного простирания) и тяньшанского (Кемпе и др., 2015).

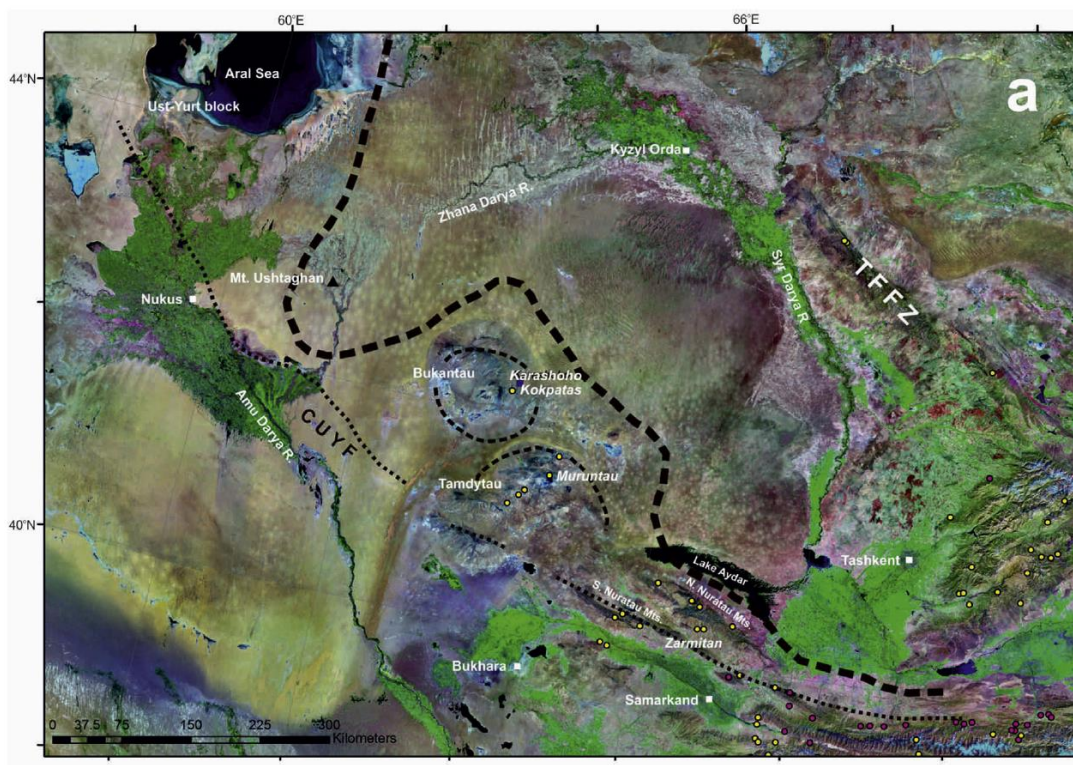


Рис. 3.3: Общий вид Кызылкумского района, по Кемпе и др., 2015 г.

Жирная пунктирная линия отделяет высокочастотную восточную часть основной Кызылкумской аномалии от низкочастотной западной части аномалии.

Средняя пунктирная линия представляет кольцевые очертания аномалий Мурунтау и Кокпатас. Тонкая пунктирная линия представляет центрально-усть-юртовский разлом (CUYF), траектория которого, вероятно, проходит вдоль южной окраины Южно-Нуратауского хребта.

Желтые точки представляют месторождения золота, а фиолетовые точки — ртутные и ртутно-сурьмяные месторождения. TFFZ – зона таласско-ферганского разлома.

3.2.3.1 Фундамент, представленный бесапанской свитой

Фундамент Кызылкумского и Мурунтауского кластера представлен бесапанской свитой нижнепалеозойского возраста, с выходами на поверхность, составляющими ~ 15% площади Кызылкума (Рис. 3.4). Бесапанская свита представлена преимущественно метаморфизованными обломочными породами, она разделена на четыре подсвиты: Бесапан 1, 2, 3 и 4 (Wilde & Gilbert, 2000). Подсвиты выделены на основе изменения цвета и размера частиц обломков: Бесапан 1 является самым древним, а Бесапан 4 - самым молодым.

Деформации, вызванные изоклиальной складчатостью и крупными надвигами (Дрю и др., 1996), усложняют определение последовательностей. Основной золотовмещающей структурой Мурунтау является Бесапан 3, характеризующийся на поверхности зелено-красными гематитизированными филлитами, которые переходят в сильно углеродистые на глубине.

В литологическом отношении пачка Бесапан 2 аналогична пачке Бесапан 3, в частности, обе представлены филлитом и метапесчаниками, при этом основные различия заключаются в количестве углерода и сульфидных минералов. Бесапан 3 имеет характерный черный кремнистый слой мощностью в несколько метров, прослеживаемый как прерывистое поверхностное обнажение на протяжении как минимум 15 км к западу от Мурунтау (Wilde & Gilbert, 2000).

3.2.3.2 *Покровная толща 1*

Покровная толща 1 описывается как представленная карбонатами девонского и каменноугольного возраста, которые несогласно залегают на породах бесапанской свиты (Рис. 3.4). Эта группа сравнима с хребтом Каратау на юге Казахстана, расположенным в 200 км к северу от Мурунтау (Рис. 3.4). Считается, что покровная толща 1 образовалась во время колебаний уровня моря на мигрирующем переходе от шельфа к платформе.

К северу и востоку от месторождения Мурунтау эта нижняя группа несогласно перекрыта доломитами и известняками общей мощностью около 3000 м (Маракушев, Хохлов, 1992). Поскольку последние не обнаруживают сильных тектонических деформаций и, по-видимому, не прорезаны интрузиями, дайками или минерализованными жилами (хотя некоторые кварцевые жилы были описаны Котовым и Порицкой, 1992), некоторые исследователи предположили, что эта толща могла действовать как низкопроницаемая «шапка», закрывающая подстилающие метаморфические породы во время герцинского магматизма и обширной гидротермальной деятельности (Ежков, Рахимов, 2012).

3.2.3.3 *Покровная толща 2*

Юрские отложения покровной толщи 2 сложены недеформированными кремнисто-обломочными породами (гематитовыми алевролитами, аргиллитами и конгломератами) вместе с небольшим количеством угля, отложившегося в речных, аллювиальных и озерных средах (Бурштейн, 1998).

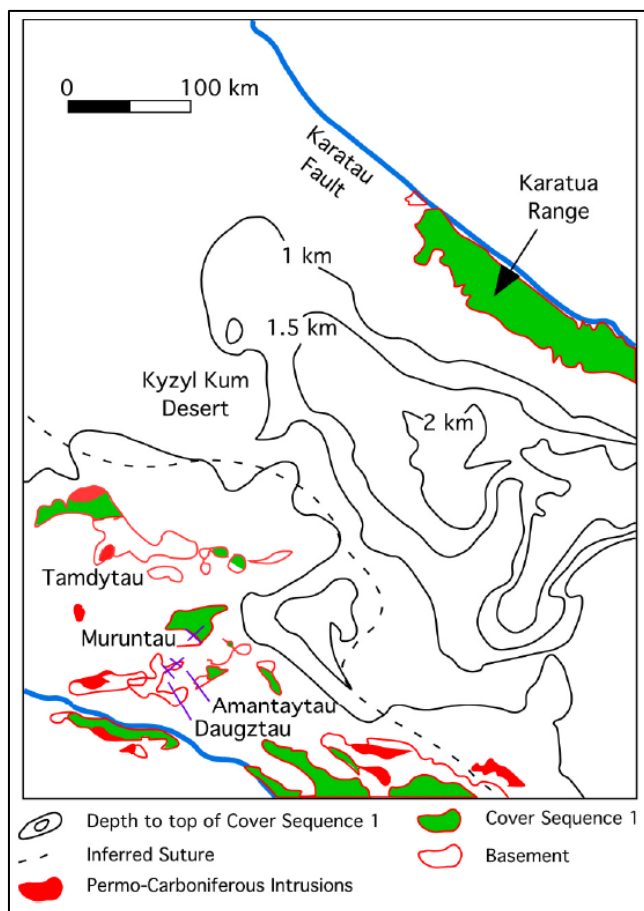


Рис. 3.4: Региональный геологический контекст месторождения Мурунтау, на основе советских региональных металлогенических карт по Уайльду и Гилберту, 2000 г.

3.2.3.4 Граниты

Граниты Кызылкумского региона выделены в две отдельные свиты: более древнюю бокалинскую свиту и более молодую нуратинскую свиту (Савчук и др., 1991). Бокалинская свита имеет очень мало выходов на поверхность, тогда как нуратинская свита, которая в основном сложена гранитами и гранодиоритами, на 95% представлена обнаженными интрузиями в Кызылкумском районе (Wilde & Gilbert, 2000). Нуратинская свита имеет пространственную и, вероятно, временную связь с оловянной минерализацией и обычно прорывает деформированные осадочные толщи фундамента и покровной толщи 1 (Рис. 3.4).

На Мурунтауской площади отмечены дайки разного состава и два интрузивных тела разного состава. Эти два интрузии известны как сардаринский и мурунский плутоны, причем погребенный сардаринский плутон, расположенный в 12 км к югу от Мурунтау, был обнаружен в ходе бурения и региональной аэромагнитной съемки.

Мурунский плутон (или «мурунский гранит») представляет собой среднезернистый лейкогранит, вскрытый под месторождением Мурунтау глубокой разведочной скважиной на

глубине 4 км. Вокруг плутона преобладает контактный метаморфизм и характеризуется порфириобластами биотита и в меньшей степени андалузита и кордиерита.

3.3 Геология месторождений

Месторождения Мурунтау, Мютенбай, Чукуркудук (ранее известное как Триада), Бесапантау и Балпантау расположены в пределах Кызылкумского золоторудного района (Рис. 3.3 & Рис. 3.5), в западной части южнотяньшанского пояса. Нижнепалеозойская бесапанская свита образует фундамент Кызылкума, который несогласно перекрыт отложениями девон-раннетриасового возраста, карбонатами и вулканитами.

Формирование месторождений золота произошло в результате многоэтапного процесса, включающего седиментацию, региональный метаморфизм (надвиг и магматизм) и множество фаз гидротермальной активности, включая фазы, связанные с золотой минерализацией (Kemp et al., 2015). Гранитный магматизм и золотое оруденение в целом одновременны, но их связь остается недоказанной.

Все породы фундамента метаморфизованы до зеленосланцевой фации и подверглись гидротермальному кварц-полевошпатовому метасоматозу, что особенно ярко проявляется в литологически и структурно благоприятных блоках нижних и средних пачек бесапанской свиты. В этой формации находится основная золотая минерализация в регионе.

Месторождение Мурунтау-Мютенбай-Чукуркудук расположено на восточной периклинали крупной тазгазганской антиклинали, осложненной более мелкомасштабной складчатостью. Месторождение Бесапантау расположено на северо-западном фланге рудного месторождения Мурунтау. Балпантау расположен севернее, в пределах вулcano-тектонического грабена.

3.3.1 Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук

В Таб. 3.1 представлена сводная информация о геологии месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук. На Рис. 3.6 представлены данные эксплоразведки карьера для иллюстрации ориентации, геометрии и пространственного распределения минерализации в широком масштабе.

Таб. 3.1: Сводная информация о геологии месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук	
Литология	<p>В крупном масштабе месторождения Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук образуют сплошное минерализованное тело. В геологии месторождений преобладают тасказганская и бесапанская свиты ордовикско-силурийского возраста мощностью 2500 м.</p> <p>Тасказганская свита сложена углисто-слюдисто-кварцевыми сланцами и углистыми алевролитами, а бесапанская свита — песчаниками и алевролитами с прослоями кварц-хлоритовых, кварц-серицитовых и углисто-сланцев. Содержание углеродистого вещества снижается в направлении от нижних к верхним горизонтам, в верхних районах преобладают полевошпат-кварцевые песчаники и алевролиты, кварц-сланцевые и кварц-хлоритовые сланцы.</p> <p>Ордовик-силурийские толщи несогласно перекрывают карбонатные отложения нижнего девона в северо-восточной части Мурунтауской площади. Южную часть покрывают рыхлые мезозойско-кайнозойские породы.</p> <p>Рудная минерализация Мурунтау развита в характерной массивной биотит-плагиоклаз-кварц-ортоклазовой породе от светло-розового до желтого цвета. Диапазон составов этих пород обычно составляет от 25 до 50% ортоклаза, от 25 до 40% кварца, от 15 до 25% плагиоклаза (альбита и альбит-олигоклаза) и от 20 до 40% биотита, что представляет собой обогащение щелочными металлами.</p>
Гидротермальные изменения	<p>Вмещающие породы месторождения интенсивно биотитизированы, амфиболитизированы, окремнены, карбонатизированы, сульфидизированы и метаморфизованы до зеленосланцевой фации.</p> <p>Метасоматоз особенно интенсивен в благоприятных блоках ниже-средней бесапанской подсвиты и тесно связан с золоторудным оруденением. Исследования показывают, что интенсивность метасоматических процессов и золотого оруденения обратно пропорциональна распределению углеродсодержащих пород по разрезу, что связано с их повышенной пластичностью и пониженной способностью к разрушению при деформировании.</p> <p>Присутствует турмалиновая и шеелитовая минерализация; турмалин часто залегает в закраинах рудоносных зон, тогда как шеелит встречается в кварцевых жилах.</p>
Структура	<p>В структуре Мурунтау преобладает значительная складчатость. Рудное месторождение расположено на восточной периклинали крупной тасказганской</p>

Таб. 3.1: Сводная информация о геологии месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук

	<p>антиклинали, осложненной более мелкими складчатыми нарушениями, одно из которых связано с месторождениями Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук.</p> <p>Разломы пересекают складки по всему региону, наиболее значительным из которых является «Южный разлом», простирающийся с северо-востока на юго-запад с субвертикальным падением и образует границу между Мурунтау и Мютенбаем. Южный разлом представляет собой взброс с амплитудой вертикального смещения около 400 м и имеет обширные сдвиги и будинаж мощностью 50-120 м.</p> <p>Второй по значимости структурой является «Структурный разлом», параллельный Южному разлому, также субвертикальный и расположенный в 2 км к северу. Разлом характеризуется системой сопряженных прерывистых тектонических швов, амплитуда смещений по которым не превышает 50-100м.</p> <p>Между Южным и Структурным разломами существует несколько разломов северо-восточного простирания более низкого порядка, крупнейшим из которых является взбросовый Северный разлом. Этот разлом имеет смещения порядка сотен метров и оказывает существенное влияние на морфологию залежей месторождения Мурунтау.</p> <p>Месторождение Мурунтау можно охарактеризовать как асимметричную перевернутую седловину, занимающую осевую часть синклинали, образованной кровлей тасказганской и основанием верхней подсвиты бесапанской свиты. Блок Мурунтау ограничен Структурным (с севера) и Южным (с юга) разломами, территорию пересекают многочисленные структуры более низкого порядка.</p> <p>Мурунтау и Мютенбай образуют два массивных месторождения (Рис. 3.6), отделенные друг от друга зоной Южного разлома, при этом Мютенбай расположен в южном крыле синклинали.</p> <p>Золоторудное оруденение на месторождении Мурунтау-Мютенбай -Чукуркудук расположено в пределах субсогласных зон сдвига. Эти зоны сдвига развиваются вдоль углистых горизонтов, проксимальных к границе тасказганской и пестроцветной бесапанской свит, а также ниже-средней подсвиты бесапанской свиты. Большая часть золота расположена в осевой зоне синклинали.</p>
<p>Минерализация</p>	<p>Месторождение Мурунтау представляет собой гигантское месторождение штокверкового типа, вмещающее бесапанской свитой, представленное жилами с преобладанием кварца плюс связанных с ним кварц-альбит-флогопитовых и двух генераций кварцевых серицит-хлорит-(калишпатовых)-карбонатных изменений. Содержание золота этого типа изменений обычно составляет 1-3 г/т, местами увеличиваясь до 20-30 г/т Au.</p> <p>Минерализация наиболее развита в тонко- и среднеслоистых литологических пачках с преобладанием псаммопелита и псаммита. Эти зоны характеризуются интенсивными биотит-полевошпат-кварцевыми изменениями. Более крупная оболочка из</p>

Таб. 3.1: Сводная информация о геологии месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук

	<p>углеродистых и биотитизированных черных полосчатых пород, окружает более богатые зоны с бедным вкрапленным золотым оруденением, обычно с содержанием 1 г/т.</p> <p>Минеральный состав руд месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук идентичен и относительно прост. Основной рудный минерал — самородное золото, встречается также в пирите и арсенопирите. Золотая минерализация неравномерно рассеяна в кварце и сульфидах в виде зерен, скоплений или тонких прожилков мощностью >1 мм. Пробность золота, в целом, высокая. В свободной форме в рудах заключено 96% золота.</p>
--	--

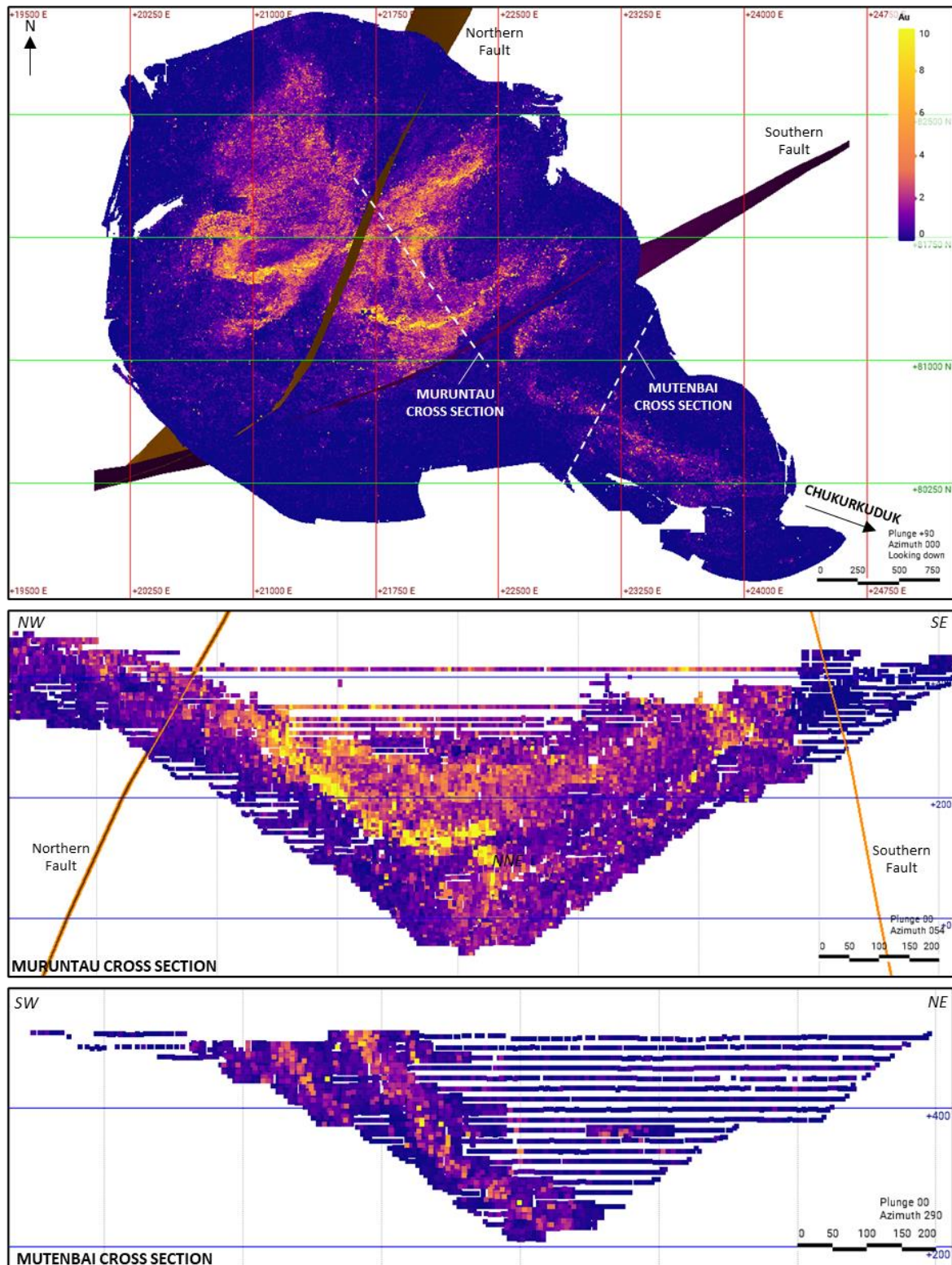


Рис. 3.6: Эксплоразведочное опробование карьера Мурунтау-Мютенбай, используемая цветовая шкала позволяет визуализировать тренды богатого оруденения

3.3.2 Бесапантау

В Таб. 3.2 представлена сводная информация о геологии месторождения Бесапантау. Типовой разрез представлен на Рис. 3.7.

Таб. 3.2: Сводная информация о геологии месторождения Бесапантау	
Литология	Месторождение Бесапантау расположено на западном фланге рудного месторождения Мурунтау и поэтому имеет аналогичную литологию вмещающих пород.
Гидротермальные изменения	<p>Рудовмещающие породы Бесапантау интенсивно биотитизированы, амфиболитизированы, окварцованы, карбонатизированы и сульфидизированы.</p> <p>Рудные зоны представлены кварц-полевошпатовыми метасоматитами, прожилками, окварцеванием и пирит-арсенопиритовой минерализацией.</p> <p>Также присутствует турмалиновая и шеелитовая минерализация. Турмалиновая минерализация часто тяготеет к окраинам рудоносных зон; Шеелит встречается в кварцевых жилах.</p>
Структура	<p>В структурном отношении месторождение расположено в пределах южной части Герцинской синклинали и имеет сложное строение за счет преобладания разломных структур, простирающихся в субширотном и северо-восточном направлениях.</p> <p>В совокупности эти разломы образуют обширные зоны значительной мощности, характеризующиеся сдвигами и брекчиями. Границы месторождения на западе и востоке определяются крутопадающими (70-90°) разломами.</p> <p>Рудоносные зоны, протянувшиеся с запада на восток, прорезаны многочисленными взбросами субширотных разломов, в результате чего происходит поднятие блоков восточной рудной зоны с 10-20 м до 200-250 м.</p> <p>Северо-западный участок Бесапантау входит в сложную систему периклинали тасказганской антиклинали, которая является основной складчатой структурой региона.</p>
Минерализация	<p>Распределение золота в Бесапантау неравномерно и представлено кварцевыми и сульфидными прожилками, а также метасоматитами. Золото свободное, субмикроскопическое, пробность - 315-920.</p> <p>По результатам минералого-петрографических исследований установлено, что руды месторождения относятся к убого сульфидному золотокварцевому промышленному типу, по вещественному составу аналогичны рудам месторождения Мурунтау и могут перерабатываться по схеме ГМЗ-2 (гравитация, сорбционное выщелачивание хвостов гравитации).</p> <p>Преобладающими рудными минералами являются кварц, полевой шпат, шеелит, апатит, хлорит, молибденит, биотит, пирит, арсенопирит, пирротин и</p>

Таб. 3.2: Сводная информация о геологии месторождения Бесапантау

	<p>золото. Золото встречается как самородное, так и присутствует во вкрапленном виде в пирите и арсенопирите.</p> <p>Также присутствуют серебро, вольфрам, цинк, свинец и медь, а также примеси мышьяка и сурьмы.</p>
--	---

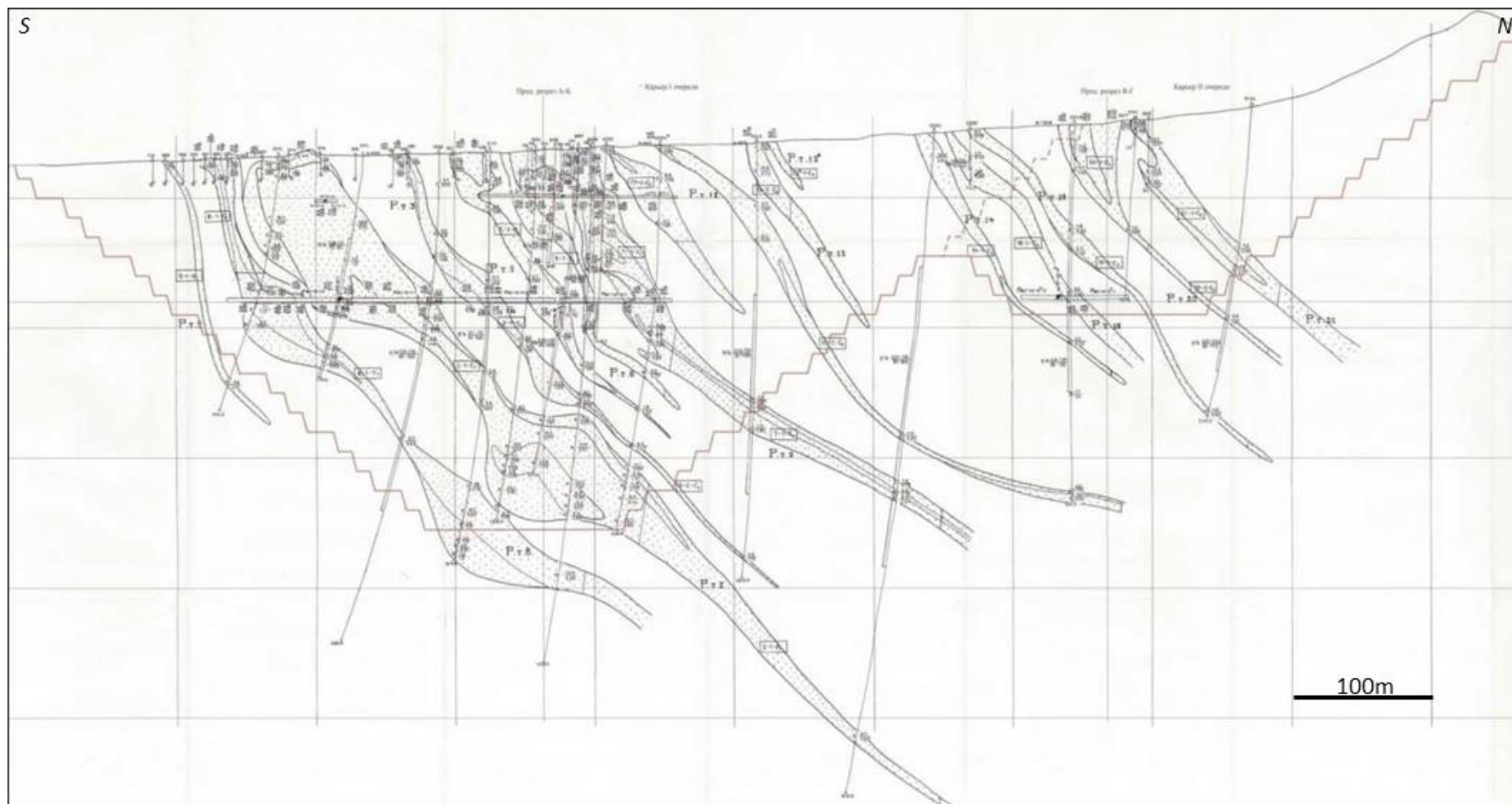


Рис. 3.7: Типовой разрез золоторудного месторождения Беспантау (НГМК)

3.3.3 Балпантау

В Таб. 3.3 представлена сводная информация о геологии месторождения Балпантау. Типовой разрез представлен Рис. 3.8.

Таб. 3.3: Сводная информация о геологии месторождения <fkgyfnye	
Литология	<p>Рудное месторождение Балпантау расположено в Северном Тамдытау. Геология представлена следующим:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Докарбонатные отложения, представленные отложениями беспанской свиты; • Нерасчлененные карбонатные залежи; • Посткарбонатные отложения. <p>Песчаники и сланцы беспанской свиты имеют очень ограниченное распространение. Карбонаты также ограничены по распространению, и их структурное положение неясно. На северном фланге месторождения Балпантау в геологическом строении преобладают известняки, известняковые брекчии и карбонатизированные песчаники.</p> <p>Большая часть золотой минерализации Балпантау сосредоточена в вулканогенно-осадочных андезибазальтах среднего карбона, которые составляют большую часть рудного месторождения Балпантау, особенно на контактах.</p> <p>Неизмененные андезиты и андезибазальты в различных формах содержат лишь следовые количества самородного золота.</p> <p>Над платформой залегают палеогеновые и неогеновые отложения (мощностью 200-300 м) и четвертичный рыхлый материал, перекрывающий до 95% площади (мощность 0,5-20 м).</p>
Гидротермальные изменения	<p>На территории месторождения преобладают гидротермально-метасоматические изменения, характеризующиеся кварц-серицитом и кварц-карбонат-серицитом с пиритом. Метасоматические изменения обычно ограничиваются зонами разломов, а также контактами субвулканических и силлоподобных тел с вмещающими породами.</p> <p>Преобладают пропицитизация и березитизация-лиственитизация, за которыми следуют окремнение, серицитизация и карбонатизация с сульфидной минерализацией.</p> <p>Окисление варьируется в зависимости от местоположения: граница окисления на северном фланге составляет в среднем ~60-66 м и ~40 м на южном фланге.</p>
Структура	<p>Балпантау расположен в пределах вулканогенно-тектонического грабена длиной от 120-130 до 200-220 км и шириной 25-30 км. Грабен залегает в карбонатном</p>

Таб. 3.3: Сводная информация о геологии месторождения <fkgfynfe

	<p>массиве девонско-среднекаменноугольного возраста, перекрытом преимущественно мезокайнозойскими породами. Верхняя часть грабена характеризуется высокоосновными породами (субщелочными пикритами, пикробазальтами и погребенными среднекаменноугольными базальтами различных фаций). Окраины грабена содержат серию субпараллельных разломов различного масштаба, заполненных небольшими дайкообразными телами ультраосновных тел, полностью преобразованными в листвениты.</p>
Минерализация	<p>Руды месторождения относятся к золото-кварцевому малосульфидному типу. Основными золотосодержащими минералами являются самородное золото, пирит и арсенопирит. Генезис золотого оруденения считается гидротермальным и одновременным с Мурунтау (Саитов и Руслан Печерский, 2022).</p> <p>Применяемое бортовое содержание оказывает большое влияние на морфологию минерализации. При бортовом содержании 0,2 г/т рудные зоны мощные, обширные и выдержанные по простиранию и падению. Однако при высоком бортовом содержании 0,5-1,0 г/т минерализация начинает дробиться и образовывать отчетливые, прерывистые, кулисообразные залежи.</p> <p>Мощность жил и прожилков варьируется от 5 см до 2,0 м, обычно они расположены в широтных разломах.</p> <p>Границы жильных зон нечеткие с постепенным снижением содержаний по мере удаления от секущих или согласных рудоносных структур. Значения золота в этих зонах крайне неравномерна, а пределы минерализации определяются только по данным содержания.</p>

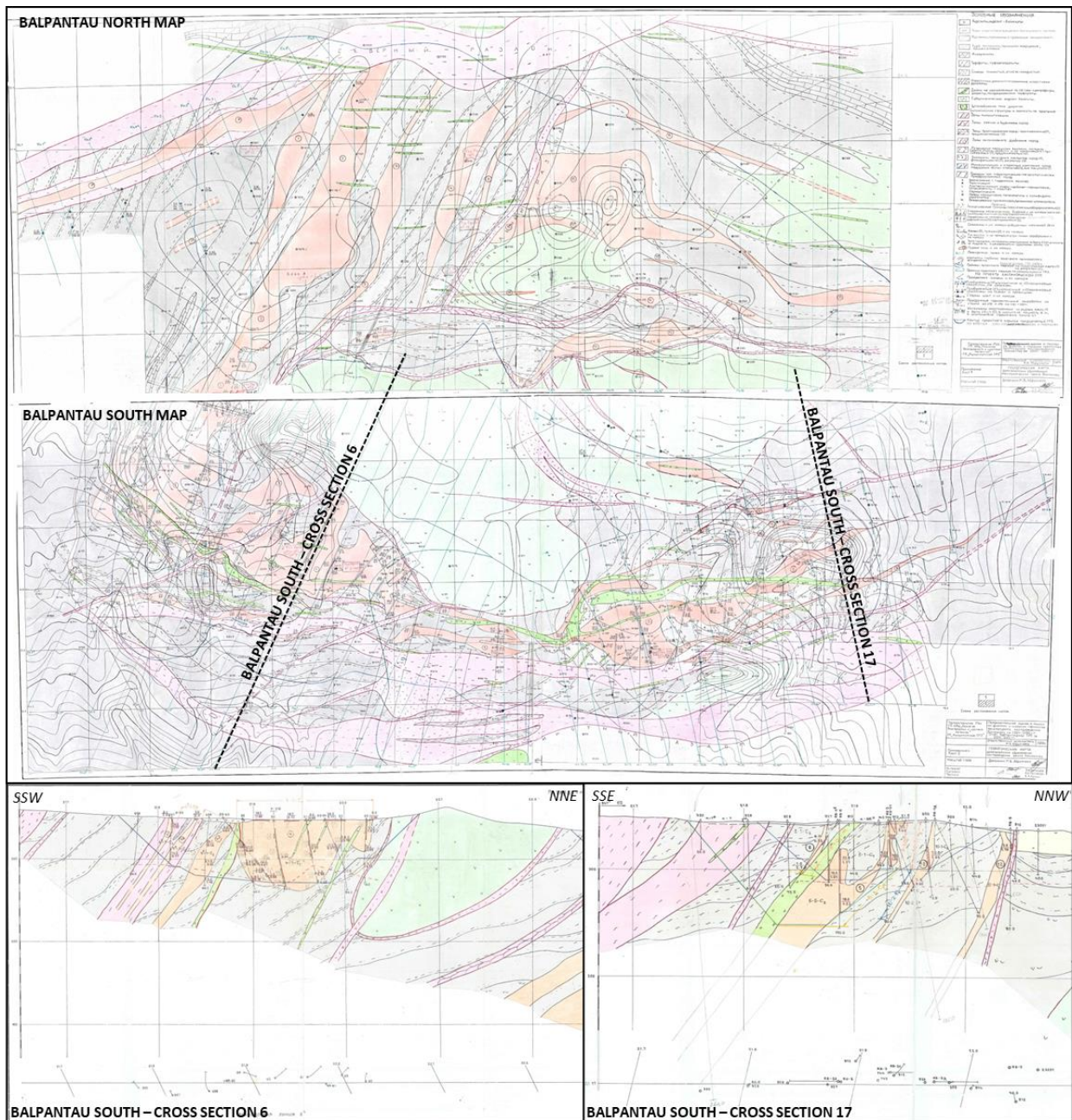


Рис. 3.8: Геологические карты и Типовой разрез золоторудного месторождения Балпантау (НГМК)

3.4 История освоения месторождений

Полное описание истории обнаружения, геологоразведки и отработки месторождений Мурунтауского кластера представлено в отчете НГМК о минеральных ресурсах за 2023 год. Ниже перечислены ключевые вехи освоения каждого месторождения.

Мурунтау и Мютенбай:

- Месторождение Мурунтау открыто в 1958 г и эксплуатируется с 1967 г.;
- Месторождение Мютенбай разведывается с 1973г.;
- Работы выполняются Геологоразведочной партией № 1 в составе рудника Мурунтау и Кызылкумской геологоразведочной экспедицией в составе Научно-производственного центра НГМК «Геология драгоценных металлов и урана»;
- Суммарный объем добычи с момента начала отработки оценивается в районе 700 млн. т при содержании 2,32 г/т, что составляет 52,3 млн. унций;
- В настоящее время объединенный карьер Мурунтау-Мютенбай отрабатывается в контурах, определённых проектом четвертой очереди (основание карьера на отметке - 75 м от уровня моря / 670 м от поверхности).

Чукуркудук:

- Месторождение Чукуркудук выявлено Кызылкумской ГРЭ в процессе поисково-оценочных работ, выполненных в 1988-95 гг.;
- Месторождение расположена на восточном, перекрытом мезокайнозойским осадочным чехлом, фланге месторождения Мютенбай;
- Месторождение потенциально может разрабатываться отдельным карьером, который впоследствии по мере развития горных работ сольется с карьером Мурунтау-Мютенбай;
- М. Чукуркудук исключено из оценки ресурсов и запасов Мурунтауского кластера до получения результатов текущего заверочного бурения.

Бесапантау:

- Месторождение Бесапантау выявлено в 1964 г. при производстве поисковых работ в северо-западной части Мурунтауского рудного поля;
- Основные объемы геологоразведочных на месторождении Бесапантау выполнены в период 1986-1998 годов Кызылкумской партией Узбекгеология Кидирув (кызылкумская ПГРЭ);
- Начало отработки открытым способом запланировано на 2024г.

Балпантау:

- Месторождение Балпантау выявлено в 1984 г. по результатам общих и детальных поисков на Кынырской перспективной площади;
- Основной объем геологоразведочных работ выполнен Кызылкумской ГРЭ Госкомгеологии РУз в период 1996-2003 гг. и 2004-2009 гг.;
- Оработка открытым способом была начата в 2023г.

Наиболее значимым для подсчета минеральных ресурсов и соответствующей отчетности является итоговый состав данных геологоразведки, имеющихся для каждого месторождения. В Таб. 3.4 ниже представлена разбивка геологоразведочных работ по периодам и типам работ для каждого месторождения Мурунтауского кластера. Также указана доля разведочных работ данного типа (по объему), приходящаяся на определенный период.

Таб. 3.4: Виды и объемы геологоразведочных работ на месторождениях Мурунтауского кластера					
Месторождение	Период работ	Тип работ	Кол-во	Общий объем (м)	% объема за период по месторождениям
Мурунтау	До 2021	Колонковое бурение	3 210	818 746	96.8%
		Шарошечное бурение	1 509	83 338	
		Опроб. подз. выработок	1 394	210 752	
	После 2021	Колонковое бурение	27	12 301	3.2%
		Опережающее RC бурение	262	24 501	
Мютенбай	Все	Колонковое бурение	1 450	361 909	N/A
		Шарошечное бурение	119	6 364	
		Опроб. подз. выработок	461	567 788	
Чукуркудук	До 2020	Колонковое бурение	335	154 154	91.3%
	После 2020	Колонковое бурение	35	14 617	8.7%
Бесапантау	1996-2009 Кызылкумская ПГРЭ	Колонковое бурение	267	79 582	64.4%
		Шарошечное бурение	693	20 017	
		Опроб. подз. выработок	166	16 093	
		Проходка канав	22	4 668	
	2011-2013 ГРП-3 Центрального рудоуправления	Колонковое бурение	45	13 495	7.2%
	2019-2022 Кызылкумская ПГРЭ	Колонковое бурение	155	45 392	28.3%
		Шарошечное бурение	133	5 034	
		Опроб. подз. выработок	36	288	
Проходка канав		22	2 223		

Балпантау	1996-2009 Кызылкумская ГРЭ	Колонковое бурение	166	29 620	86.9%
		RC бурение	68	5 912	
		Шарошечное бурение	439	28 951	
		Опроб. подз. выработок	3 ствола	3 969	
		Проходка канав	109	9 740	
2020-2023 Кызылкумская ПГРЭ		Колонковое бурение	60	11,520	13.1%
		Опроб. подз. выработок	1 ствол	262	

По мнению WAI, одной из сильных сторон истории геологоразведочных работ на Мурунтауском кластере является использование разведочных подземных разработок на ранних этапах процесса освоения ресурсов. Например, на месторождениях Мурунтау и Мютенбай было пройдено четыре ствола со штреками через каждые 40-80 м на всю мощность выявленных рудных зон. Это дорогостоящий метод геологоразведки, однако обширные подземные обнажения способны предоставить более точное представление о расположении, ориентации, морфологии и выдержанности рудных зон, чем это было бы возможно только на основе данных бурения скважин.

Преобладающим методом геологоразведки было опробование керна колонковых скважин, однако на различных этапах разведки использовался ряд других методов разведки и типов проб, для некоторых из которых характерен более высокий риск систематической ошибки опробования. Специалистами WAI была выполнена оценка каждого метода (см. раздел 3.5), а также несколько видов проверки для определения типов проб, пригодных для включения базу данных подсчета минеральных ресурсов (см. раздел 3.6.3.3).

Отдельные периоды геологоразведки, указанные в Таб. 3.4, были определены НГМК. Основываясь на существующих отчетах и обсуждениях с техническим персоналом во время выезда на предприятие, специалисты WAI сделали вывод, что эти периоды представляют собой два разных поколения данных с точки зрения их качества. В целом, для «исторических данных» до 2019 года был характерен более низкий выход керна, меньший охват и объем контроля качества лабораторно-аналитических работ и некоторые характерные для того периода проблемы по части пробоподготовки и анализа проб. После 2019 года НГМК был предпринят ряд инициатив по постоянному совершенствованию для решения этих проблем. Более подробная информация о методике геологоразведочных работ представлена в разделе 3.5.

Значительную часть данных, имеющаяся по всем месторождениям, приходится именно на исторический период (Таб. 3.4), поэтому ключевым аспектом аудита минеральных ресурсов, представленного в настоящем отчете, являлась оценка надежности данных. С этой целью аудиторами было выполнено следующее:

- Изучены имеющиеся данные контроля лабораторно-аналитических работ (Раздел 3.5.7);

- Изучены результаты и методика проверки достоверности данных, выполненной Заказчиком (Раздел 3.6.2);
- Выполнена собственная независимая проверка достоверности данных с использованием ряда методов (раздел 3.6.3);
- Изучен подход Заказчика к исключению данных из базы данных подсчета минеральных ресурсов, проверен итоговый состав базы данных, и оценены связанные с ней остаточные риски (раздел 3.7.3);
- Проанализированы имеющиеся данные сверки геологоразведочных, эксплоразведочных и добычных данных (Раздел 3.7.14);
- Выполнено собственное независимое сравнение геологоразведочной и эксплоразведочной моделей (раздел 3.7.14).

По заключению WAI, Мурунтауский кластер имеет значительный потенциал для дальнейшего прироста минеральных ресурсов и извлекаемых запасов. Для эффективного раскрытия этого потенциала, планирование геологоразведочных работ должно быть синхронизировано с единым стратегическим планом горных работ, который предусматривает все имеющиеся источники руды. Таким образом, WA предполагает, что это было одной из побудительных причин для начала текущей фазы настоящего исследования.

3.5 Методика геологоразведочных работ

3.5.1 Бурение

3.5.1.1 Виды бурения и выход керна

В качестве основного метода бурения на Мурунтауском кластере применялось колонковое бурение. По мнению WAI, колонковое бурение может считаться высококачественным методом при условии высокого выхода керна. Бурение осуществлялось преимущественно диаметром NQ (76 мм) с использованием твердосплавных и алмазных коронок. На пяти месторождениях с течением времени использовался широкий спектр буровых установок. В состав основных буровых установок, которые использовались на месторождениях в период до 2019 года входят: Мурунтау-Мютенбай - ЗИФ-650; Чукуркудук - XYDX-4, ЗИФ-650, ЗИФ-1200, ЗМО-1500; Бесапантау - СКБ-5, ЗИФ-650, ЗИФ-1200, ЗМО-1500; и Балпантау - ЗИФ-650.

Средние значения выхода керна за большую часть этого периода приведены в отчете НГМК о минеральных ресурсах за 2023 год (см. Таб. 3.5). В исторический период бурение производилось с низким выходом керна (в среднем около 65-75%), однако со временем этот показатель улучшился до приблизительного среднего значения 80% в период с 1999 по 2015 год. Низкий выход керна повышает риск непредставительности полученной пробы для данного интервала скважин.

Вид бурения	Период				
	1985	1986	1987	1988	1999-2015
Бурение с поверхности	66.8	68.7	74.4	77.5	79.5
Подземное бурение	66.5	68.4	73.0	71.8	81.3

С 2020 года используются буровые установки Hanjin D&B (производство Корея), DBS-S15 и 21 (Турция), и, согласно предоставленной информации, средний выход керна в рудных пересечениях возросло до более чем 90%. Выездная группа WAI во время посещения предприятия произвела осмотр керна новых скважин (например, MUR_072, MUR_033) и отметила хорошие результаты бурения, особенно с учетом присутствия локальных зон интенсивной трещиноватости. Данные документирования выхода керна в основном ограничивается новыми скважинами и указывают на улучшенный выход керна (пример представлен на Рис. 3.9).

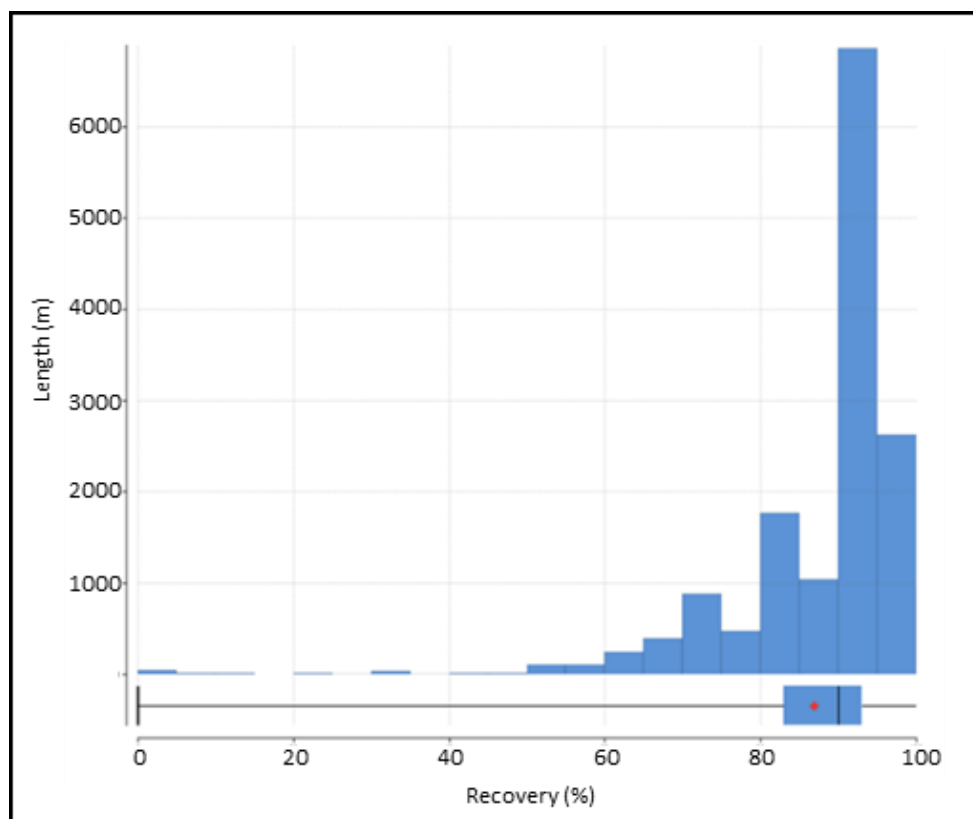


Рис. 3.9: Гистограмма выхода керна при бурении на месторождениях Мурунтау- Мютенбай-Чукуркудук в период после 2019 г.

На построенных графиках рассеяния зависимости между содержанием золота и выходом керна не наблюдается. Однако отсутствие этой зависимости может не распространяться на всю базу данных, поскольку данные выхода керна имеются только для небольшой части всего объема бурения.

Бурение методом обратной циркуляции воздуха (“RC”) проводилось в качестве опережающей эксплуатационной разведки буровым станком KWL 1600. При бурении RC в 2002-2003 годах на Балпантау использовалась установка NEMEK с компрессором, позволяющим осуществлять бурение на глубину 120-140 метров с хорошим выходом шлама. Бурение с обратной циркуляцией (RC) является стандартным отраслевым методом и может обеспечить приемлемое качество проб при условии хорошего выхода шлама и принятии достаточных мер для исключения перекрестного заражения проб между интервалами опробования. Для оценки выхода шлама при бурении RC отсутствуют данные документирования выхода шлама или весов проб, в связи с этим WAI рекомендует включить регистрацию этих данных в процедуры бурения RC в будущем.

Шарошечное бурение, также называемое «бурением скважин сплошным забоем», проводилось станками УКБ-500С шпиндельного типа с приводом от ДЭС-60 с продувкой забоя сжатым воздухом компрессором ПР-12, давление которого достигало 7-8 атм. Бурение проводилось твердосплавными шарошечными долотами диаметром 76 мм. По мнению WAI, этот метод бурения характеризуется более низким качеством, поскольку выдача шлама происходит с наружной стороны бурового става, что приводит к потере и загрязнению бурового шлама. Ввиду этого, специалисты WAI поддерживают решение Заказчика исключить этот тип бурения из моделирования и оценки ресурсов.

Также производится опробование взрывных скважин, и на основе этих данных формируется эксплоразведочная модель. В подсчете минеральных ресурсов эти данные не использовались.

Таб. 3.6 ниже представляет собой модифицированную версию Таб. 3.4, в нее были включены только данные по бурению, а также по каждому месторождению указана доля колонкового бурения в целом и колонкового бурения за период после 2020 года.

Таб. 3.6: Объемы бурения на золоторудных месторождениях Мурунтауского кластера						
Месторождение	Период	Тип бурения	Количество	Общий объем (м)	Доля колонкового бурения, %	Доля колонкового бурения за период после 2020г., %
Мурунтау	До 2021г.	Колонковое	3 210	818 746	88.5%	1.3%
		Шарошечное	1 509	83 338		
	После 2021г.	Колонковое	27	12 301		
		Обратн. цирк.	262	24 501		
Мютенбай	Все	Колонковое	1 450	361 909	98.3%	отсутствует
		Шарошечное	119	6 364		
Чукуркудук	До 2020г.	Колонковое	335	154 154	100%	8.7%
	После 2020г.	Колонковое	35	14 617		

Бесапантау	1996-2009гг.	Колонковое	267	79 582	84.7%	27.8%
		Шарошечное	693	20 017		
	2011-2013гг.	Колонковое	45	13 495		
		2019-2022гг.	Колонковое	155		
			Шарошечное	133	5 034	
Балпантау	1996-2009гг.	Колонковое	166	29 620	54.1%	15.2%
		Обратн. цирк.	68	5 912		
		Шарошечное	439	28 951		
	2020-2023гг.	Колонковое	60	11 520		

Как видно из Таб. 3.6, большая часть объема геологоразведочных работ на месторождениях Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук приходится на колонковое бурение. Однако, большая часть этого бурения выполнена в исторические периоды, для которых характерно наличие рисков, связанных с низким выходом керна и систематической погрешностью опробования. В случае с Бесапантау и Балпантау, наличие значительных объемов шарошечного бурения сплошным забоем дополнительно повышает риск систематической погрешности опробования и перекрестного заражения проб при включении данных этого бурения в базу данных подсчета минеральных ресурсов. Оценка обоих этих рисков была дополнительно выполнена WAI в рамках выполненной проверки достоверности данных с использованием ряда различных методов (см. раздел 3.6.3).

На Бесапантау и Балпантау Заказчиком эти риски были частично смягчены за счет выполнения в последнее время значительного объема колонкового бурения. WAI рекомендует продолжить аналогичную работу на м-ии Чукуркудук. На всех участках Мурунтауского кластера, где подсчет ресурсов опирается только на исторические данные, необходимо провести заверочные буровые работы для проверки достоверности этих данных. Очередность и порядок работ на этих участках должна быть определена в соответствии с приоритетностью и стратегическим планом развития горных работ на весь срок существования рудника.

Заказчиком получен очень положительный эффект за счет внедрения альтернативных буровых установок от международных поставщиков оборудования, поэтому этот тип оборудования рекомендуется использовать при осуществлении всех буровых программ в будущем. WAI также рекомендует использовать шарошечное бурение или другие методы бескернового шламового бурения только для поисковых работ первого прохода.

3.5.1.2 Плотность и пространственная ориентация геологоразведочной сети

На Рис. 3.10 по Рис. 3.12 представлены карты изучаемых месторождений, где показано местоположение, плотность и пространственная ориентация сети бурения, подземного опробования и поверхностных выработок. Выработки показаны разными цветами в

зависимости от типа геологоразведочных работ, колонковые скважины разделены на «исторический» и недавний (после 2019 года) периоды работ.

Бурение на всех месторождениях проводилось по систематической сети скважин, ориентированных по возможности субперпендикулярно по отношению к доминирующей ориентации рудных тел.

На большей части месторождения Мурунтау номинальная плотность сети колонковых скважин составляет 80 м (между профилями) на 40 м (между скважинами в профиле). Локально плотность буровой сети увеличивается до 80х80м, и такая плотность становится доминирующей на глубинах ниже ≈600м от поверхности. В северной части карьера Мурунтау по сети 60х60 м выполнена программа опережающей эксплоразведки методом шламowego бурения обратной циркуляции (RC). WAI согласны с целесообразностью проведения опережающей эксплоразведки для улучшения «видимости» рудного тела и среднесрочного планирования, однако рекомендует располагать эксплоразведочные скважины по сети 80 х 40 м «в шахматном порядке» между существующими профилями колонковых скважин, что позволит снизить дублирование данных и получить итоговую плотность сети скважин до 40 м х 40м. В настоящее время глубина охвата колонковым бурением на месторождении Мурунтау составляет примерно 1000 м от поверхности.

Верхние 250 м месторождения Мютенбай были разбурены колонковыми скважинами по сети 40 м (между профилями) на 20-40 м (между скважинами в профиле). На глубине приблизительно от 250 до 550 м от поверхности плотность сети увеличивается до номинальной плотности 60 х 60 м, местами до 80 х 80 м. До глубины примерно 1200 м ниже поверхности достигает более редкая сеть бурения, самые глубокие разведочные скважины пересекают минерализацию на глубине 1950 м.

Эксплоразведочное опробование взрывных скважин на месторождениях Мурунтау и Мютенбай простирается на максимальную глубину ≈550 м и ≈300 м ниже поверхности соответственно (Рис. 3.6). Взрывные скважины бурятся в шахматном порядке по сети плотностью 6м х 6м.

На месторождении Чукуркудук плотность сети колонковых скважин варьируется от 40 х 40 м до 80 х 80 м, при этом охват систематической сети скважин на глубину составляет ≈550 м от поверхности.

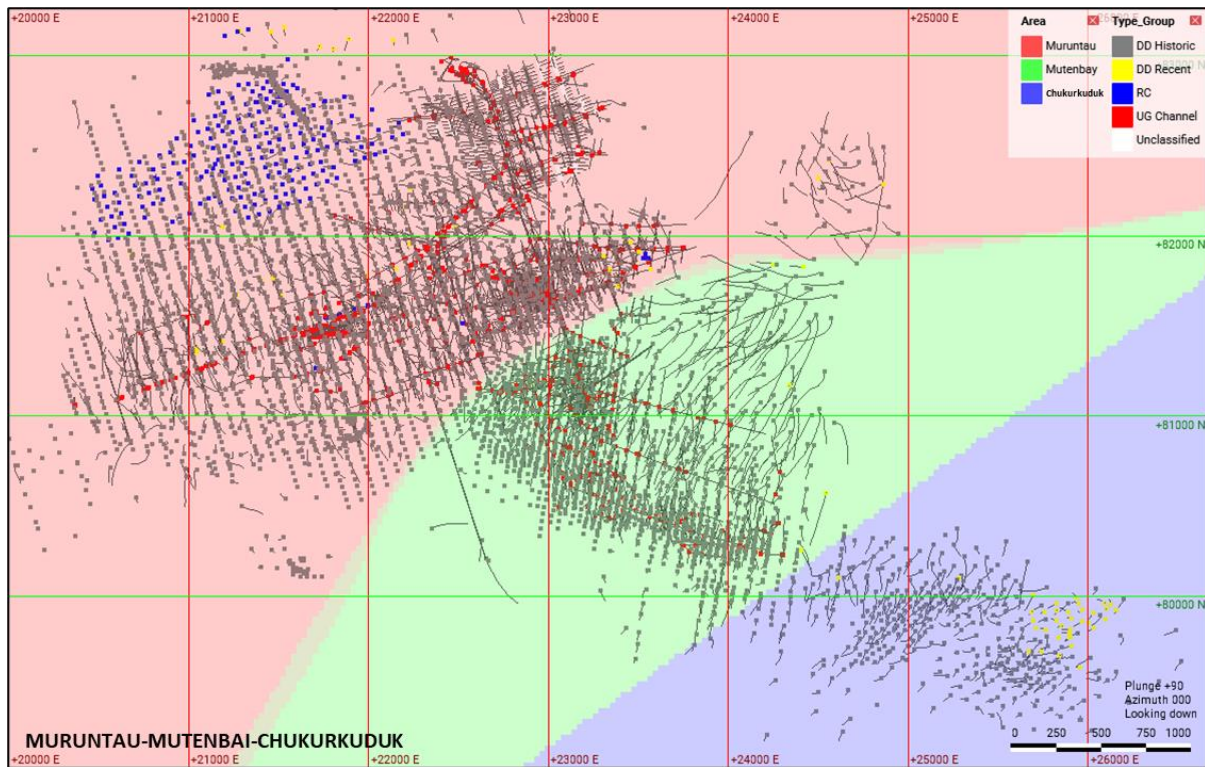


Рис. 3.10: Карта скважин и опробования подземных выработок на месторождениях Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук

На месторождении Беспантау выдержанные участки колонкового бурения с плотностью сети 60 x 60 м охватывают центральную, южную и северо-восточную части месторождения, в других частях месторождения плотность сети составляет преимущественно 80 x 40 м до 80 x 80 м. Новые скважины перемежаются с историческими скважинами, за исключением центральной/южной части месторождения, где преобладают исторические скважины. Часть этой территории разбурена скважинами шламового бурения обратной циркуляции по сети 100 x 100 м.

На месторождении Балпантау номинальная плотность сети колонкового бурения составляет от 40 x 40 до 60 x 60 м на южном и северо-западном флангах месторождения. В северо-восточной части плотность сети колонкового бурения менее равномерна, расстояние между профилями, как правило, составляет 80 м. В северной части новые скважины перемежаются с историческими, в южной части месторождения преобладают колонковые скважины недавнего периода. Эксплорационным опробованием взрывных скважин, которые бурятся в шахматном порядке по сети 5 x 5 м, охвачены верхние ≈20 м в южной части месторождения.

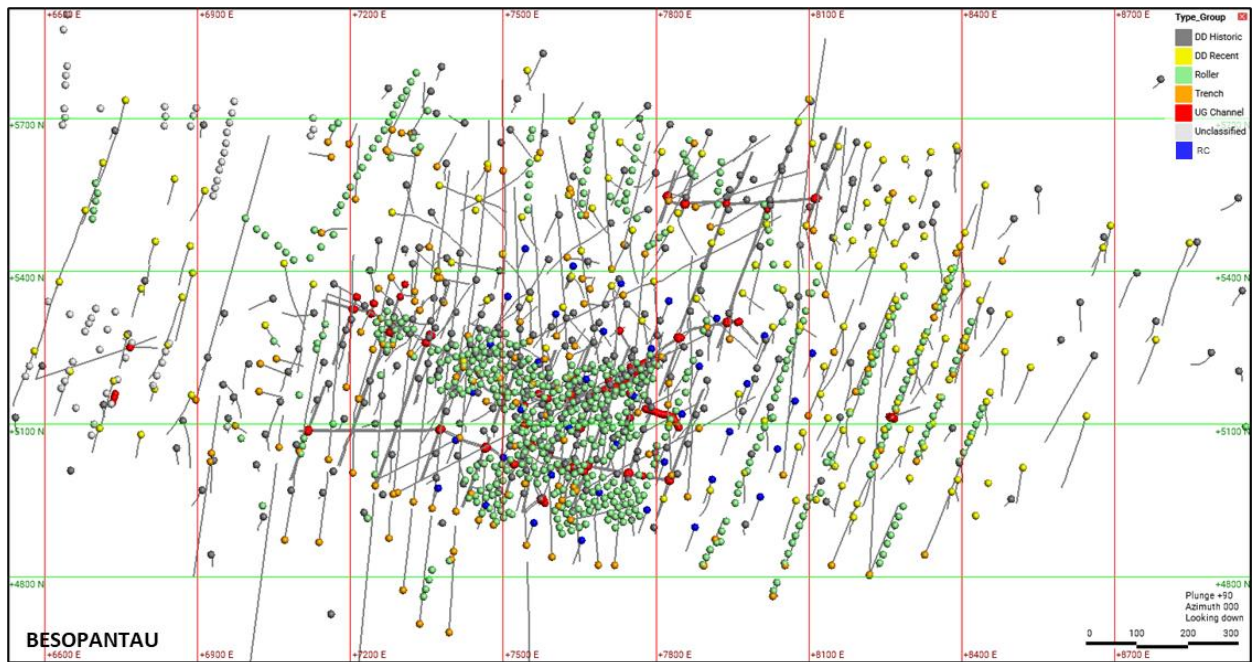


Рис. 3.11: Карта скважин, опробования подземных выработок и каналов на месторождении
Бесопантау

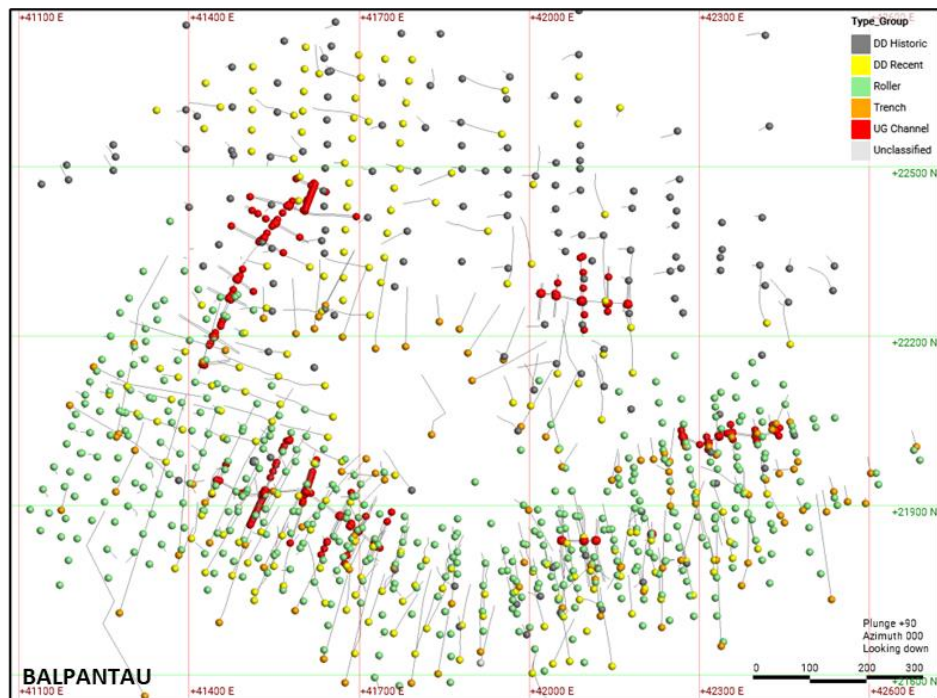


Рис. 3.12: Карта скважин, опробования подземных выработок и каналов на месторождении
Балпантау

3.5.1.3 Расположение

На каждом месторождении используется локальная система координат. Топографическая съемка обновляется ежемесячно с использованием опорной сети с шагом 1 метр. Привязка устьев скважин осуществляется вручную, инклинометрия проводилась во всех скважинах.

В рамках посещения объектов специалистами WAI оценка рабочих практик топографических работ не проводилась. Типы оборудования и точность съемки, согласно информации Заказчика, являются пригодными для оценки ресурсов. В состав проверки корректности базы данных, проведенной WAI, входила проверка данных съемки на наличие ошибочных значений.

3.5.1.4 Документирование геологоразведочных выработок

Документирование осуществляется для всех скважин на всю длину, за исключением эксплоразведочных/взрывных скважин. Ознакомление специалистов WAI с бумажными паспортами скважин во время посещения объектов НГМК предполагает, что детальное документирование скважин проводится Кызылкумской геологоразведочной экспедицией. Специалистами WAI также была выполнена выборочная проверка разметки керна и журналов выхода керна, в ходе которой замечаний не выявлено. Из электронной базы данных, предоставленной Заказчиком, следует, что цифровые записи имеются только по новым скважинам, пробуренным после 2019 года. Электронные таблицы документирования содержат поля для литологии, измененности пород, окисления, минерализации и геотехнических параметров. В системе документирования, применяемой для буровых работ недавнего периода, существенных пробелов не выявлено.

Охват данных документирования на месторождениях Мурунтау и Мютенбай в настоящее время недостаточен для моделирования на их основе. По отдельным частям месторождений Чукуркудук, Бесапантау и Балпантау имеется достаточный объем данных документирования для геологического моделирования. Судя по первоначальному анализу кодов первичного документирования в 3D, потенциальные препятствия для моделирования включают использование слишком большого количества литологических кодов (например, на м-ях Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук используется 346 кодов) и наличия локальных участков с плохой корреляцией между скважинами. Такая проблема возникает нередко, и ее можно решить с помощью оптимизированной библиотеки литологических кодов и анализа/проверки документирования каждой скважины на основе существующих буровых и рабочих геологических моделей.

WAI отмечает, что в настоящее время на предприятии отсутствует электронная система для полевого сбора данных. Потенциальные преимущества такой системы включают более надежный и эффективный сбор данных, встроенные протоколы проверки, а также быстрое обновление базы данных и моделей.

Ориентация жил может служить ключевым ориентиром для определения ориентации доменов, поскольку месторождения кластера Мурунтау являются гидротермальной системой, контролируемой жилами. WAI рекомендует осуществлять сбор ориентированных структурных данных в выборочных скважинах для целей более точного моделирования и планирования бурения.

3.5.2 Горные работы

3.5.2.1 Канавы

Проходка канав и траншей на Мурунтауском кластере осуществлялась двумя способами: вручную и мехспособом. При проходке вручную ширина канавы обычно составляла 0.7-0.8 м, глубина определялась по принципу углубки в коренные отложения не менее, чем на 0.5 м. Механизированная проходка канав осуществлялась экскаватором с шириной захвата ковша 1,3-1,4 м. Перед опробованием полотно канавы обычно зачищалось ручным способом.

Траншеи проходились на участках либо с уже установленным золотым оруденением, либо на участках сложных геологических взаимоотношений. Траншеи проходились бульдозером С-130 с шириной захвата ножа 4,1 м.

Местоположение, ориентация и протяженность канав показаны на Рис. 3.10 по Рис. 3.12. Канавы, как правило, ориентированы вкрест простирания. Наибольшим объемом проходки канав характеризуются месторождения Бесапантау (6891 м) и Балпантау (9740 м). Это включает в себя сеть канав, пройденных с интервалом 40-50 м в центральной части Бесапантау, и с интервалом 40-80 м в южной зоне Балпантау.

3.5.2.2 Опробование подземных выработок

На всех месторождениях, кроме м. Чукуркудук, пройдены геологоразведочные подземные выработки из шахтных стволов. Расположение, ориентация и латеральная протяженность сети выработок показаны на Рис. 3.10 по Рис. 3.12. Проходка подземных выработок и сопутствующее бороздовое опробование наиболее широко использовались на месторождениях Мурунтау и Мютенбай. На Рис. 3.13 показан дополнительный пространственный контекст этого набора данных.

На месторождениях Мурунтау и Мютенбай пройдено четыре ствола. На Мурунтау разведочные выработки пройдены на трех основных горизонтах (отм. +128м, +78м и 0м от уровня моря) на глубине 400-530м от поверхности. Рассечки пройдены из штреков, как правило, через каждые 80 метров. На месторождении Мютенбай разведочные выработки пройдены на четырех

основных горизонтах примерно через каждые ≈ 80 метров на глубине 140-380 м от поверхности. Рассечки из штреков пройдены преимущественно на расстоянии 40 м друг от друга. Положение рассечек было увязано с буровыми профилями, чтобы облегчить перекрестную корреляцию между подземным опробованием и данными буровых скважин.

На месторождениях Мурунтау и Мютенбай значительная часть подземных выработок сработаны карьером (как показано на Рис. 3.13), однако данные бороздового опробования подземных выработок по-прежнему используются для оценки минеральных ресурсов на фланговых частях Мурунтау и на глубоких горизонтах Мютенбая. На обоих месторождениях подземные выработки также использовались в качестве подземных буровых площадок для разведки глубоких горизонтов и бурения по развитию ресурсной базы.

На Бесапантау подземные выработки и бороздовое опробование сосредоточены в центральной/южной части месторождения на глубине 40 и 120 метров от поверхности. Выработки включают штреки и пройденные из них рассечки через каждые 80 метров.

В Балпантау было пройдено пять отдельных участков подземного опробования на глубине 50 метров от поверхности с интервалом между рассечками от 40 до 80 метров.

Объемные каркасы подземных выработок отсутствуют. По согласованию с Заказчиком с целью учета отработанных запасов специалистами WAI выработки смоделированы по принципу экстраполяции объема на 1,5 м от оси бороздового опробования для реалистичного воспроизведения размеров выработок.

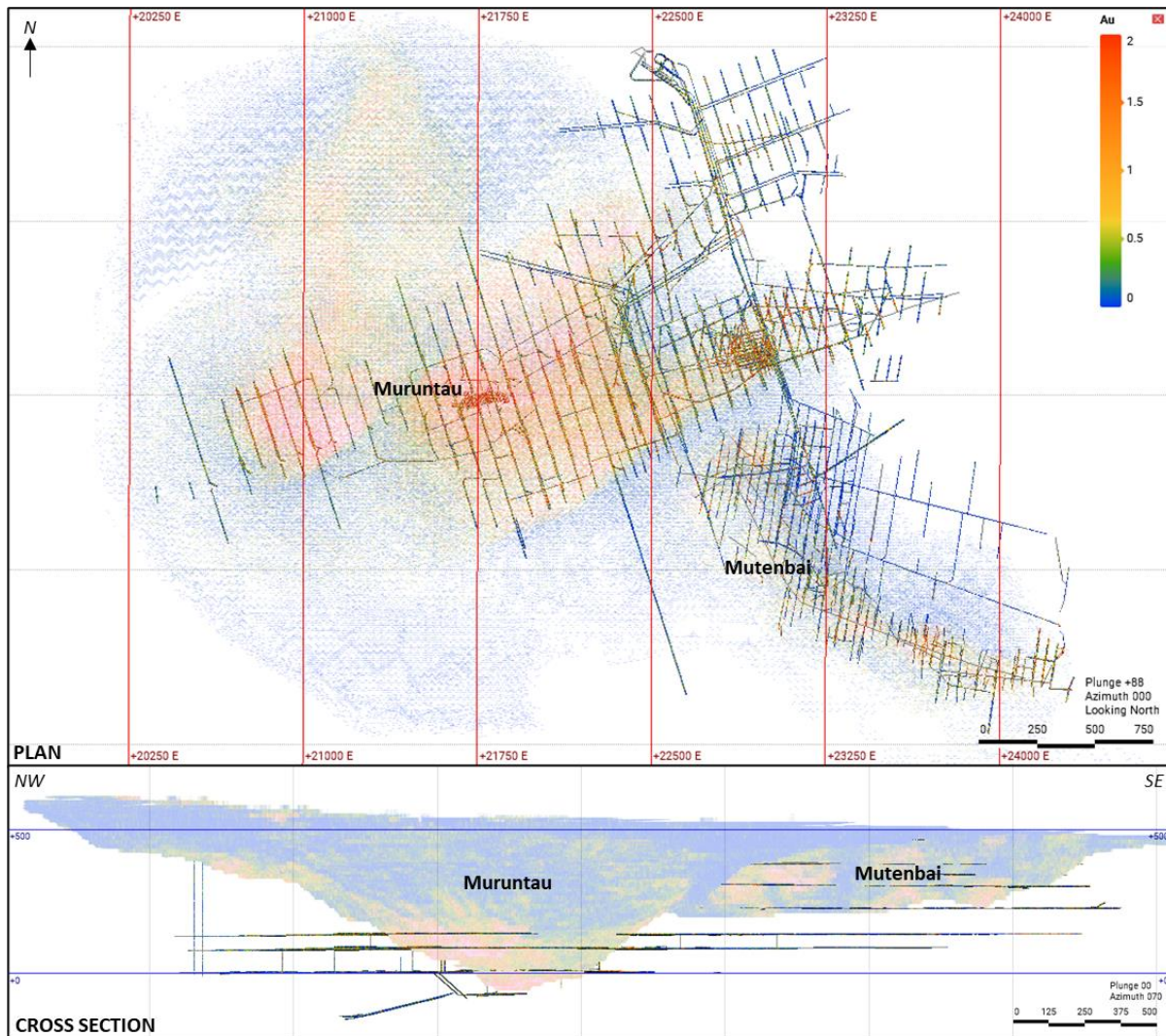


Рис. 3.13: План и поперечный разрез, показывающие сеть геологоразведочных подземных выработок на м-ях Мурунтау-Мютенбай относительно объема эксплоразведочного бурения в карьере

3.5.3 *Опробование*

Основные типы проб, которые отбирались в ходе геологоразведочных работ на Мурунтауском кластере, представлены керновыми, шламовыми и бороздовыми пробами. Осмотр бурового керна специалистами WAI подтвердил, что границы промышленной минерализации не могут быть надежно определены по визуальным характеристикам, что обосновывает используемый Заказчиком метод, предусматривающий опробование и анализ всех интервалов, за исключением безрудного четвертичного осадочного чехла.

3.5.3.1 Буровой керн

На основе существующих отчетов и наблюдений на месте, при колонковом бурении опробование осуществлялось как путем отбора половины керна, так и цельного керна. После осмотра станков для распиловки керна и ознакомления с рабочими процедурами распиловки керна на участке обработки керна НГМК выездная группа WAI пришла к заключению о соответствии этих работ передовой мировой практике. Длина пробы преимущественно составляет от 1 до 2 м (более подробная информация о длине проб представлена в Разделе 3.7.7), и может изменяться в зависимости от задокументированных геологических границ.

3.5.3.2 Буровой шлам

Пробы из скважин шламового бурения обратной циркуляции (RC) в основном отбирались интервалами 2,5 метра, материал пробы при этом пропускаться через конусный делитель Мецке для получения навески массой 5 кг.

Опробование шлама при бурении скважин сплошным забоем осуществлялось через 2 м с использованием циклонов. Выдуваемый шлам квартовался на делителе Джонсона, в пробу поступала половина от всего выдуваемого материала.

3.5.3.3 Бороздвое опробование

Опробование подземных выработок и канав осуществлялось бороздовым способом вручную с сечением борозды 5x10см. Длина проб обычно составляла от 0,5 до 5 м, чаще всего длина проб составляла 1–2 м. Длина проб корректировалась в зависимости от геологических границ и по возможности пробы отбирались вкрест предполагаемого простирания минерализованных зон.

В канавах отбор проб производился по осевой линии полотна. Опробование подземных выработок выполнено по одной или двум противоположным стенкам на уровне 1.0 м над уровнем полотна. Часть штреков пройденных по простиранию рудных зон для установления непрерывности оруденения опробовались позабойно через 2-3 м. Для обеспечения надежных результатов опробования фактический вес каждой пробы сопоставлялся с теоретическим весом.

Достоверность бороздвоего опробования была оценена Заказчиком путем сопоставления отрезков основной борозды и параллельной борозды, пройденной ниже основной на 5 см. По результатам сравнения разница средних содержаний составила около 5% (Таб. 3.7).

Таб. 3.7: Статистическое сравнение между основными и параллельными бороздами подземного опробования при разных сечениях

Тип борозды при опробовании подземных выработок	Кол-во проб	Ср. содержание Au (г/т)	Общее квадратичное отклонение	Среднеквадратичное отклонение
Основная борозда (10x5см)	32	1.94	94.85	1.72
Параллельная борозда (10x30см)	34	1.90	165.41	1.76
Параллельная борозда (5x3см)	34	2.07	190.4	2.37
Параллельная борозда (10x5см, 0.5м)	30	2.04	341.96	3.38

3.5.4 Объемный вес

Текущее значение объемного веса было принято на основе усреднения результатов небольшого количества измерений из исторических источников. Информация о методике измерений отсутствует. Согласно имеющейся информации, измерений объемного веса в сухом состоянии на регулярной основе на предприятии не проводится. WAI рекомендует разработать официальную процедуру для регулярного определения сухого объемного веса, что позволит осуществлять более точный подсчет тоннажа ресурсов (рекомендации, относящиеся к моделированию и интерполяции значений плотности представлены в Разделе 3.7.11). Подробные рекомендации по сбору данных объемного веса см. в Lipton & Hilton, 2014.

3.5.5 Пробоподготовка

Технологическая схема пробоподготовки для пробирного анализа, представленная ниже на Рис. 3.14, одинакова для всех месторождений и типов проб. Процесс пробоподготовки включает сушку, дробление и измельчение с сокращением пробы между этапами для получения в конечном итоге навески массой 0,5 кг с размером частиц 0,074 мм. Пробоподготовка для гамма-активационного анализа осуществляется по аналогичной, но сокращенной схеме, предусматривающую более крупное измельчение конечной навески – до 1 мм.

Вес проб на каждом этапе пробоподготовки сокращался до минимального представительного веса, который определялся по формуле Ричардса-Чечотта $Q = K \cdot d^2$ (где Q = вес пробы; d = максимальный диаметр частиц и k = коэффициент однородности (учитывающий неравномерность распределения золота)).

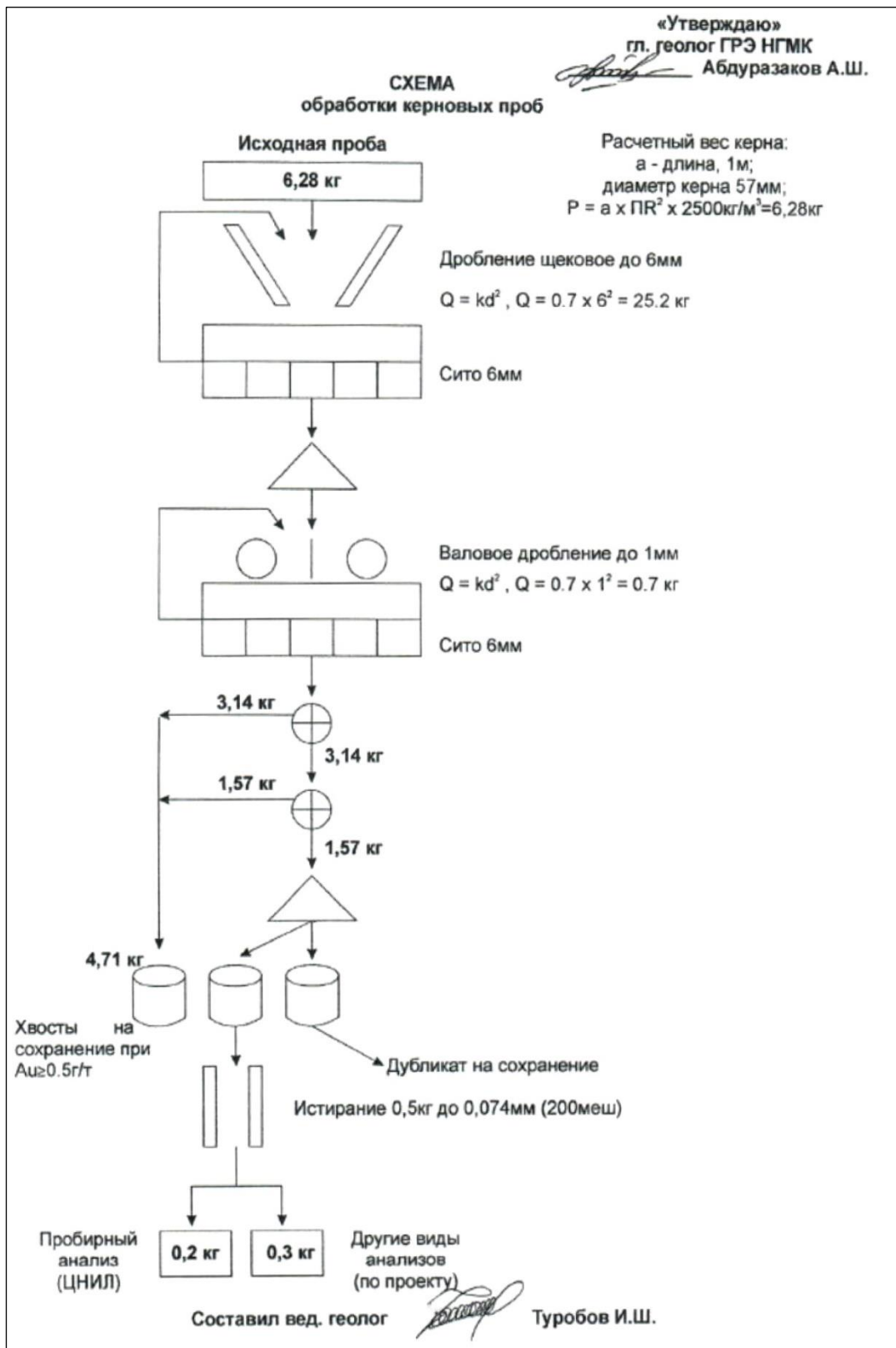


Рис. 3.14: Технологическая схема пробоподготовки

По заключению WAI, оборудование, вес проб и размер частиц, используемые при пробоподготовке, соответствуют общепринятой отраслевой практике. Выездная группа WAI посетила лаборатории НГМК, где осуществляется подготовка проб Мурунтауского кластера, и ознакомилась с рабочими процедурами, которые, по заключению WAI, являются целесообразными и обеспечивают получение представительных навесок, сведение к минимуму перекрестного заражения проб и необходимую по техническим спецификациям крупность измельчения. При посещении было отмечено, в лаборатории Мурунтау частично используются желобковые делители. Использование роторных делителей представляется более целесообразным ввиду более высокой эффективности.

3.5.6 Анализ проб

При геологоразведочных работах на месторождениях Мурунтауского кластера анализ проб осуществляется двумя методами – пробирным и гамма-активационным. В Таб. 3.8 приводится доля проб, проанализированных методом пробирного анализа и гамма-активации, по каждому месторождению.

Таб. 3.8: Доля проб, проанализированных методом пробирного анализа и гамма-активации				
Месторождение	Пробирный анализ		Gamma Activation	
	Количество проб	%	Количество проб	%
Мурунтау	10165	1.6	639135	98.4
Мютенбай	2276	1.2	184594	98.8
Бесапантау	75789	87	11588	13
Балпантау	49077	82	11018	18

Около 98% проб месторождений Мурунтау и Мютенбай проанализированы методом гамма-активации. По месторождениям Бесапантау и Балпантау намного больше проб проанализировано пробирным методом. На этих месторождениях гамма-активация обычно использовалась в качестве «отбраковочного» анализа, который позволял выбрать только пробы с содержанием выше 0,5 г/т для отправки на пробирный анализ. Гамма-активационный метод также используется для всех эксплоразведочных проб.

Лаборатории, используемые для подготовки и анализа проб, имеют только государственную аккредитацию Республики Узбекистан и не имеют независимой международной сертификации.

3.5.6.1 Пробирный анализ

Как исторические, так и современные аналитические работы проведены в основном геологической лабораторией Кызылкумской ПГРЭ. Аналитические навески весом 50г.

анализировались пробирным методом с гравиметрическим завершением. Из одной пробы отбиралось две навески по 50 г., содержание определялось по среднему значению двух результатов. В случае существенного расхождения между результатами анализа двух навесок, анализ проводился на третьей и четвертой навесках для получения соответствующего значения.

Результаты анализа приводились с точностью до одного десятичного знака. Согласно результатам обсуждений со специалистами во время выезда на предприятие, это отражает аналитическую точность метода пробирного анализа с гравиметрическим завершением. При принятом в настоящее время бортовом содержании руды в 0,5 г/т такой уровень точности увеличивает риск неправильного отнесения материала к руде и пустой породе. WAI рекомендует повысить аналитическую точность до 2 десятичных знаков за счет усовершенствования существующей техники гравиметрических измерений (предел обнаружения метода в коммерческих лабораториях составляет 0,01 ppm) или внедрения аналитической методики со спектрометрическим завершением ICP-MS (масс-спектрометрия с индукционно-связанной плазмой).

Во время посещения предприятия выездная группа WAI ознакомилась с процедурой пробоподготовки и пробирного анализа. По мнению WAI, существуют возможности для дополнительного повышения эффективности работ, в частности, внедрение «системы управления лабораторной информацией» (LIMS) для электронной маркировки и отслеживания проб, а также оптимизация потока проб между лабораторными станциями для минимизации перемещения проб. WAI рекомендует привлечь специализированную компанию для проведения дополнительного независимого аудита всех лабораторий пробоподготовки и пробирного анализа.

3.5.6.2 Гамма-активационный метод анализа

Гамма-активационный анализ был внедрен на горнодобывающем комплексе Мурунтауского кластера в 1979 году и выполняется в Центральной лаборатории гамма-активационного анализа (ЦЛГАА) НГМК. Во время выезда на предприятие специалисты WAI не посещали ЦЛГАА, и вся информация об этом методе была получена из отчетов Заказчика. Краткое описание метода гамма-активационного анализа представлено ниже:

1. Активация проб высокоэнергетичными гамма-квантами, получаемыми в результате торможения на мишени электронного пучка с энергией электронов 8 МэВ, генерируемого сильноточным линейным ускорителем электронов и последующим измерением активности пробы;
2. В результате ядерной реакции: $^{197}\text{Au} (\gamma, \gamma') \rightarrow ^{197\text{m}}\text{Au}$ образуется метастабильный радиоактивный изомер золота с периодом полураспада $T_{1/2} = 7.7$ сек. и энергией гамма-квантов $E_{\gamma} = 279$ КэВ;

3. Мешающими элементами при анализе проб на золото являются: уран, торий, барий и гафний. Учет влияния мешающих элементов производится с помощью метода спектральных отношений (МСО). В этом методе используется матрица спектральных отношений, которая рассчитывается при прогоне матричных или настроечных образцов. Эти образцы представляют собой пробы, содержащие только один из определяемых элементов (Au, U, Th, Ba, Hf) в большой концентрации;
4. Материал пробы упаковывается в кювету объемом 290 см³. Эталон в виде материала стандартного образца также упаковывается в кювету;
5. Содержание золота в пробах рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{X_1}{\eta \cdot m} [1 + (m - 425) \cdot 8 \cdot 10^{-4}]$$

где C - массовая доля золота в пробе, $1 \cdot 10^{-4}$ % (г/т);

η - эталонировочный коэффициент, используемый в дальнейшей работе для расчета содержания золота в пробах;

X_1 - счета от золота в пробе, импульсов;

m - масса пробы, г.

6. Эталонировочный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{{}^{Et} X_1}{{}^{Et} C \cdot {}^{Et} m}$$

где η - эталонировочный коэффициент, используемый в дальнейшей работе для расчета содержания золота в пробах;

${}^{Et} X_1$ - счета от золота в эталоне, импульсов;

${}^{Et} m$ - масса эталона, г;

${}^{Et} C$ - массовая доля золота в эталоне, $1 \cdot 10^{-4}$ % (г/т, ppm).

Согласно информации, полученной от Заказчика, гамма-активационный комплекс, предназначенный для проведения экспрессного массового количественного анализа рядовых геологических проб, соответствует требованиям для лабораторий III категории ИСАМ. Проведение анализов геологических проб в условиях ЦЛГАА производится в соответствии с Методикой выполнения измерений массовой доли золота в сыпучих материалах горных пород, руд и продуктов их технологической переработки гамма-активационным методом МВИ О'ЗО'У 233:2004, утвержденной Государственным предприятием «Узбекский национальный институт метрологии (ГП УзНИМ)» Агентства «Узстандарт» Республики Узбекистан в редакции 2019 года.

Среди преимуществ метода гамма-активации можно отметить пробоподготовку по упрощенной схеме, использование более крупной навески (500г) и быстрое получение результатов. Хотя этот метод используется исключительно на НГМК, WAI отмечает сходство с технологией PhotonAssay™, разработанной компанией Chrysol Corporation, которая теперь доступна на рынке в качестве альтернативы методу пробирного анализа.

3.5.7 Контроль качества опробования и лабораторно-аналитических работ (QA/QC)

3.5.7.1 Введение

Контроль качества опробования и лабораторно-аналитических работ (QA/QC) является ключевым компонентом для проверки корректности методов отбора проб, обеспечения их сохранности, пробоподготовки и лабораторного анализа. Целью программы контроля качества является количественная оценка и мониторинг погрешностей, а также получение информации, которая может быть использована для улучшения процедур отбора проб и анализа для сведения к минимуму каких-либо погрешностей. Комплексная программа контроля должна контролировать точность, прецизионность (воспроизводимость) и перекрестное заражение проб на каждом этапе геологоразведки от отбора проб до получения окончательного результата анализа, полученного в лаборатории.

В исторические периоды геологоразведки (начиная с 1969 года) проводился внутренний и внешний контроль пробами-дубликатами. На внешний контроль пробы отправлялись в Самаркандскую геологическую лабораторию.

С 2019 года, помимо внешнего и внутреннего контроля дубликатами, программа контроля качества также предусматривает контроль холостыми пробами для отслеживания перекрестного заражения (Балпантау и Бесапантау) и эталонными пробами для измерения аналитической точности (Мурунтау и Мютенбай, Балпантау и Бесапантау). Также с помощью дубликатов измельченных аналитических проб осуществляется контроль прецизионности (воспроизводимости) анализа.

Провести анализ всего объема первичных данных не представилось возможным ввиду отсутствия части данных. Специалистам WAI для изучения были предоставлены следующие первичные и обработанные сводные результаты контроля:

- Сводные результаты внешнего контроля за период 1969-1971 гг. по м-ям Мурунтау-Мютенбай;
- Сводные результаты внутреннего контроля за период 1978-1984 гг. по м-ям Мурунтау-Мютенбай;
- Сводные результаты внутреннего контроля за период 2017-2019 гг.) по м-ям Мурунтау-Мютенбай;
- Сводные результаты внешнего контроля за период 2013-2016 гг. по м-ям Мурунтау-Мютенбай;
- Первичные данные внешнего контроля за период 2019-2022 гг. по м-ям Мурунтау-Мютенбай;
- Первичные данные контроля эталонными пробами за период 2019-2022 гг. по м-ям Мурунтау-Мютенбай;

- Сводные результаты внутреннего и внешнего контроля за период 1986-1996 гг. по м-ю Балпантау;
- Сводные результаты внутреннего и внешнего контроля за период 1993-2000 гг. по м-ю Балпантау;
- Первичные данные контроля холостыми пробами за период 2020-2023 гг. по м-ям Бесапантау и Балпантау;
- Первичные данные контроля эталонными пробами за период 2020-2023 гг. по м-ям Бесапантау и Балпантау;
- Первичные данные анализа дубликатов внутреннего контроля за период 2019-2022 гг. по м-ю Бесапантау;
- Первичные данные анализа дубликатов внешнего контроля за период 2019-2022 гг. по м-ю Бесапантау;
- Первичные данные анализа дубликатов внутреннего контроля за период 2021–2022 гг. по м-ю Балпантау;
- Первичные данные анализа дубликатов внешнего контроля за период 2021–2022 гг. по м-ю Балпантау.

3.5.7.2 Анализ результатов контроля

Результаты контроля сертифицированными эталонными и холостыми пробами для каждого элемента оцениваются путем построения ряда графиков, таких как контрольные графики Шухарта средних значений (\bar{x}) и диапазона значений (R). На контрольных графиках отображается изменчивость значений, при этом содержание металла указывается на оси ординат, а номер пробы – на оси абсцисс. Построение подобных графиков позволяет выявлять пробы, значения которых выходят за пределы, допустимые для каждого используемого эталона.

В качестве «контрольных» и «критических» границ для эталонных проб приняты соответственно значения ± 2 и ± 3 стандартных отклонения. Все результаты анализов, выходящие за пределы ± 3 стандартных отклонений, считаются не прошедшими контроль. Для холостых проб «контрольные» и «критические» границы приняты на уровне ± 5 и ± 10 предела обнаружения соответственно.

Определение показателей прецизионности при анализе результатов контроля пробами-дубликатами осуществляется специалистами WAI следующими методами:

- **Сводная статистика** позволяет определить среднее значение, моду, стандартную погрешность, диапазон распределения и стандартное отклонение, которые указывают на сходимость двух наборов данных.

- **Ранжированный график «Rank HARD»**, который позволяет ранжировать пары значений по степени воспроизводимости путем деления абсолютного значения относительной разности между парами значений на среднее от этих двух значений (HARD), позволяет визуализировать относительную степень воспроизводимости результатов анализа (обычно 90%) и определить процент значений, соответствующих степени воспроизводимости в 10%. Следует отметить, что поскольку для расчета графиков HARD применяют абсолютную разность, то в ранжированных графиках HARD не определяют систематическую погрешность по данным анализа дубликатов, а только относительную величину разностей (т.е. воспроизводимость). Значения графика HARD выстраиваются по рангам значений от низших к высшим в виде процентов. Затем выстраивается сам график путем нанесения ранжированных процентных значений по оси X и значений HARD по оси Y. Ранжированный график RANK HARD строится для определения процента пар проб, значение HARD которых ниже рекомендуемого допустимого значения 10%.
- **Корреляционный график** – это простой график, сопоставляющий результаты анализа 1 и анализа 2. Этот график позволяет в целом визуализировать воспроизводимость и систематическую погрешность в выбранном классе содержаний. Коэффициенты корреляции являются показателями для количественного выражения сопоставимости между наборами данных. Коэффициент корреляции более 0,9 обычно указывают на сильную корреляцию, в то время как коэффициент корреляции ниже 0,6 указывает на слабую корреляцию.
- **Графики Томпсона и Ховарта** отображают среднее относительное процентное расхождение между сгруппированными парными значениями по всему диапазону содержаний и используются для визуализации степени воспроизводимости посредством сопоставления с контрольными линиями.
- **График сопоставления среднего значения и значения «HARD»** также применяется для иллюстрации степени относительной воспроизводимости посредством отображения диапазона значений HARD за пределами диапазона содержаний.
- **График сопоставления среднего значения и значения «HRD»** аналогично описанному выше, но с сохранением знака, таким образом, есть возможность рассчитывать положительную и отрицательную разность. Данный график позволяет получить общее представление о воспроизводимости и устанавливает наличие значительного систематического расхождения между парными данными при расчете среднего процента половины относительного расхождения между парными данными (среднее «HRD»).

3.5.7.3 Контроль качества в исторические периоды

Мурунтау и Мютенбай

По м-ям Мурунтау и Мютенбай первичные данные контроля за исторические периоды (до 2019 года) не были предоставлены аудиторам WAI для изучения, поэтому их независимый анализ не

представился возможным. Ниже представлено описание анализа результатов внутреннего и внешнего контроля за исторические периоды из отчета SRK 2019 года о минеральных ресурсах и извлекаемых запасах.

В период с 1969 по 1971 год 4,7% проб было отобрано на внутренний контроль, 5% — на внешний контроль, при этом 36% проб внешнего контроля были отправлены на арбитражный контрольный анализ в Палевскую лабораторию на Урале. Анализы были объединены по кварталам по пяти классам содержаний (0-1,4 г/т, 1,4-1,9 г/т, 1,9-3,7 г/т, 3,7-7,9 г/т и >7,9 г/т Au). Хотя существенных проблем не выявлено, отмечается, что самый бедный класс содержаний (0-1,4 г/т Au) обеспечивает слишком низкую детализацию при принятом в настоящий момент бортовом содержании для оконтуривания доменов 0,3 г/т Au и бортовом содержании при добыче 0,5 г/т Au.

Аудиторами SRK были проанализированы сводные результаты внешнего контроля пробирного (до 1979 года) и гамма-активационного анализа за период с 1978 по 1984 год, сгруппированные по пяти классам содержаний (0,6-0,99 г/т, 1,0-1,5 г/т, 1,5-2,0 г/т, 2,0-4 г/т-4,0 г/т и >4,0 г/т Au). По заключению SRK, все результаты находятся в допустимых пределах. WAI отмечает, что для контрольного анализа не было отобрано ни одной пробы с содержанием золота ниже 0,6 г/т. Учитывая, что для оконтуривания доменов при подсчете минеральных ресурсов в настоящее время принято бортовое содержание 0,3 г/т Au, это представляет риск в отношении невозможности сделать заключение касательно надежности результатов анализов в классах содержаний ниже 0,6 г/т Au. Результаты внутреннего контроля за этот период отсутствуют.

Касательно данных контроля за период 1984-2016 гг. в отчете SRK было указано, что эти данные не были предоставлены для изучения. Сообщается, что в этот период контрольный анализ проводился, но результаты не сохранились.

Специалистам SRK были предоставлены квартальные сводные результаты внутреннего контроля лаборатории ЦЛГАА (лаборатория гамма-активационного анализа) за период 2017-2019 гг. В этот период на пробирный анализ в Центральную научно-исследовательскую лабораторию отправлялись все пробы с содержаниями выше 0,3 г/т, проанализированные в ЦЛГАА. Эти результаты показаны в Таб. 3.9. WAI отмечает, что самые высокие абсолютные и процентные погрешности наблюдаются в первом классе содержаний золота от 0,0 до 0,5 г/т. Это указывает на высокий риск ошибочного отнесения к руде или пустой породе тех проб, содержания которых равны или близки к бортовому содержанию, принятому для выбора проб, отправляемых на пробирный анализ.

Таб. 3.9: Сводные результаты внутреннего контроля качества гамма-активационного анализа ЦЛГАА НГМК за период 2017–2019 гг.				
Класс содержаний (г/т)	Количество проб	Среднее содержание проб (г/т)	Среднее абсолютное расхождение (г/т)	Среднее процентное расхождение, %
от 0,0 до 0,5	8 931	0.20	0.15	75.8

от 0,5 до 1,0	7 951	0.72	0.19	26.05
от 1,0 до 1,5	6 399	1.22	0.21	17.38
от 1,5 до 2,0	4 582	1.71	0.22	12.79
от 2,0 до 5,0	9 938	3.07	0.29	9.49
от 5,0 до 10,0	3666	6.80	0.42	6.20
от 20,0 до 50,0	442	29.40	1.53	5.22
от 50,0 до 100,0	72	66.35	4.31	6.45

В отчете SRK отмечается, что для изучения не было предоставлено данных внешнего контроля ЦЛГАА (гамма-активационный анализ) за период 2017-2019 годов, а также данных внутреннего или внешнего контроля Центральной исследовательской лаборатории (пробирный анализ) за этот же период. Специалистам WAI данных за этот период также предоставлено не было.

Бесапантау

Контроль качества лабораторно-аналитических работ о время проведения ежегодных буровых программ на Бесапантау в исторический период с 1986 по 1996 год состоял из внутреннего и внешнего анализа дубликатов. Специалистам WAI не представилось возможным проанализировать первичные результаты анализа этих дубликатов, поскольку были предоставлены только сводные таблицы результатов, представляющие собой сравнение пар проб, объединенных на годовой и полугодовой основе в четыре класса содержаний: 0,5 г/т-0,9 г/т; 1,0 г/т-2,3 г/т; 2,4 г/т-4,0 г/т и >4,1 г/т Au, где классы содержаний представляют измеренные содержания исходных проб. Следует отметить, что в анализ дубликатов не вошли пробы с содержанием Au <0,5 г/т.

За рассматриваемый период на внутренний и внешний контроль было отправлено 4,1% от всех проанализированных проб всех содержаний (1635 дубликатов из 39667 проанализированных проб). Если учитывать только пробы, попадающие в проверяемые классы содержаний (>0,5 г/т Au), доля дубликатов внутреннего и внешнего контроля составит 21,7% (1635 дубликатов из 7523 рядовых проб). Разбивка рядовых и контрольных проб по классам содержаний представлена в Таб. 3.10 ниже.

Рассматриваемый период	Класс содержаний	Кол-во проанализированных рядовых проб	Количество проб-дубликатов	Доля проб-дубликатов, %
1986-1996г.	0.5-0.9	3,809	470	12.3
	1.0-2.3	2,795	520	18.6
	2.4-4.0	537	352	65.6
	>4.1	382	293	76.7
	Итого	7,523	1,635	21.7

Дубликаты внутреннего контроля оценивались по принципу «в норме/не в норме» на основе относительной среднеквадратичной ошибки пар проб, которая варьировалась в каждом классе содержаний. В общей сложности, из четырех сравниваемых классов содержаний, распределенных по 14 сводным таблицам на годичной или полугодичной основе, были отмечены только три случая непрохождения контроля: класс Au >4,1 г/т за первую половину 1992 г., класс Au 0,5-0,9 г/т за 1994 г. и класс Au 2,4-4,0 г/т за 1996 г.

Дубликаты внешнего контроля оценивались по принципу «в норме/не в норме» с помощью трех статистических методов: Т-критерия Стьюдента (для выявления наличия значительной разницы между средним значением двух групп данных), «критерия знаков» (для выявления наличия значительной разницы между медианой двух групп данных) и неизвестного метода под названием «ничтожная погрешность». Для внешних дубликатов характерна более высокая частота непрохождения контроля, чем для внутренних. В общей сложности из четырех сравниваемых классов содержаний, объединенных в 14 сводных таблиц на годичной или полугодичной основе, было отмечено 13 превышений допустимой погрешности по Т-критерию Стьюдента, 10 случаев превышений по критерию «ничтожной погрешности» и восемь случаев непрохождения по «критерию знаков». Случаи непрохождения не демонстрируют признаков систематической погрешности, повышенной частоты превышений в каком-то отдельном классе содержаний не наблюдается.

Результаты внешнего и внутреннего контроля показаны ниже в Таб. 3.11.

Таб. 3.11: Результаты обработки данных внутреннего и внешнего контроля по Беспантау за период 1986 - 1996

Дата	Класс содержаний		Общее количество проб	Количество контрольных проб	Доля контрольных проб, %	Относительная среднеквадратическая погрешность		Т-критерий Стьюдента		Ничтожная погрешность		Критерий знаков		Заключение НГМК		
	Нижний предел	Верхний предел				Предельное значение	Фактическое значение	Предельное значение	Фактическое значение	Предельное значение	Фактическое значение	Предельное значение	Фактическое значение		Предельное значение	Фактическое значение
2-ое полугодие 1986	0.5	0.9	315	38	12.1	30	21.9	2.04	2.31	0.33	0.31	9	10	В норме		
	1	2.3	300	52	17.3	28.5	17.2	2	2.59	0.33	0.21	15	14	Не в норме		
	2.4	4	83	38	45.8	27	14.3	2.03	1.87	0.33	0.13	10	11	В норме		
	4.1	Максимум	63	32	50.8	22.9	8.86	2.04	2.77	0.33	0.14	8	10	В норме		
1987	0.5	0.9	352	37	10.5	30	23	2.02	1.52	0.33	0.25	9	14	В норме		
	1	2.3	248	39	15.7	28.5	16.2	2.02	0.95	0.33	0.12	10	15	В норме		
	2.4	4	38	32	84.2	27	22	2.02	1.71	0.33	0.26	9	12	В норме		
	4.1	Максимум	35	27	77.1	22.9	8.95	2.05	2.76	0.33	0.15	7	5	В норме		
1988	0.5	0.9	495	55	11.1	30	28.5	2.02	2.88	0.33	0.32	15	17	В норме		
	1	2.3	400	68	17	28.5	18	2	0.13	0.33	0.06	21	32	В норме		
	2.4	4	61	61	100	27	14.8	2	0.23	0.33	0.17	21	28	В норме		
	4.1	Максимум	43	42	97.6	22.9	18.2	2.02	0.53	0.33	0.07	14	20	В норме		
1989	0.5	0.9	336	35	10.4	30	13.7	2.04	1.18	0.33	0.18	7	11	В норме		
	1	2.3	248	37	15	28.5	4.73	2.03	0.9	0.33	0.3	9	10	В норме		
	2.4	4	50	34	68	27	15.5	2.04	0.17	0.33	0.05	9	13	В норме		
	4.1	Максимум	39	32	72	22.9	11.7	2.04	0.62	0.33	0.16	9	12	В норме		
1990	0.5	0.9	437	32	7.3	30	14.5	2.04	0.23	0.33	0.04	7	10	В норме		
	1	2.3	316	28	8.9	28.5	14.8	2.05	3.34	0.33	0.29	8	11	В норме		
	2.4	4	65	32	49	27	13.1	2.04	3.6	0.33	0.53	8	7	В норме		

Таб. 3.11: Результаты обработки данных внутреннего и внешнего контроля по Беспантау за период 1986 - 1996

	4.1	Максимум	38	29	76	22.9	15.4	2.04	0.91	0.33	0.22	8	13	В норме
1-ое полугодие 1991	0.5	0.9	138	22	15.9	30	20.9	2.07	3.18	0.33	0.84	4	5	Не в норме
	1	2.3	69	22	31.9	28.5	12.9	2.08	3.77	0.33	0.84	5	3	Не в норме
	2.4	4	15	15	100	27	19.5	2.13	1.21	0.33	0.33	2	5	Не в норме
	4.1	Максимум	10	10	100	22.9	19.4	2.23	0.11	0.33	0.03	3	3	В норме
2-ое полугодие 1991	0.5	0.9	335	23	6.8	30	13.7	2.07	0.18	0.33	0.04	5	10	В норме
	1	2.3	196	25	12.7	28.5	15.5	2.06	0.7	0.33	0.14	6	11	В норме
	2.4	4	33	19	57.6	27	18	2.09	0.09	0.33	0.01	3	7	В норме
	4.1	Максимум	24	20	83.3	22.9	5.2	2.09	1.42	0.33	0.26	5	5	В норме
1-ое полугодие 1992	0.5	0.9	306	27	8.8	30	29.8	2.05	1.19	0.33	0.24	7	10	В норме
	1	2.3	191	27	14.1	28.5	16.4	2.05	0.87	0.33	0.28	6	11	В норме
	2.4	4	41	20	48.8	27	17.3	2.09	2.87	0.33	0.43	5	3	Не в норме
	4.1	Максимум	18	13	72.2	22.9	29.8	2.16	0.52	0.33	0.12	2	4	В норме
2-ое полугодие 1992	0.5	0.9	115	26	22.6	30	30	2.06	0.2	0.33	0.05	6	11	В норме
	1	2.3	83	31	37.3	28.5	23	2.02	1.72	0.33	0.35	7	11	В норме
	2.4	4	15	14	93.3	27	13.4	2.15	1.48	0.33	0.41	2	6	Не в норме
	4.1	Максимум	17	14	82.3	22.9	11.5	2.15	1.99	0.33	0.18	3	4	В норме
1-ое полугодие 1993	0.5	0.9	213	53	24.8	30	29.4	2	0.45	0.33	0.11	14	18	В норме
	1	2.3	202	52	25.7	28.5	25.3	2.02	2.08	0.33	0.41	16	21	В норме
	2.4	4	21	19	90.4	27	13.2	2.09	0.82	0.33	0.12	4	7	В норме
	4.1	Максимум	23	23	100	22.9	9.4	2.07	1.52	0.33	0.26	6	9	В норме
2-ое полугодие	0.5	0.9	180	35	19.4	30	20	2.04	1.31	0.33	0.2	8	11	В норме
	1	2.3	146	37	25.3	28.5	18.6	2.04	0.82	0.33	0.01	11	14	В норме

Таб. 3.11: Результаты обработки данных внутреннего и внешнего контроля по Беспантау за период 1986 - 1996

дие 1993	2.4	4	35	23	65.7	27	11.6	2.07	1.48	0.33	0.16	4	8	В норме
	4.1	Максимум	20	11	55	22.9	9.3	2.18	1.5	0.33	0.22	2	5	В норме
1994	0.5	0.9	246	36	14.6	30	39	2.02	0.73	0.33	0.19	9	14	В норме
	1	2.3	199	34	17.1	28.5	22.9	2.04	1.36	0.33	0.3	11	17	В норме
	2.4	4	37	22	59.5	27	18.1	2.07	3	0.33	0.39	5	4	Не в норме
	4.1	Максимум	28	17	60.7	22.9	6.37	2.07	2.15	0.33	0.35	3	4	В норме
1995	0.5	0.9	161	33	20.5	30	20.5	2.04	0.9	0.33	0.23	9	8	Не в норме
	1	2.3	51	38	74.5	28.5	23.8	2.02	0.81	0.33	0.17	10	15	В норме
	2.4	4	8	6	75	27	13.1	2.45	0.53	0.33	0.12	0	3	В норме
	4.1	Максимум	4	3	75	22.9	1.97	3.18	0.65	0.33	0.19		1	В норме
1996	0.5	0.9	180	18	18.3	30	27	2.04	4.99	0.33	0.98	8	2	Не в норме
	1	2.3	146	30	29.5	28.5	27.7	2.02	1.27	0.33	0.25	13	19	В норме
	2.4	4	35	17	17.1	27	64.6	2.45	1.63	0.33	1.3	0	2	В норме
	4.1	Максимум	20	20	20	22.9	10.3	2.78	0.19	0.33	0.15	0	1	В норме

Балпантау

Контроль качества лабораторно-аналитических работ о время проведения буровых программ на Балпантау в исторический период с 1993 по 2009 год состоял из внутреннего и внешнего анализа дубликатов.

Специалистам WAI не представилось возможным проанализировать первичные результаты анализа этих дубликатов, поскольку были предоставлены только сводные таблицы результатов, представляющие собой сравнение пар проб, объединенных на годовой и полугодовой основе. Классы содержаний не одинаковы для каждого года или для внутренних и внешних дубликатов. Внешние дубликаты объединены только в классы 0,5 г/т- 0,9 г/т, 1,0 г/т-2,3 г/т, 2,4 г/т-4,0 г/т и > 4,1 г/т Au, где класс содержаний соответствует измеренному содержанию исходной пробы. Сопоставление дубликатов внутреннего контроля также проводилось в классе содержаний золота 0,0-0,4 г/т (только в период 1993 и 1994 гг.), а также 1,0-2,0 г/т (только в 1993 г.). Внешние дубликаты за 1993 и 1994 годы не сопоставлялись, и предполагается, что внешние дубликаты, сопоставленные за 1997 год, представляют собой пробы этого периода. Следует отметить, что в анализ дубликатов не вошли пробы с содержанием Au <0,5 г/т.

Отсутствует информация о количестве или доле контрольных проб от общего количества рядовых проб за определенный период. Данные внутреннего и внешнего контроля представлены в виде среднего абсолютного расхождения средних значений содержаний и среднего процентного расхождения значений, а результаты представлены в виде средних значений по периодам работ и классам содержаний.

Результаты обработки данных внутреннего и внешнего контроля показаны в Таб. 3.12 и Таб. 3.13 соответственно.

**Таб. 3.12: Результаты обработки данных внутреннего контроля за период 1993-2000гг.
 по Балпантау**

Период	Нижний предел класса содержаний	Верхний предел класса содержаний	Среднее содержание золота (г/т)	Расхождение в г/т	Расхождение в %
1993	0	0.4	0.24	-0.16	-66.7
	0.5	0.9	0.64	-0.24	-37.5
	1	2	1.6	0.1	6.2
1994	0	0.4	0.2	-0.26	-130
	0.5	0.9	0.67	-0.23	-34.3
	1	2	1.37	-0.2	-14.6
	2	Максимум	6.85	-1.15	-16.8
1-ое полугодие 1998	0.5	0.9	0.73	0.13	17.8
	1	2.3	1.29	0.1	7.75
	2.4	4	3.19	0.3	9.4
	4	Максимум	5.57	0.1	1.8
2-ое полугодие 1998	0.5	0.9	0.65	0.18	27.7
	1	2.3	1.46	0.21	14.4
	2.4	4	3.08	0.87	28.2
	4	Максимум	6.77	3.17	46.8
1-ое полугодие 1999	0.5	0.9	0.66	0.1	15.2
	1	2.3	1.5	0.07	4.7
2-ое полугодие 1999	0.5	0.9	0.64	0.15	23.4
	1	2.3	1.66	0.3	18.1
	2.4	4	2.5	0.98	39.2
	4	Максимум	6.61	0.35	5.3
1-ое полугодие 2000	0.5	0.9	0.8	0.2	25
	1	2.3	1.57	0.57	36.3
	2.4	4	3	0.34	11.3
	4	Максимум	4.52	0.74	16.3
2-ое полугодие 2000	0.5	0.9	0.68	0.21	30.2
	1	2.3	1.62	0.28	17.3
	2.4	4	3.2	0.61	19.1
	4	Максимум	6.84	0.53	7.7

Таб. 3.13: Результаты обработки данных внешнего контроля за период 1997-2000гг. по Балпантау					
Период	Нижний предел класса содержаний	Верхний предел класса содержаний	Среднее содержание золота (г/т)	Расхождение в г/т	Расхождение в %
1997	0.5	0.9	0.33	0.28	84.8
	1	2.3	0.66	0.3	45.5
1998	0.5	0.9	0.76	-0.11	-14.5
	1	2.3	1.38	-0.05	-3.62
	2.4	4	3.2	0.01	0.31
	4.1	Максимум	8.2	0.12	1.46
1998	0.5	0.9	0.1	-0.01	-1.43
	1	2.3	1.5	0.16	10.7
	2.4	4	3.11	0.71	22.8
	4.1	Максимум	7.4	-0.45	-6.08
1-ое полугодие 1999	0.5	0.9	0.67	-0.16	-23.9
	1	2.3	1.41	-0.01	-0.71
2-ое полугодие 1999	0.5	0.9	0.61	0.09	14.8
	1	2.3	1.62	0.1	6.17
	2.4	4	1.87	0.84	29.3
	4.1	Максимум	6.53	0.7	10.7
1-ое полугодие 2000	0.5	0.9	0.72	-0.15	-20.8
	1	2.3	1.45	-0.12	-8.28
	2.4	4	2.99	-0.17	-5.69
	4.1	Максимум	4.88	0.56	11.5
2-ое полугодие 2000	0.5	0.9	0.66	-0.04	-6.06
	1	2.3	1.6	-0.02	-1.25
	2.4	4	3.09	0.25	8.09
	4.1	Максимум	6.8	-0.18	-2.65

Вышеприведенное сравнение показало в целом плохие результаты. Без информации о количестве проанализированных дубликатов сложно применить контекст, однако некоторые выводы можно сделать на основе сравнения средних значений результатов в одних и тех же классах содержаний за все отчетные периоды.

Абсолютное процентное расхождение (без учета знака) между дубликатами внутреннего контроля и исходными пробами составило >25%, однако признаков явной систематической ошибки не наблюдается. Результаты по классам содержаний показаны в Таб. 3.14.

Таб. 3.14: Суммарные данные внутреннего контроля за период 1993-2000гг. по Балпантау

Период	Нижний предел класса содержаний	Верхний предел класса содержаний	Среднее абсолютное расхождение в г/т	Среднее абсолютное расхождение в %
1993-2000	0.0	0.4	0.21	98
	0.5	0.9	0.18	26
	1.0	2.3	0.23	15
	2.4	4.0	0.79	35
	4.1	Максимум	0.98	19

Абсолютное процентное расхождение (без учета знака) между дубликатами внешнего контроля и исходными пробами составило > 14%, однако признаков явной систематической ошибки не наблюдается. Результаты по классам содержаний представлены в Таб. 3.15.

Таб. 3.15: Суммарные данные внешнего контроля за период 1997-2000гг. по Балпантау

Период	Нижний предел класса содержаний	Верхний предел класса содержаний	Среднее абсолютное расхождение в г/т	Среднее абсолютное расхождение в %
1997-2000	0.5	0.9	0.12	24
	1.0	2.3	0.11	11
	2.4	4.0	0.40	13
	4.1	Максимум	0.40	6

3.5.7.4 Контроль эталонными пробами за период 2019-2023гг.

«Стандартные эталонные материалы» представляют собой пробы, которые используются для определения показателей абсолютной точности аналитических процессов и обычно состоят из материала с уже известным содержанием полезного компонента в установленных пределах погрешности. Эталонные пробы с высокой степенью достоверности истинного содержания и пределов погрешности, как правило определяемых сразу в нескольких лабораториях, называются «сертифицированными эталонными пробами». Эталонные пробы включаются в партии рядовых проб перед отправкой, при этом истинное значение содержаний должно скрываться от лаборатории. Точность анализа, таким образом, контролируется путем сравнения фактических результатов лабораторного анализа эталонной пробы с сертифицированным истинным содержанием.

Мурунтау и Мютенбай

В период с 2019 по 2022 год для контроля лабораторно-аналитических работ применялся ряд эталонных проб, охватывающих различные классы содержания золота. В этот период использовался ряд различных эталонов. Результаты анализа эталонов фиксировались в электронном виде с указанием даты анализа. Пределы стандартного отклонения для эталонов не были предоставлены, поэтому специалисты WAI проанализировали результаты контроля

эталоны по годам путем сопоставления средних результатов анализа эталонов с их истинными содержаниями, а также путем оценки абсолютного и процентного расхождения между этими средними содержаниями и истинными значениями. Количество проанализированных эталонных проб по годам показано в Таб. 3.16, средние содержания эталонов по годам - в Таб. 3.17 ниже.

Таб. 3.16: Количество эталонных проб, проанализированных в рамках контроля качества данных по м-ям Мурунтау-Мютенбай за период 2019-2022гг. по годам						
Эталонная проба	Истинное содержание (г/т Au)	Количество проанализированных проб				
		2019	2020	2021	2022	Итого
PKC-2XФ	1.04	422	536			958
P3-4	6.1	367	531			898
P3-6	4.1	419	296			715
P3C K-1	3.3		323	602	656	1 581
P3C 3-1	3.6		340	602	636	1 578
MM-1	0.92			418	666	1 084
MM-2	1.46			453	671	1 124
MM-3	2.87			596	665	1 261
MM-4	8.74			602	671	1 273
P3K MK	88.25			146		146
Итого		1 208	2 026	3 419	3 965	10 618

Таб. 3.17: Средние содержания эталонных проб, проанализированных в рамках контроля качества данных по м-ям Мурунтау-Мютенбай за период 2019-2022гг. по годам						
Эталонная проба	Истинное содержание (г/т Au)	Количество проанализированных проб				
		2019	2020	2021	2022	Итого
PKC-2XФ	1.04	1.06	1.12			1.09
P3-4	6.1	5.90	6.11			6.03
P3-6	4.1	4.11	4.15			4.13
P3C K-1	3.3		3.36	3.46	3.42	3.42
P3C 3-1	3.6		3.71	3.72	3.69	3.71
MM-1	0.92			0.86	0.87	0.87
MM-2	1.46			1.35	1.37	1.36
MM-3	2.87			2.82	2.86	2.84
MM-4	8.74			8.78	8.78	8.78
P3K MK	88.25			88.34		88.34

Абсолютные и процентные расхождения между истинными содержаниями и полученными значениями содержаниями эталонных проб по годам и по классам содержаниями показаны в Таб. 3.18 ниже.

Таб. 3.18: Абсолютные и процентные расхождения между фактическими и истинными содержаниями эталонных проб по м-ям Мурунтау-Мютенбай за период 2019-2022 гг. по годам

№ Эталонной пробы	Истинное содержа ние	Абсолютное расхождение (г/т Au)					Процентное расхождение				
		2019	2020	2021	2022	Все	2019	2020	2021	2022	Все
ММ-1	0.92			0.06	0.05	0.05			6.1%	5.8%	5.9%
РКС-2ХФ	1.04	0.02	0.08			0.05	2.0%	7.8%			5.2%
ММ-2	1.46			0.11	0.09	0.10			7.5%	6.3%	6.8%
ММ-3	2.87			0.05	0.01	0.03			1.8%	0.3%	1.0%
РЗС К-1	3.3		0.06	0.16	0.12	0.12		1.7%	4.9%	3.6%	3.7%
РЗС З-1	3.6		0.11	0.12	0.09	0.11		2.9%	3.5%	2.6%	3.0%
РЗ-6	4.1	0.01	0.05			0.03	0.2%	1.3%			0.7%
РЗ-4	6.1	0.20	0.01			0.07	3.3%	0.2%			1.2%
ММ-4	8.74			0.04	0.04	0.04			0.4%	0.4%	0.4%
РЗК МК	88.25			0.09		0.09			0.1%		0.1%

Результаты сравнения фактических и истинных содержаний эталонных проб характеризуются выдержанностью и не показывают признаков систематической погрешности, а также признаков отклонений на годовой основе. Сравнение абсолютных и процентных расхождений между истинными и фактическими содержаниями показывает приемлемые и ожидаемые результаты.

Хотя использовался ряд эталонов, охватывающих содержания от 0,92 г/т Au до 88,25 г/т Au, среди эталонов, использованных для контроля аналитической точности анализа проб м-ий Мурунтау и Мютенбай, отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов (0,3 г/т Au и 0,5 г/т Au). Это создает риск, связанный с невозможностью сделать вывод об аналитической точности содержаний в точке разграничения между рудой и породой.

Балпантау и Беспантау

Для контроля лабораторно-аналитических работ по месторождениям Балпантау и Беспантау использовался ряд эталонных проб, охватывающих высокие и низкие содержания золота. В течение отчетного периода использовалось сочетание различных эталонных проб, и разные эталоны включались в партии рядовых проб из разных участков месторождений. Результаты анализа эталонных проб фиксировались в электронном виде в отдельных листах Excel по каждому месторождению с указанием года анализа. Некоторые эталоны использовались лишь небольшое количество раз и, ввиду слишком непредставительного для статистического анализа количества результатов по этим эталонам, они не рассматривались при обработке данных.

Результаты анализа эталонных проб были проанализированы WAI путем построения контрольных графиков, позволяющих определить превышения фактических значений нижней и верхней границ допустимого среднеквадратического отклонения. При графическом анализе сходимости фактических и истинных содержаний эталонов также учитывались какие-либо

устойчивые тренды или систематические отклонения, установившиеся с течением времени. Сводные результаты эталонов, имеющих представительное количество результатов анализа (как правило >20) по годам и месторождениям представлены в Таб. 3.19 и Таб. 3.20.

Таб. 3.19: Сводные результаты контроля сертифицированными эталонными пробами по м-ю Балпантау на золото							
№ эталонной пробы	Содержание золота (г/т)	Год	Количество эталонных проб	Пробы, превышающие ± 2 стандартных отклонения		Пробы, превышающие ± 3 стандартных отклонения	
				Количество проб	% проб	Количество проб	% проб
B-1	0.97	2020	78	13	17%	5	6%
РЗС К-2	3.40	2020	28	23	82%	20	71%
		2021	6	0	0%	0	0%
Oreas 296	2.19	2021	42	15	36%	15	36%
Oreas 235	1.59	2021	28	12	43%	0	0%
		2022	8	2	25%	2	25%
РЗС КБ	1.89	2021	124	2	2%	1	1%
		2022	58	3	5%	2	3%
		2023	33	1	3%	1	3%
РЗС КД	1.29	2022	8	0	0%	2	25%
		2023	75	2	3%	1	1%

По результатам контроля сертифицированными эталонными пробами по м-ю Балпантау можно сделать следующие выводы:

- Эталон B-1 и РЗС К-2 за 2020 г. показали в целом плохие результаты. По эталону РЗС К-2 наблюдается первоначальное систематическое завышение с последующим снижением результата до диапазона истинного значения с течением времени.
- По сертифицированному эталону Oreas 235, приобретенному у специализированного производителя, получен средний результат. Однако, два случая существенного превышения допустимой погрешности могут объясняться пересортицей, поскольку значения в данном случае близки к содержаниям других эталонов.
- По сертифицированному эталону Oreas 296, приобретенному у специализированного производителя, получен в целом плохой результат. Тем не менее, следует учесть, что наиболее значительные превышения приходятся на начало 2021 года, после которого отмечается постепенное улучшение результата.
- В период 2023г. использовалось значительное количество эталонов РЗС КД, по которым были получены хорошие результаты.
- Наиболее часто используемый эталон РЗС КБ показал хорошие результаты, при этом большое количество анализов приходится на 2021 и 2022гг. Получено только четыре случая превышения допустимой погрешности ± 3 стандартных отклонений, из которых два, вероятно, вызваны пересортицей эталонов. Явных признаков систематической погрешности не наблюдается.

- Среди эталонов, использованных для контроля аналитической точности анализа проб м-ия Балпантау, отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов (0,3 г/т Au и 0,5 г/т Au).

Таб. 3.20: Сводные результаты контроля сертифицированными эталонными пробами по м-ю Беспантау на золото

№ эталонной пробы	Содержание золота (г/т)	Год	Количество эталонных проб	Пробы, превышающие ± 2 стандартных отклонения		Пробы, превышающие ± 3 стандартных отклонения	
				Количество проб	% проб	Количество проб	% проб
РЗК К-1	3.30	2020	28	13	46%	12	43%
РЗС К-2	3.40	2020	40	27	68%	25	63%
РЗС З-2	7.70	2020	23	17	74%	17	74%
РЗС КД	1.29	2021	9	0	0%	0	0%
		2022	130	2	2%	5	4%
РЗС КБ	1.89	2020	3	0	0%	0	0%
		2021	217	18	8%	1	0%
		2022	127	5	4%	2	2%
		2023	5	0	0%	0	0%

По результатам контроля сертифицированными эталонными пробами по м-ю Беспантау можно сделать следующие выводы:

- Эталон РЗК К-1, РЗС К-2 и РЗС З-2 CRM за 2020г. показали плохие результаты. По этим эталонам наблюдается первоначальное завышение с последующим постепенным снижением с течением времени до значений, соответствующих диапазону истинного содержания. Эти эталоны не отправлялись на анализ после 2020г.
- В период 2023г. использовалось значительное количество эталонов РЗС КД, по которым были получены хорошие результаты.
- Наиболее часто используемый эталон РЗС КБ показал хорошие результаты, при этом большое количество анализов приходится на 2021 и 2022гг. Доля проб, превысивших ± 2 стандартных отклонения составило 6.5% (8% в 2021г.), однако количество случаев превышения трех стандартных отклонений составило <1%. Явных признаков систематической погрешности не наблюдается.
- Среди эталонов, использованных для контроля аналитической точности анализа проб м-я Беспантау, отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов (0,3 г/т Au и 0,5 г/т Au).

3.5.7.5 Контроль холостыми пробами за период 2020-2023гг. по Бесапантау и Балпантау

Холостые пробы изготавливаются из материала с заведомо известным содержанием, которое должно быть ниже предела обнаружения применяемого аналитического метода. Холостые пробы применяются для мониторинга пересортицы и перекрестного заражения проб при пробоподготовке или в процессе анализа.

В рамках контроля лабораторно-аналитических работ по Бесапантау и Балпантау с 2020 года в партии рядовых проб включаются холостые пробы. Холостые пробы изготавливались Узбекгеология Кидирув. Специалистам WAI были предоставлены результаты по 1256 холостым пробам. По месторождениям Мурунтау и Мютенбай результатов контроля холостыми пробами предоставлено не было.

Результаты анализа холостых проб были проанализированы WAI графическим методом, который позволяет выявлять превышения предела обнаружения. На контрольных диаграммах также учитываются любые тренды или систематические отклонения, наблюдаемые с течением времени. Результаты контроля холостыми пробами на золото отдельно по месторождениям представлены в Таб. 3.21. В качестве контрольной границы при оценке результатов контроля холостыми пробами принято пятикратное превышение предела обнаружения, в качестве критической границы - десятикратное превышение предела обнаружения.

Месторождение	Год	Кол-во холостых проб	Пятикратное превышение предела обнаружения		Десятикратное превышение предела обнаружения	
			Кол-во проб	% проб	Кол-во проб	% проб
Бесапантау	2020	134	1	<1	0	0
	2021	243	12	5	6	3
	2022	274	1	<1	1	<1
	2023	5	0	0	0	0
Балпантау	2020	191	1	<1	1	<1
	2021	211	0	0	0	0
	2022	95	0	0	0	0
	2023	103	0	0	0	0
Итого	2020	325	2	<1	1	<1
	2021	454	12	3	6	1
	2022	369	1	<1	1	<1
	2023	108	0	0	0	0

Случаи превышения допустимых пределов для холостых проб характеризуются относительно низкой частотой. Отсутствуют признаки систематических тенденций или систематических ошибок, которые бы указывали на повсеместное перекрестное заражение или пересортицу проб. По мнению WAI, результаты контроля холостыми пробами не вызывают беспокойство,

однако Заказчику рекомендуется проанализировать случаи превышений, чтобы убедиться в отсутствии ошибок маркировки или пересортицы проб.

3.5.7.6 Контроль пробами-дубликатами за период 2019-2023гг.

Критерии оценки результатов контроля

Воспроизводимость результата опробования и результатов анализа может измеряться путем повторного анализа навески той же пробы с использованием того же метода анализа. Степень расхождения полученных результатов является показателем прецизионности (воспроизводимости) анализа. На показатель прецизионности влияют минералогические факторы, такие как крупность частиц, распределение и погрешности в процессе пробоподготовки и анализа проб. Для определения прецизионности процессов опробования, пробоподготовки и химического анализа используются разные типы проб-дубликатов. Описание основных типов дубликатов приводится Таб. 3.22.

Тип дубликата	Описание
Полевой дубликат	Проба, повторно отбираемая из той же самой точки опробования, что и контролируемая проба. Представляет собой либо вторую бороздovou пробу, отбираемую параллельно основной пробе, или вторую половинку керна. Полевой дубликат включается в ту же самую или в отдельную партию рядовых проб и отправляется в ту же самую (основную лабораторию).
Дубликат дробления лабораторного контроля	Вторая проба, получаемая при делении дробленой пробы в процессе пробоподготовки и включаемая в ту же партию лабораторией.
Дубликат дробления геологического контроля	Вторая проба, получаемая при делении дробленой пробы при пробоподготовке и отправляемая «вслепую» в ту же лабораторию, которая выполняла анализ исходной пробы.
Аналитический дубликат лабораторного контроля	Вторая проба, получаемая при делении истертого материала при пробоподготовке и включаемая в ту же партию лабораторией.
Аналитический дубликат геологического контроля	Вторая проба, получаемая при делении истертого материала при пробоподготовке и отправляемая «вслепую» в другой партии в ту же лабораторию, которая анализировала исходную пробу.
Аналитический дубликат внешнего контроля	Вторая проба, отбираемая из истертого материала при пробоподготовке и отправляемая во внешнюю лабораторию.

Заказчиком были предоставлены данные аналитических дубликатов внешнего контроля по месторождениям Мурунтау-Мютенбай и аналитических дубликатов внешнего и внутреннего контроля по месторождениям Бесапантау и Балпантау за период 2019-2023гг.

Оценка уровня прецизионности по результатам анализа дубликатов производилась по критериям допустимой погрешности на основе половины абсолютного значения относительного отклонения (далее «HARD»). Для разных типов дубликатов, как правило,

используются разные критерии допустимого отклонения с учетом естественной неравномерности распределения содержаний. Ниже в Таб. 3.23 приводятся критерии допустимой погрешности при оценке прецизионности на основе половины значения относительного отклонения HARD (и соответствующего полного абсолютного значения относительного отклонения ARD), которые использовались специалистами WAI при анализе результатов контроля по дубликатам.

Таб. 3.23: Критерии допустимой погрешности пробы-дубликата на основе половины абсолютного значения относительного отклонения	
Тип дубликата	Описание критериев
Полевой дубликат	половина абсолютного значения относительного отклонения 90% пар выборки не превышает 20% (соответствующее абсолютное значение относительного отклонения составляет 0,4)
Дубликат дробления лабораторного контроля	половина абсолютного значения относительного отклонения 90% пар выборки не превышает 15% (соответствующее абсолютное значение относительного отклонения составляет 0,3)
Дубликат дробления геологического контроля	половина абсолютного значения относительного отклонения 90% пар выборки не превышает 15% (соответствующее абсолютное значение относительного отклонения составляет 0,3)
Аналитический дубликат лабораторного контроля	половина абсолютного значения относительного отклонения 90% от всех пар выборки не превышает 10% (соответствующее абсолютное значение относительного отклонения составляет 0,2)
Аналитический дубликат геологического контроля	половина абсолютного значения относительного отклонения 90% от всех пар выборки не превышает 10% (соответствующее абсолютное значение относительного отклонения составляет 0,2)
Аналитический дубликат внешнего контроля	половина абсолютного значения относительного отклонения 90% от всех пар выборки не превышает 10% (соответствующее абсолютное значение относительного отклонения составляет 0,2)

Сводные результаты различных типов проб-дубликатов показаны ниже.

Дубликаты аналитических проб внутреннего контроля

Заказчиком были предоставлены результаты анализа дубликатов, отобранных при пробоподготовке после стадии измельчения (до 0,074 мм) из хвостов сокращения измельченной пробы и отправляемых в основную лабораторию в более поздней партии рядовых проб.

С 2021 года данные всех дубликатов вводятся в единую базу данных с номенклатурным кодом для каждого отдельного месторождения. Данные дубликатов также закодированы по годам, что позволяет отслеживать показатели контроля с течением времени. Результаты анализа дубликатов до 2021 г. разбиты по месторождениям, после этого приводятся совместно. Сводные данные внутреннего контроля дубликатами представлены в Таб. 3.24.

Таб. 3.24: Сводные данные внутреннего контроля дубликатами на золото по Балпантау и Бесапантау

Месторождение	Год	Количество пар	Среднее значение исходных проб	Среднее значение проб-дубликатов	Коэффициент вариации исходных проб	Коэффициент вариации проб-дубликатов	Коэффициент корреляции	% доля пар проб <10% HARD
Бесапантау	2019	150	1.72	1.65	2.41	2.37	0.99	55.3
Бесапантау	2020	129	0.91	0.99	1.02	1.28	0.94	26.4
Бес. и Бал.	2021	428	1.08	1.05	1.79	1.72	0.99	75.7
Бес. и Бал.	2022	691	1.52	1.43	2.26	2.08	0.99	60.9
Бес. и Бал.	2023	314	1.41	1.36	2.07	2.15	0.98	62.4

Воспроизводимость (прецизионность) совмещенного комплекта данных контроля пробами-дубликатами имеет уровень от умеренного до низкого, хотя общее улучшение показателей наблюдается после 2020 года по сравнению с результатами Бесапантау за 2019 и 2020 годы.

За все периоды получены в целом хорошие коэффициенты корреляции и результаты сравнения общих средних значений, однако показатели HARD ниже общепринятых допустимых уровней. По мнению WAI, процент превышений допустимых значений HARD может быть завышен ввиду того, что основная лаборатория указывает содержания Au с точностью до одного десятичного знака. Например, в объединенном наборе данных 2022 года 270 из 691 пар проб превысили установленные критерии HARD (39% пар проб). В общей сложности 105 из этих 270 пар проб (с общим средним содержанием 0,33 г/т Au) имеют абсолютную разницу в содержаниях ровно 0,1 г/т, что в сочетании с низким средним содержанием пар проб приводит к большому относительному расхождению. При более точном указании значений эти относительные расхождения могут оказаться меньше, чем представляются в настоящее время.

Дубликаты аналитических проб внешнего контроля

Заказчиком были предоставлены результаты внешнего контроля пробами-дубликатами, которые отбирались их хвостов сокращения после стадии измельчения (до 0,074 мм) в процессе пробоподготовки и отправлялись в составе в более поздней партии проб во внешнюю лабораторию.

Данные внешнего контроля по месторождениям Мурунтау и Мютенбай охватывают период 2019-2022 гг. Сводные результаты обработки этих данных специалистами WAI представлены в Таб. 3.25 ниже.

Таб. 3.25: Сводные данные внешнего контроля дубликатами на золото по м-ям Мурунтау и Мютенбай

Месторождение	Год	Количество пар	Среднее значение исходных проб	Среднее значение проб-дубликатов	Коэффициент вариации исходных проб	Коэффициент вариации проб-дубликатов	Коэффициент корреляции	% доля пар проб <10% HARD
Мурунтау и Мютенбай	2019	533	3.49	3.57	0.99	1.00	0.99	87.1
	2020	728	3.63	3.68	1.00	1.00	1.00	91.9
	2021	730	3.69	3.72	1.00	0.99	1.00	93.6
	2022	571	3.90	3.85	0.99	0.98	0.96	86.5
	Все	2,562	3.68	3.70	1.00	0.99	0.99	90.2

При сравнении содержаний исходных проб и дубликатов внешнего контроля по месторождениям Мурунтау-Мютенбай признаков общей систематической погрешности не наблюдается. За все периоды получены в целом хорошие коэффициенты корреляции и результаты сравнения общих средних значений. Результаты анализа HARD в целом близки к принятым допустимым значениям HARD или выше.

С 2021 года данные всех дубликатов вводятся в единую базу данных с номенклатурным кодом для каждого отдельного месторождения. Данные дубликатов также закодированы по годам, что позволяет отслеживать показатели контроля с течением времени. Результаты анализа дубликатов до 2021 г. разбиты по месторождениям, после этого приводятся совместно. Сводные данные обработки этих данных специалистами WAI представлены в Таб. 3.26 ниже.

Таб. 3.26: Сводные данные внутреннего контроля дубликатами на золото по Балпантау и Бесапантау

Месторождение	Год	Количество пар	Среднее значение исходных проб	Среднее значение проб-дубликатов	Коэффициент вариации исходных проб	Коэффициент вариации проб-дубликатов	Коэффициент корреляции	% доля пар проб <10% HARD
Бесапантау	2019	150	1.72	1.48	2.41	2.19	0.97	25.3
Бесапантау	2020	161	1.30	1.23	1.22	1.36	0.99	57.8
Бес. и Бал.	2021	429	1.08	1.02	1.79	1.66	0.99	54.6
Бес. и Бал.	2022	691	1.52	1.44	2.26	2.18	0.98	63.1
Бес. и Бал.	2023	313	1.41	1.36	2.07	2.22	0.98	51.8

Воспроизводимость (прецизионность) совмещенного комплекта данных контроля пробами-дубликатами по Балпантау и Бесапантау имеет уровень от среднего до низкого. Аналогично результатам внутреннего контроля, за все периоды получены в целом хорошие коэффициенты корреляции и результаты сравнения общих средних значений, однако показатели HARD ниже общепринятых допустимых уровней. Кроме того, наблюдается устойчивая систематическая погрешность: значения содержаний, полученные внешней лабораторией, систематически занижены по сравнению с результатами основной лаборатории. Для рассматриваемого

объединенного набора данных по Балпантау и Бесапантау данная систематическая погрешность составила 5,3% за 2021-2022 гг. и 3,5% за 2023 г.

3.5.7.7 *Заключения и рекомендации*

Заключения

Как это характерно для месторождений с длительной историей геологоразведки и добычи, процедуры контроля лабораторно-аналитических работ изменялись с течением времени в соответствии с местными и международными техническими нормами и требованиями к отчетности того времени.

Кроме того, для таких проектов характерны частые случаи утери первичных данных ранних периодов разведки или плохой сохранности бумажной документации.

Таким образом, по изучаемому Проекту имеются не все данные контроля для анализа, даже в сводной обработанной форме. Поэтому был выполнен анализ сохранившихся данных и сделаны следующие выводы.

В «исторические» периоды применялся только внутренний (основная лаборатория) и внешний (внешняя лаборатория) контроль с использованием дубликатов аналитических (измельченных) проб. Первичные данные контроля за этот период отсутствуют, также не сохранилась часть данных в обработанной сводной форме, в частности, весь внутренний и внешний контроль качества пробирного анализа по месторождениям Мурунтау и Мютенбай.

В имеющихся данных контроля качества гамма-активационного анализа пробами-дубликатами по месторождениям Мурунтау и Мютенбай за ранние периоды практически отсутствуют пробы с содержанием ниже 0,6 г/т Au. Учитывая, что для оконтуривания доменов при подсчете минеральных ресурсов в настоящее время принято бортовое содержание 0,3 г/т Au, это создает пробел по части оценки аналитической точности на этом уровне значений.

В отношении дубликатов проб Бесапантау, проанализированных пробирным анализом в исторические периоды, процент превышений допустимой погрешности более характерен для внешнего контроля, нежели внутреннего, однако не наблюдается признаков наличия систематической погрешности или повышенной частоты превышений по отдельным классам содержаний. Результаты контроля качества пробирного анализа за исторические периоды по Балпантау представлены в неполном объеме, их трудно поместить в контекст для интерпретации. Результаты как внутреннего, так и внешнего контроля по Балпантау показывают повышенное абсолютное и процентное расхождение между парами проб в бедных классах содержаний. Общая проблема как для Бесапантау, так и для Балпантау заключается в том, что контроль дубликатами пробирного анализа за этот период не охватывает содержаний, близких к бортовому содержанию 0,3 г/т Au, принятому в настоящее время для оконтуривания рудных

доменов, что представляет риск, связанный с отсутствием возможности сделать вывод об аналитической точности данных в данном классе содержаний.

Для контроля абсолютной точности анализа проб месторождений Мурунтау и Мютенбай использовался ряд эталонных проб. Результаты сравнения фактических и истинных содержаний эталонных проб характеризуются выдержанностью и не показывают признаков систематической погрешности, а также признаков отклонений на годовой основе. Сравнение абсолютных и процентных расхождений между истинными и фактическими содержаниями показывает приемлемые и ожидаемые результаты. Хотя для контроля аналитической точности анализа проб м-ий Мурунтау и Мютенбай использовался целый ряд различных эталонных проб, среди этих эталонов отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов. Это создает риск, связанный с невозможностью сделать вывод об аналитической точности содержаний в точке разграничения между рудой и породой.

По результатам контроля качества гамма-активационного анализа дубликатами по м-ям Мурунтау и Мютенбай за период с 2017 по 2019 гг. самые высокие абсолютные и процентные погрешности наблюдаются в первом классе содержаний золота от 0,0 до 0,5 г/т. Это указывает на высокий риск ошибочного отнесения к руде или пустой породе проб, содержания которых равны или близки к бортовому содержанию, принятому для выбора проб, отправляемых на пробирный анализ.

По месторождениям Мурунтау и Мютенбай отсутствуют данные дубликатов внутреннего контроля пробирного анализа за период с 2019, однако были предоставлены результаты внешнего контроля за период 2019-2022гг. При сравнении содержаний исходных проб и дубликатов внешнего контроля признаков общей систематической погрешности не наблюдается. За все периоды получены в целом хорошие коэффициенты корреляции и результаты сравнения общих средних значений. Результаты анализа HARD в целом близки к принятым допустимым значениям HARD или выше.

Для контроля лабораторно-аналитических работ по месторождениям Балпантау и Беспантау использовался ряд эталонных проб в период 2020-2023гг. По некоторым эталонам наблюдается первоначально плохие результаты с последующим общим улучшением с течением времени. Отмечается, что среди эталонов, использованных для контроля аналитической точности анализа проб этих месторождений, отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов.

Для контроля перекрестного заражения проб Балпантау и Беспантау в процессе пробоподготовки в период 2020 и 2023гг. в партии рядовых проб включались холостые пробы. Случаи превышения допустимых пределов при анализе холостых проб характеризуются относительно низкой частотой. Отсутствуют признаки систематических тенденций или систематических ошибок, которые бы указывали на повсеместное перекрестное заражение или пересортицу проб.

По Балпантау и Бесапантау за период 2019-2023 гг. были предоставлены данные дубликатов внутреннего контроля. Воспроизводимость (прецизионность) совмещенного комплекта данных внутреннего контроля пробирного анализа пробами-дубликатами имеет уровень от умеренного до низкого, хотя общее улучшение показателей наблюдается после 2020 года. По Балпантау и Бесапантау за этот же период также были предоставлены данные дубликатов внешнего контроля. Воспроизводимость (прецизионность) совмещенного комплекта данных внешнего контроля пробами-дубликатами по Балпантау и Бесапантау имеет уровень от среднего до низкого.

В отношении Бесапантау и Балпантау отмечается ряд проблем по части эталонов и особенно дубликатов. Эти проблемы могут влиять друг на друга, т.е. низкая абсолютная точность анализа, на которую указывают результаты контроля эталонами, может повлиять на оценку прецизионности по результатам контроля дубликатами. Тем не менее, со временем наблюдается улучшение: показатели эталонов Балпантау и Бесапантау улучшаются к 2022 и 2023 годам, а показатели контроля дубликатами в последние периоды лучше, чем в 2019-2020 годах. Однако проблемы все еще остаются, и представление гравиметрических результатов с точностью только до 1 десятичного знака может повлиять на показатели контроля дубликатами, хотя это влияние невозможно оценить количественно. Кроме того, результаты внешней лаборатории, используемой для контроля первичной лаборатории по этим месторождениям, характеризуется устойчивым систематическим занижением содержаний по сравнению с основной лабораторией.

Рекомендации

Для сокращения риска некорректного отнесения материала к руде и породе рекомендуется снизить порог гамма-активационного анализа, принятого для выбора проб месторождений Мурунтау-Мютенбай на пробирный анализ. С учетом разрозненного характера рудных тел на месторождениях Бесапантау и Балпантау, рекомендуется рассмотреть возможность анализа всех проб этих месторождений пробирным методом. На этих месторождениях объемное оконтуривание рудных доменов более чувствительно к изменениям границ, поэтому, если на основании гамма-анализа пробы будут ошибочно отнесены к содержаниям ниже бортового содержания, это может повлиять на возможность точного моделирования минерализации.

Все результаты анализов основной лаборатории должны быть представлены с точностью до двух десятичных знаков, что является общепринятой практикой в коммерческих лабораториях при выполнении гравиметрического анализа на золото. Это позволит осуществлять более точную оценку результатов контроля эталонами и дубликатами.

WAI рекомендует внедрить комплексную и последовательную программу контроля лабораторно-аналитических работ при геологоразведочных работах на всех объектах. Это подразумевает введение новых видов контрольных проб. WAI рекомендует использовать следующие типы контрольных проб, которые позволят равномерно охватить все показатели качества опробования и анализа, а именно точность, прецизионность и наличие перекрестного

заражения, а также, при обнаружении погрешности, отследить, на каком именно этапе процесса отбора и подготовки проб она возникла:

- Полевые дубликаты: представляют собой вторую половину керна, отбираемую из выбранных интервалов опробования. Полевые дубликаты позволяют оценить целесообразность методики отбора проб с точки зрения представительности получаемых проб.
- Дубликат дробленной пробы: отбираются из хвостов сокращения после этапа дробления в основной лаборатории, позволяют оценить способность лаборатории обеспечивать необходимую однородность материала для заключительных этапов пробоподготовки.
- Дубликаты аналитических (измельченных) проб: отбираются из хвостов сокращения измельченного материала, позволяют оценить способность лаборатории обеспечивать необходимую однородность измельченного материала, из которого отбирается окончательная аналитическая навеска, отправляемая на анализ.
- Дубликаты внешнего контроля: дубликаты аналитических проб, отправляемые во внешнюю аккредитованную независимую лабораторию для контроля качества анализа основной лаборатории. Для этой цели WAI рекомендует использовать внешнюю коммерческую лабораторию, аккредитованную на международном уровне.
- Холостые пробы крупной фракции: отправляются на пробоподготовку вместе с первичными пробами керна для контроля перекрестного заражения проб при пробоподготовке.
- Холостые пробы измельченной фракции: включаются в партии рядовых проб в виде измельченного материала для контроля перекрестного заражения проб на этапе анализа. В качестве холостой пробы данного вида может использоваться безрудная сертифицированная эталонная проба.
- Сертифицированные эталонные образцы: приобретенные у специализированных производителей эталонные пробы с указанным истинным содержанием и допустимыми пределами погрешности, включаются в партии рядовых проб для контроля абсолютной аналитической точности по классам содержаний.

Среди используемых эталонных проб обязательно должен быть предусмотрен эталон, близкий к бортовому содержанию, принятому для оконтуривания рудных тел. Из всех эталонов, в настоящее время используемых на месторождениях Бесапантау и Балпантау, самое низкое содержание золота составляет 0,97 г/т. Возможность сделать вывод о точности содержаний на границе домена или возле нее имеет решающее значение для исключения вероятности ошибочного отнесения руды к пустой породе (или наоборот) на этапе оконтуривания рудных доменов при подсчете минеральных ресурсов.

WAI рекомендует создать специальную «библиотеку» данных контроля и включить в нее все данные контроля качества, имеющие отношение к текущим работам, включая как «исторические», так недавние данные. Эти данные должны быть легко доступны для анализа и предоставления по запросу. Хотя актуальность исторических данных со временем будет снижаться по мере развития горных работ на Мурунтау и увеличения уплотняющего бурения,

но они по-прежнему служат основой для уверенности в надежности существующих подсчетов минеральных ресурсов.

3.5.8 Заключение о корректности используемых рабочих процедур

По заключению WAI, текущие работы по бурению, опробованию керн и пробоподготовке на месторождениях Мурунтауского кластера выполняются компетентным персоналом с использованием процедур, соответствующих стандартной отраслевой практике.

Повышенный риск наличия систематической погрешности в данных опробования представляет колонковое бурение прошлых лет (ввиду низкого выхода керн) и бескерновые виды опробования, в том числе бороздовое опробование подземных выработок, канавы, шламное бурение с обратной циркуляцией. В ходе анализа имеющихся данных контроля качества опробования и лабораторно-аналитических работ был выявлен ряд проблем по части качества данных, связанных с аналитической точностью и прецизионностью, а также недостаточным охватом контроля и неполными процедурами контроля. За последние периоды работ отмечается улучшение показателей контроля и сокращение пробелов в данных, что позволяет использовать эти данные для непрямо́й проверки исторических данных.

Также была проведена дополнительная оценка рисков наличия систематической погрешности опробования и анализа с использованием ряда методов проверки достоверности данных, как описано в следующем разделе.

3.6 Проверка достоверности данных

3.6.1 Даты закрытия базы данных

Буровые работы ведутся на всех золоторудных месторождениях Мурунтауского кластера. Крайней датой закрытия базы данных Балпантау перед началом оценки минеральных ресурсов является 15 ноября 2023 года, Бесапантау – 16 ноября 2023 г., Мурунтау-Мютенбай – 29 ноября 2023 года.

3.6.2 Проверка достоверности данных, выполненная Заказчиком

3.6.2.1 Управление базой данных

Ввод, проверку, хранение и управление базой данных осуществляют сотрудники НГМК. Все данные хранятся в электронной базе данных. Качество данных анализа проб в базах данных контролируется сотрудниками НГМК. Данные буровых скважин экспортируются в файлы CSV для последующего импорта в программное обеспечение Leapfrog для геологического моделирования.

3.6.2.2 Сверка с эксплоразведочными данными

По месторождениям Мурунтау и Мютенбай Заказчиком было выполнено визуальное сравнение результатов детального геологоразведочного и эксплуатационного бурения на участках их взаимного наложения. В тех случаях, когда наличие или отсутствие значительного минерализованного пересечения не подтверждалось данными плотной сети эксплоразведочных скважин (6 x 6 м), буровые скважины исключались из оценки минеральных ресурсов.

WAI принимает во внимание, что данные эксплоразведки получены методами более низкого качества – путем опробования взрывных скважин и анализа методом гамма-активации, однако, более высокая плотность сети опробования делает эти данные эффективным инструментом для выявления существенных ошибок в данных геологоразведочных скважин. На основе выполненной сверки, Заказчиком были исключены 135 скважин общим объемом 49 730м, что соответствует коэффициенту неподтверждения 2,8%.

3.6.2.3 Заверочное бурение

Бурение с 2019 г. характеризуется более высоким качеством за счет более высокого выхода керна и более полной процедуры контроля качества лабораторно-аналитических работ (QAQC). Продолжающиеся буровые работы позволяют Заказчику на всех месторождениях расширить площади, охваченные «свежим» бурением, и снизить зависимость от буровых данных исторического периода.

На картах, представленных на Рис. 3.10 по Рис. 3.12, показано пространственное распределение недавних и исторических колонковых скважин на каждом месторождении. Отмечается отсутствие пробуренных сдвоенных скважин, что, по мнению WAI, является ключевым пробелом в выполненных на сегодняшний день работах по заверке данных. Сдвоенные скважины позволяют выполнить надежную проверку достоверности исторических данных при минимальном эффекте пространственной вариации содержаний, с определением влияния любых различий в методиках бурения, отбора и лабораторного анализа проб. WAI рекомендует на всех этапах бурения систематически проводить бурение сдвоенных скважин для заверки скважин всех периодов, на которые приходится большая часть базы данных подсчета ресурсов каждого месторождения.

Несмотря на отсутствие сдвоенных заверочных скважин, Заказчиком в рамках развития ресурсной базы была уплотнена сеть скважин на участках, охваченных только историческими скважинами. Сравнение исторических скважин с соседними новыми скважинами позволяет в некоторой степени проверить достоверность данных, поскольку признаки резкого изменения содержаний и/или мощности на очень коротких расстояниях могут указывать на сниженное качество данных. WAI считает это эффективной проверкой наиболее существенных ошибок, аналогично сопоставлению с эксплоразведочными данными.

Месторождения Мурунтау и Мютенбай в настоящий момент характеризуются наименьшей долей новых скважин от общего объема бурения. Новые буровые скважины позволяют

выполнить «точечную» заверку на большей части м-я Мурунтау, но ограничены на м-ии Мютенбай. В большей части случаев наблюдается приемлемая корреляция с соседними историческими скважинами (см. пример на Рис. 3.15А).

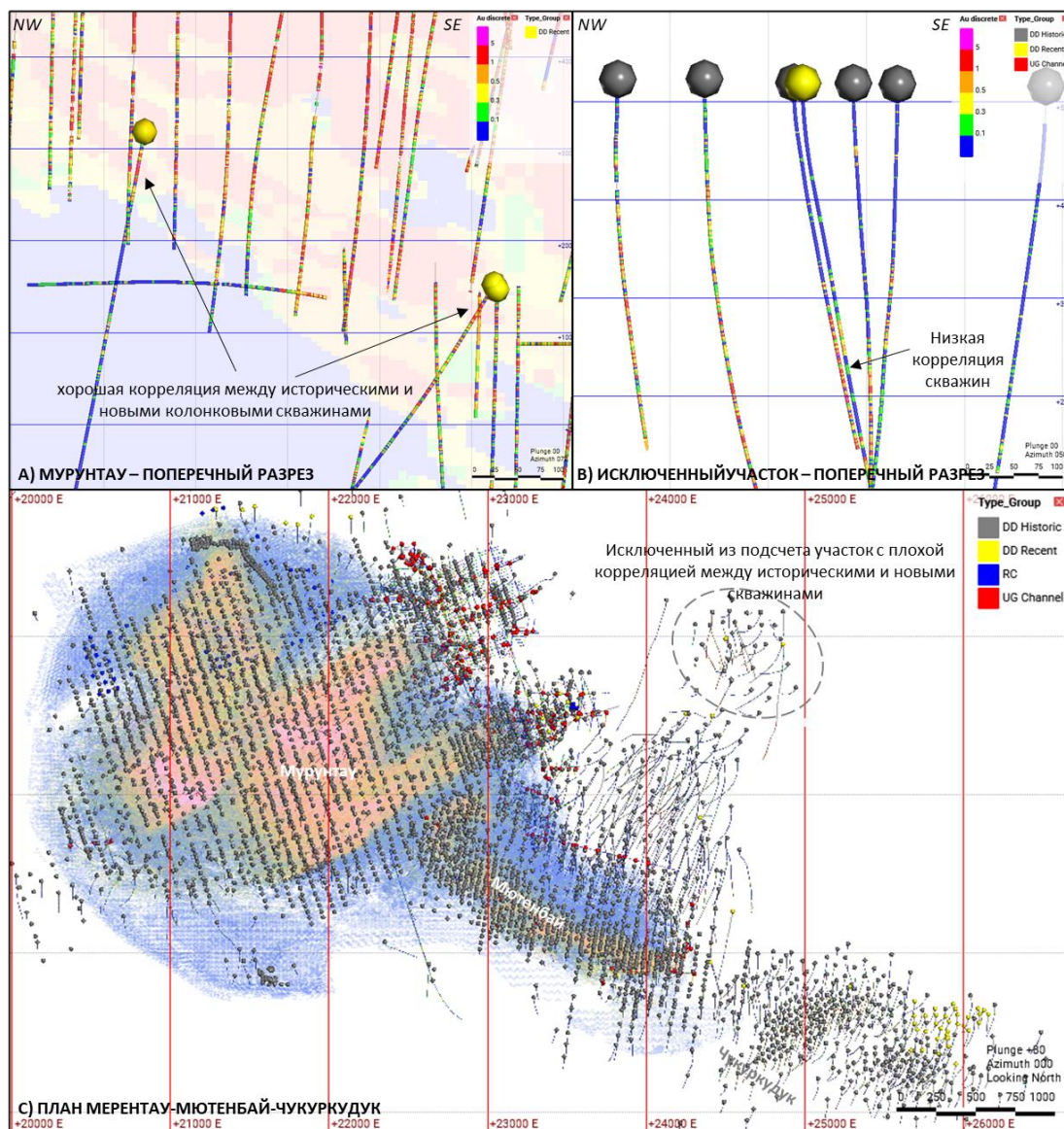


Рис. 3.15: (А & В) разрезы для сравнения исторически и новых скважин; (С) карта участка, исключенного и подсчета ресурсов ввиду неподтверждения исторических данных

Единственным исключением является группа исторических скважин с рудными пересечениями к северо-востоку от м-я Мютенбай, где новые скважины на данный момент не подтверждают мощностей и содержаний в исторических скважинах (Рис. 3.15В и С). Скважины на этом участке были исключены из оценки минеральных ресурсов. Наличие этого случая указывает на присутствие риска, связанного с надежностью всех исторических данных Мурунтауского кластера. Месторождение Чукуркудук было исключено из настоящего исследования до получения результатов текущего заверочного бурения.

На м-ях Бесапантау и Балпантау присутствуют крупные участки, где сеть новых скважин частично накладывается или уплотняет сеть исторических скважин. В целом, новые скважины хорошо согласуются с результатами близлежащих исторических скважин и бороздового опробования подземных выработок (Рис. 3.16). Имеются случаи плохой корреляции, однако они встречаются редко, пространственно изолированы и часто не могут быть с уверенностью объяснены именно низким качеством данных, нежели естественным невыдержанным характером минерализации (см. пример на Рис. 3.16А).

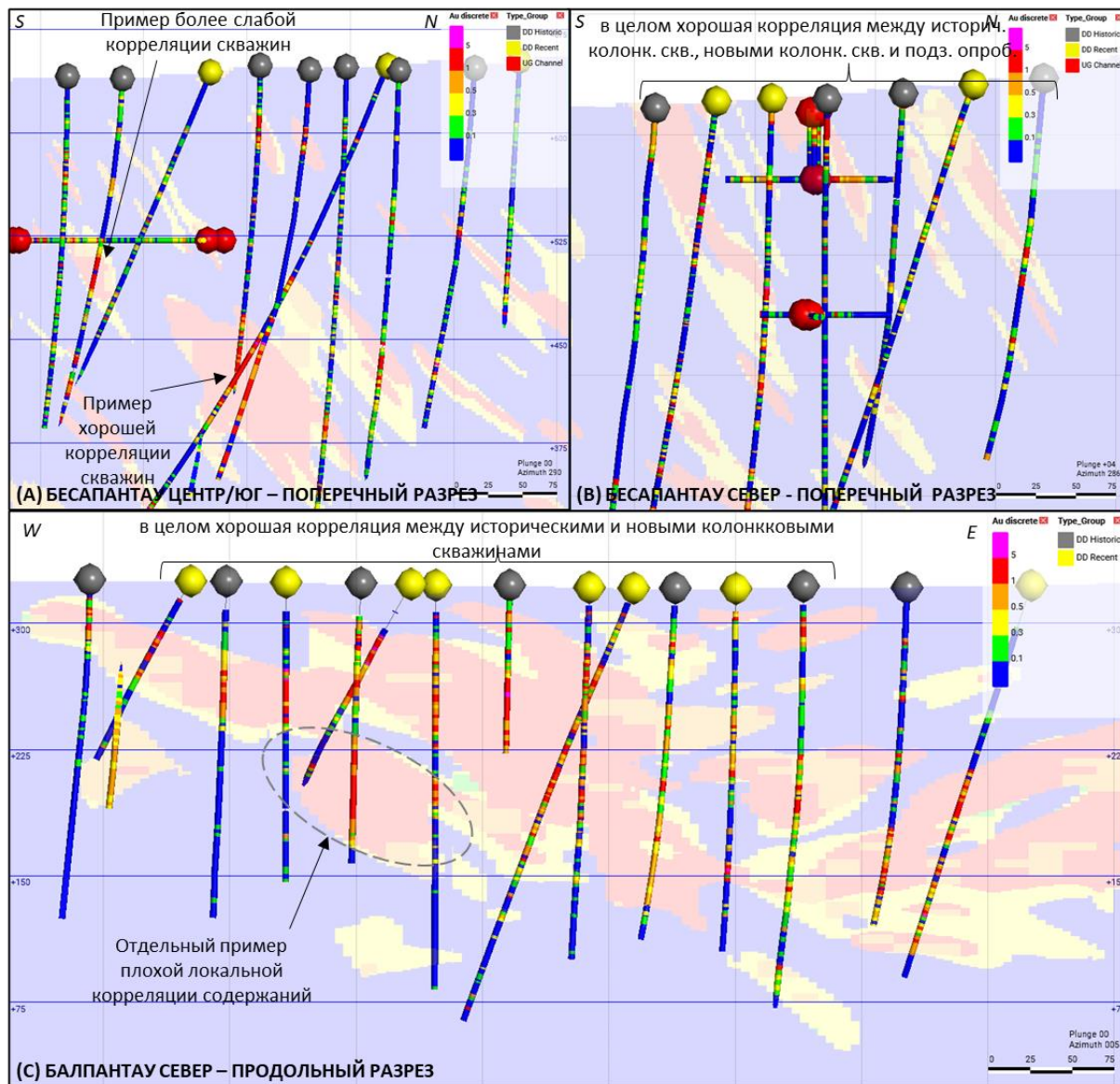


Рис. 3.16: Разрезы сравнения исторических и новых скважин на Бесапантау (А и В) и Балпантау (С)

3.6.3 Проверка достоверности данных, выполненная WAI

3.6.3.1 Выезд на месторождения

Выездная группа WAI посетила соответствующие объекты АО «НГМК» с 6 по 9 ноября 2023г. В ходе посещения были выполнены следующие задачи:

- Определение объема геологоразведочных работ, выполненных на сегодняшний день;
- Ознакомление с процедурами документирования бурового керна, отбора проб, пробоподготовки, лабораторно-аналитических работ и процедур контроля их качества;
- Осмотр помещений, выделенных для документирования, опробования и хранения керна;
- Осмотр отобранного керна всех месторождений Мурунтауского кластера для подтверждения характера минерализации и геологического описания;
- Ознакомление с геологией и горными работами на карьерах Мурунтау и Балпантау

3.6.3.2 Проверка базы данных

Специалистами WAI была проведена контрольная проверка корректности базы данных скважин Мурунтауского кластера, включая следующие виды проверки:

- Проверка совпадения координат устьев скважин с топографическими поверхностями;
- Проверка корректности координат XYZ устьев всех скважин базы данных;
- Проверка нахождения координат устьев в ожидаемых пределах;
- Проверка наличия дублирующихся номеров скважин или разных скважин с одинаковыми координатами устьев;
- Проверка наличия корректных данных инклинометрии по всем скважинам;
- Проверка общей согласованности азимута и угла наклона скважин по данным инклинометрии;
- Проверка наличия интервалов проб или инклинометрии, превышающих суммарную длину скважины;
- Проверка на предмет отсутствующих проб и их местонахождения;
- Оценка минимальных и максимальных значений содержания;
- Оценка минимальной и максимальной длины пробы;
- Оценка несоответствий в написании или кодировании (опечатки и ошибки с учетом регистра);
- Проверка полноты ввода данных, наличия отдельных пропущенных записей (координат устья, инклинометрия, литология, содержания), пробелов в интервалах опробования или накладывающихся интервалов.

По итогам проведенной проверки было выявлено лишь небольшое количество незначительных ошибок, которые не должны оказать существенного влияния на оценку минеральных ресурсов,

и специалисты WAI пришли к заключению, что базы данных скважин находятся в хорошем состоянии.

3.6.3.3 Проверка наличия систематической погрешности

Авторами настоящего отчета было выполнено независимое статистическое сравнение наборов данных для выявления систематического отклонения в данных опробования, вызванного различиями в типах проб или применением разных методов отбора и/или анализа проб в разные периоды времени. Чтобы изолировать эти факторы от естественной локальной изменчивости минерализации, использовались функции расстояния, чтобы ограничить сравнение пробами, расположенными на небольшом расстоянии (см. пример на Рис. 3.17). Также было выполнено композитирование проб для обеспечения соразмерного влияния проб между наборами данных и уменьшения эффектов вариации объема. При применении этого метода любые существенные различия в распределении проб указывают на наличие существенных ошибок в одном из сравниваемых наборов данных.

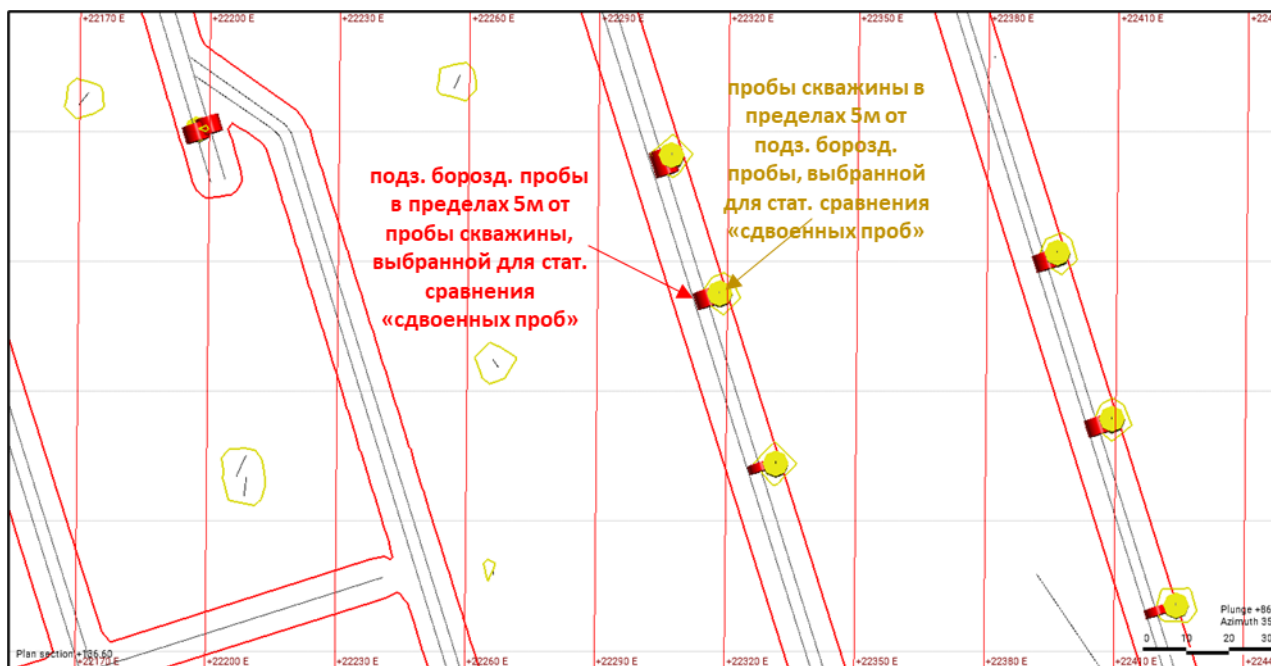


Рис. 3.17: План горизонта м-я Мурунтау как пример используемого метода статистического сравнения близко расположенных проб из разных выработок

Большой объем эксплоразведочной базы данных по м-ям Мурунтау и Мютенбай позволяет осуществить полезную проверку надежности других типов данных. Эта проверка основана на исходном допущении, что погрешности при отборе и анализе проб эксплоразведочного бурения в значительной степени компенсируются исключительным объемом и плотностью сети эксплоразведочных скважин. Это важная проверка, учитывая ограниченное количество новых скважин и ограниченный объем данных контроля качества на этих месторождениях.

На м-ях Мурунтау и Мютенбай результаты сравнения близкорасположенных (<5 м) проб геологоразведочных и эксплоразведочных скважин показали хорошую корреляцию (Рис. 3.18А). На графиках сравнения подземного опробования с эксплоразведочными данными отмечаются признаки небольшого систематического завышения (Рис. 3.18В), однако, когда рассчитываются средние содержания выше бортовых содержаний, принятых для ресурсов (0,3 г/т) и добычи (0,5 г/т), расхождение, как правило, составляет +5%. При прямом сравнении данные бурения и подземного бороздового опробования показывают схожие распределения. При разделении и сопоставлении колонкового бурения с бурением RC на графике QQ также получена корреляция около 1:1 (Рис. 3.19).

В целом, признаков наличия существенной систематической ошибки между различными типами проб на м. Мурунтау-Мютенбай не отмечено, что подтверждает обоснованность решения НГМК включить данные колонкового бурения, бурения RC и опробования подземных выработок в оценку минеральных ресурсов.

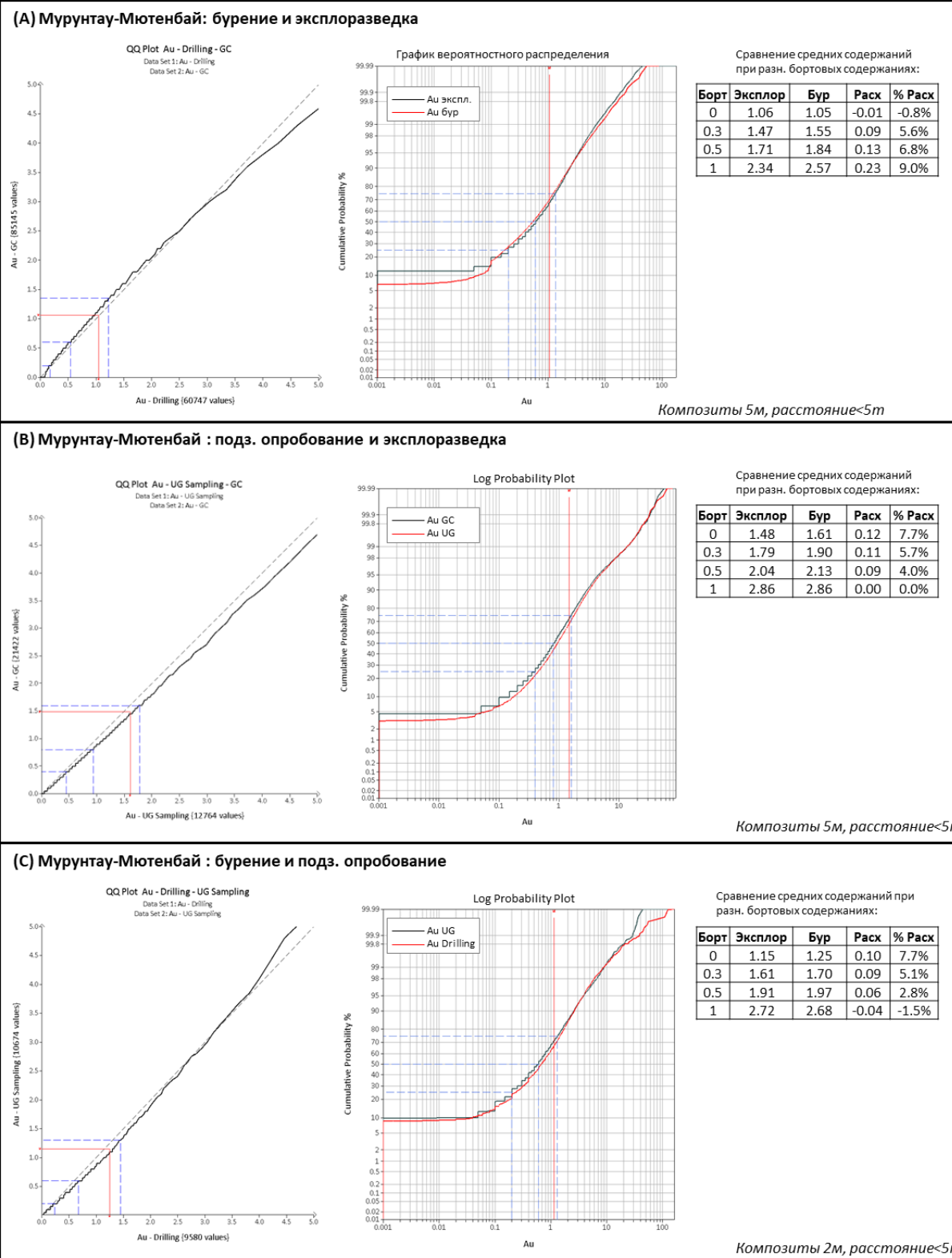


Рис. 3.18: Статистические сравнения различных наборов данных по м. Мурунтау-Мютенбай

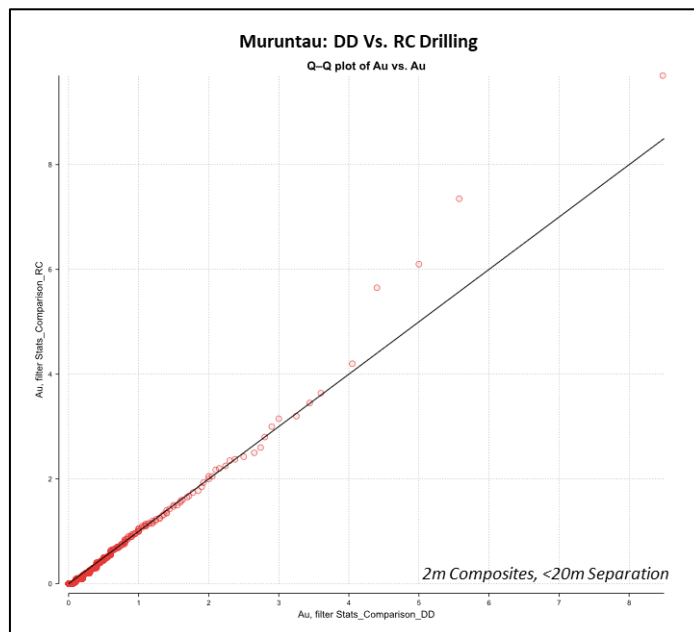


Рис. 3.19: График корреляции QQ между данными колонкового бурения и RC на Мурунтау

Бесапантау и Балпантау имеют гораздо большую долю новых скважин, подкрепленных результатами контроля (QAQC), которые можно использовать для сравнения и проверки исторических данных бурения. При сравнении композитов, расположенных на расстоянии менее 10 м друг от друга, как показано на Рис. 3.20, на Бесапантау не отмечено признаков существенной систематической погрешности, однако на Балпантау отмечается потенциальное наличие занижения содержаний в исторических скважинах (разница между суммарными средними значениями содержаний композитов выше бортового содержания 0,5 г/т составила - 9%). Учитывая масштабы погрешности, выявленной в исторических данных Балпантау, а также то, что она направлена в сторону занижения, а не завышения, по заключению WAI, исторические данные по обоим месторождениям на данном этапе могут быть приняты к подсчету ресурсов. Тем не менее, это решение подлежит повторному анализу и пересмотру в зависимости от результатов бурения сдвоенных заверочных скважин.

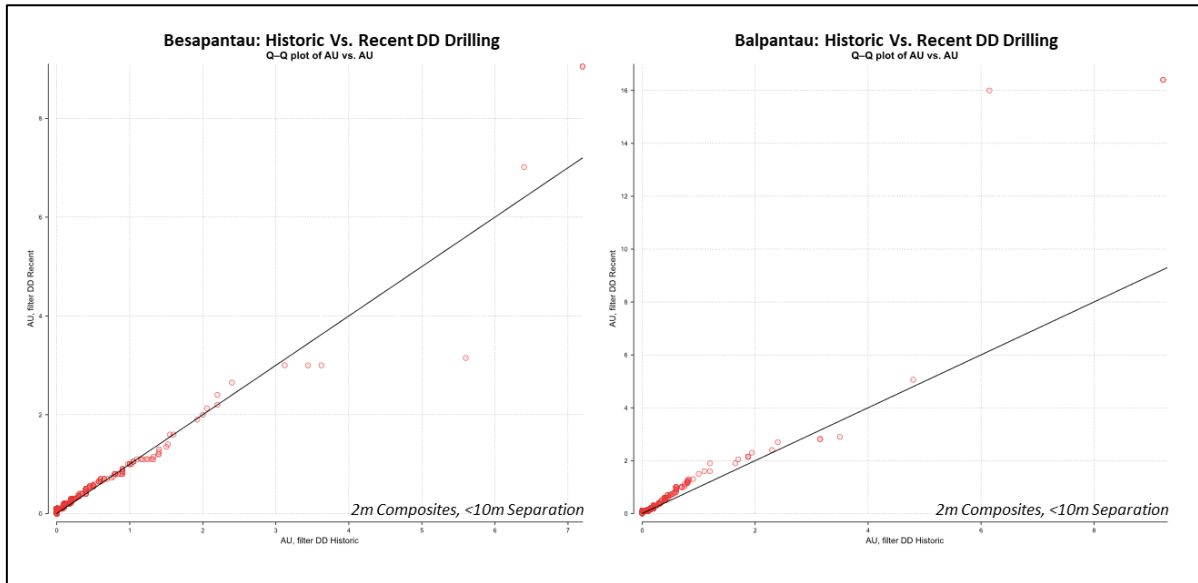


Рис. 3.20: Графики корреляции QQ между историческим и новыми колонковыми скважинами на месторождениях Бесапантау и Балпантау

На графиках корреляции QQ между близко расположенными (<10 м) пробами колонковых скважин и канав на м. Балпантау отмечается сильное завышение содержаний в данных опробования канав (Рис. 3.21). Это может быть связано с наличием приповерхностного гипергенного обогащения, обильно представленного в поверхностных выработках. Чтобы исключить искажающую экстраполяцию этих содержаний на глубину, WAI поддерживает решение исключить все канавы из оценки минеральных ресурсов месторождения Балпантау. В окончательную модель ресурсов Бесапантау были включены данные только самых недавних канав, пройденных суб-перпендикулярно простиранию минерализации. Это компромиссное решение позволяет исключить из модели минерализации наиболее очевидные искажающие эффекты и несоответствия, связанные с канавами.

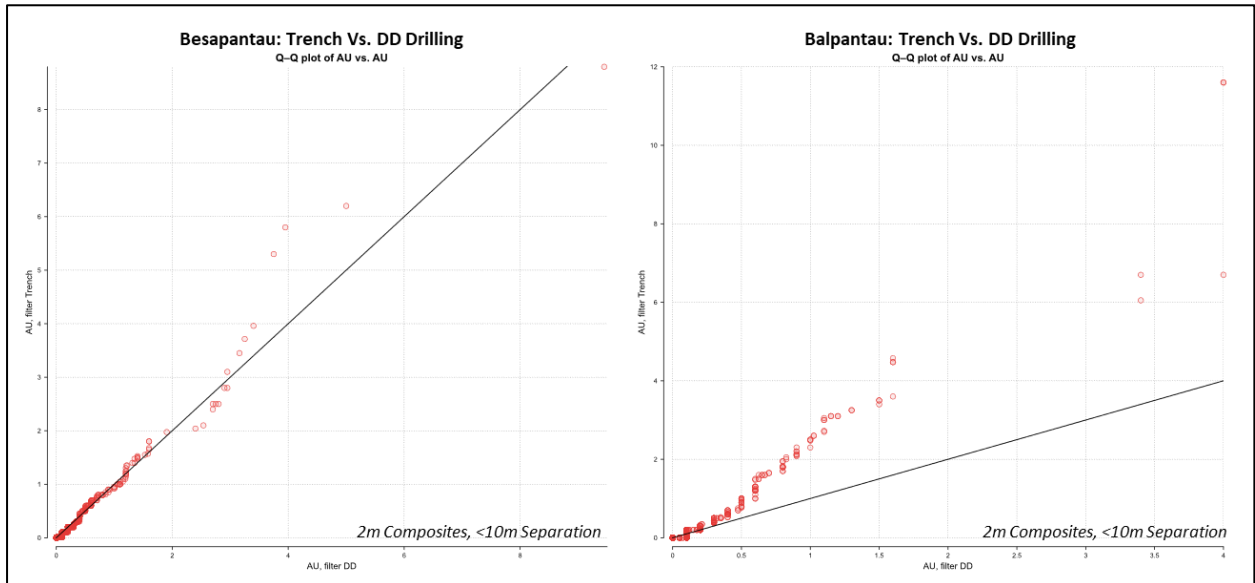


Рис. 3.21: Графики корреляции QQ между пробами канав и колонковых скважин на Бесапантау и Балпантау

3.6.4 Заключение о проверке достоверности данных

Результаты проверки достоверности данных, проведенной специалистами WAI с помощью различных методов, подтверждают целостность данных, содержащихся в электронных базах данных. По мнению WAI, выполненный на текущий момент контроль качества (QAQC) и проверка достоверности данных позволили из общего массива имеющихся геологоразведочных данных отобрать данные, которые могут считаться пригодными для оценки минеральных ресурсов и извлекаемых запасов.

3.7 Оценка минеральных ресурсов

3.7.1 Введение

В настоящем отчете представлена оценка минеральных ресурсов золоторудных месторождений Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау и Балпантау, разрабатываемых Навоийским горно-металлургическим комбинатом и входящих в состав Мурунтауского кластера. Месторождение Чукуркудук было исключено из данной работы до получения результатов текущего заверочного бурения. Оценка минеральных ресурсов была выполнена НГМК с использованием баз данных буровых скважин и геологических моделей, разработанных геологической группой НГМК и ее субподрядчиками. Оптимизированные оболочки карьеров для ограничения минеральных ресурсов с целью «обоснования наличия объективных перспектив последующего рентабельного извлечения» подсчитываемых минеральных ресурсов были созданы WAI на основе параметров, предоставленных Заказчиком.

Месторождения Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук образуют полусплошной рудный блок, который был воспроизведен в единой блочной модели. В рамках настоящей работы из построенной модели, оптимизации карьера и результатов подсчета был исключен участок, соответствующий месторождению Чукуркудук. Для месторождений Бесапантау и Балпантау были созданы отдельные блочные модели.

Аудит подсчета минеральных ресурсов выполнялся WAI при активном вовлечении обратной связи от Заказчика, благодаря чему у Заказчика была возможность проработать выявленные замечания и предоставить доработанные и откорректированные модели ресурсов до выпуска окончательного отчета о результатах аудита. В настоящем разделе описываются методика и параметры, принятые в окончательных моделях. Все оставшиеся недоработки или возможности улучшения представлены в настоящем отчете в виде заключений и рекомендаций.

3.7.2 Программное обеспечение

Импорт и подготовка базы данных, каркасное моделирование, статистический анализ, композитирование, вариографический анализ, блочное моделирование и оценка содержаний были выполнены Заказчиком преимущественно с использованием программного обеспечения «Leapfrog Geo» и «Leapfrog Edge». Статистический анализ и контрольная проверка блочной модели была также выполнена Заказчиком в «Micromine».

Выполненные Заказчиком подсчеты минеральных ресурсов были проверены специалистами WAI с использованием программного обеспечения «Leapfrog Geo», «Leapfrog Edge», «Snowden Supervisor» и «Datamine Studio RM». После этого на проверенных блочных моделях инженерами WAI была проведена оптимизацию карьеров с помощью программного обеспечения «Datamine Studio OP» и «NPV Scheduler».

3.7.3 База данных

Даты закрытия баз данных по каждому месторождению приводятся в разделе 3.6.1 настоящего отчета. Оценка минеральных ресурсов была выполнена на основе данных алмазного колонкового бурения, шламового бурения RC и бороздowego опробования подземных выработок. Кроме того, для подсчета ресурсов месторождения Бесапантау было принято некоторое количество данных опробования поверхностных канав. Другие методы бурения и опробования были исключены из подсчета из-за наличия объективных сомнений по поводу качества этих данных. Также из подсчета был исключен ряд колонковых скважин, которые не получили подтверждения в ходе заверочного бурения, как описано в разделе 3.6.2. Информация о составе баз данных, на основе которых выполнялся подсчет минеральных ресурсов, представлена в Таб. 3.27 ниже.

Месторождение	Тип пробы	Кол-во выработок	Кол-во проб	Длина проб, м
Мурунтау Мютенбай	Колонковые	6 333	623 717	1 281 402
	RC	264	7 556	19 019
	Бороздовые подзем.	1 831	222 739	251 363
	Итого по Мурунтау- Мютенбай	8 428	854 012	1 551 784
Бесапантау	Колонковые	484	65 634	141 631
	RC	0	0	0
	Бороздовые подзем.	262	8 740	16 442
	Канавы	114	4 627	18 304
	Итого по Бесапантау	860	79 001	176 377
Балпантау	Колонковые	351	30 844	66 307
	RC	68	5 901	5 914
	Бороздовые подзем.	344	7 135	8 167
	Итого по Балпантау	763	43 880	80 388

3.7.4 Геологическая модель

3.7.4.1 Зона окисления

В модели Бесапантау была построена граница между зонами окисленных и первичных пород. На Бесапантау эта граница проходит примерно на 40-70 м ниже дневной поверхности. Оконтуривание зоны окисления позволяет присвоить этой области более низкие значения объемного веса, а также выделить зоны с отличающимися технологическими и/или геотехническими свойствами.

Данные об окислении пород в журналах документирования разведочных выработок в настоящее время не последовательны и обычно плохо увязываются между соседними скважинами. По утверждению Заказчика, это объясняется качеством документирования, а не

фактическими геологическими особенностями, поэтому зона окисления была оконтурена Заказчиком по выборочным скважинам, окисленные интервалы в которых совпадали с историческими данными. WAI считает, что оконтуривание окисленной зоны на Бесапантау носит предварительный характер, и рекомендует осуществить повторное документирование для повышения качества данных, а также для обучения персонала подрядчиков и стандартизации процедур документирования зоны окисления.

На месторождениях Мурунтау, Мютенбай и Балпантау профиль выветривания не выделялся, и весь материал отнесен к первичным породам. В случае с месторождениями Мурунтау и Мютенбай это во многом обусловлено наличием данных. WAI рекомендует построить модели окисленных зон для всех месторождений, насколько это позволяют имеющиеся данные геологического документирования.

3.7.4.2 Литологическое и структурное моделирование

Литологическое и структурное моделирование было выполнено на основе имеющихся данных по буровым скважинам, геологической интерпретации (планов горизонтов и разрезов) и картирования подземных выработок и обнажений в бортах карьеров.

В рамках геотехнических исследований SRK в 2022 году было выполнено детальное структурное моделирование месторождений Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук, а также построена концептуальная модель напластования и литологии (Рис. 3.22).

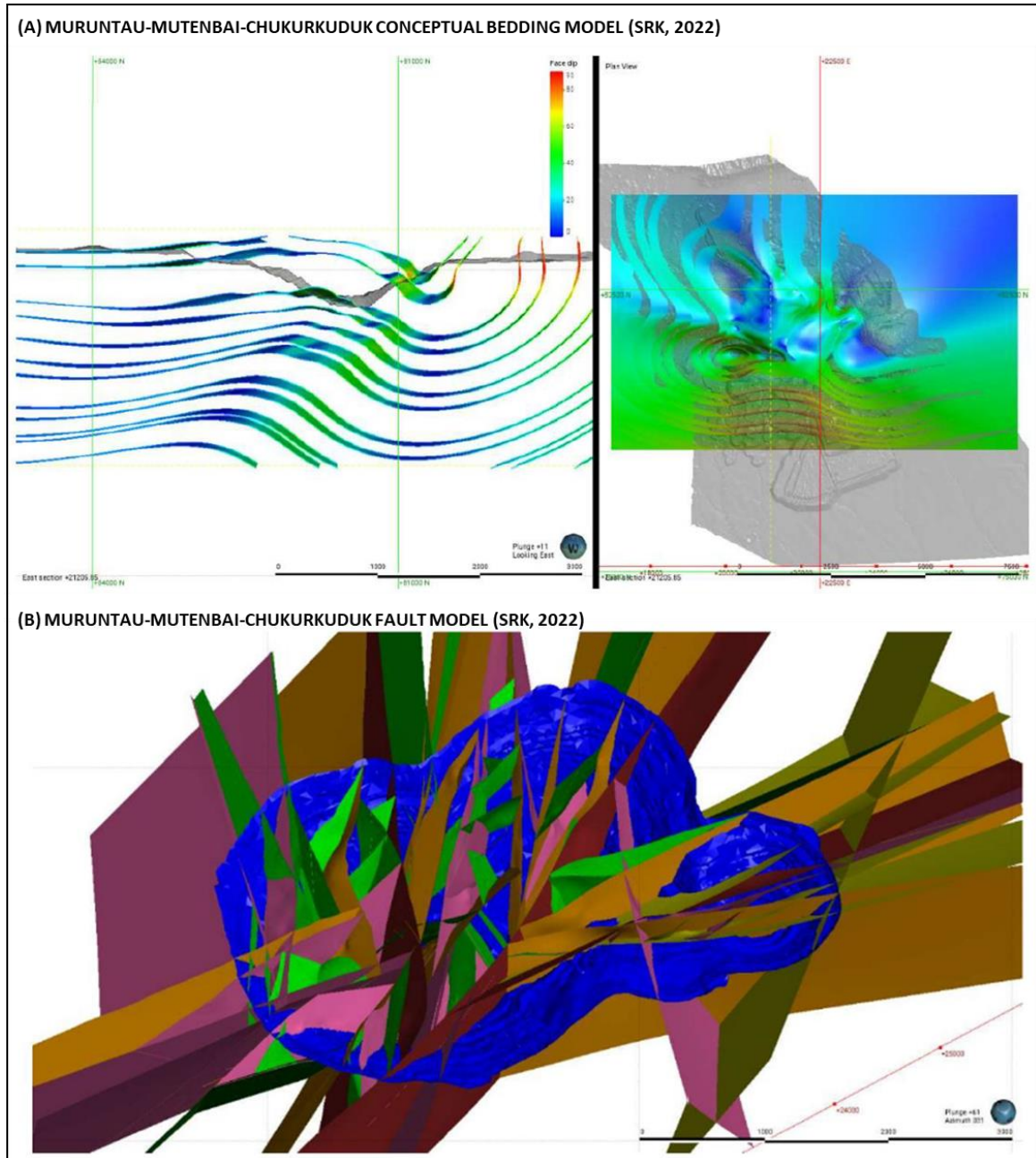


Рис. 3.22: Структурное моделирование Мурунтау-Мютенбай-Чукуркудук

Для месторождения Беспантау была создана детальная комплексная литолого-структурная модель (см. Рис. 3.23). Построение этой модели было выполнено в рамках оценки минеральных ресурсов компании SRK в 2019г. Для месторождения Балпантау был также выполнен небольшой объем моделирования тектонических нарушений.

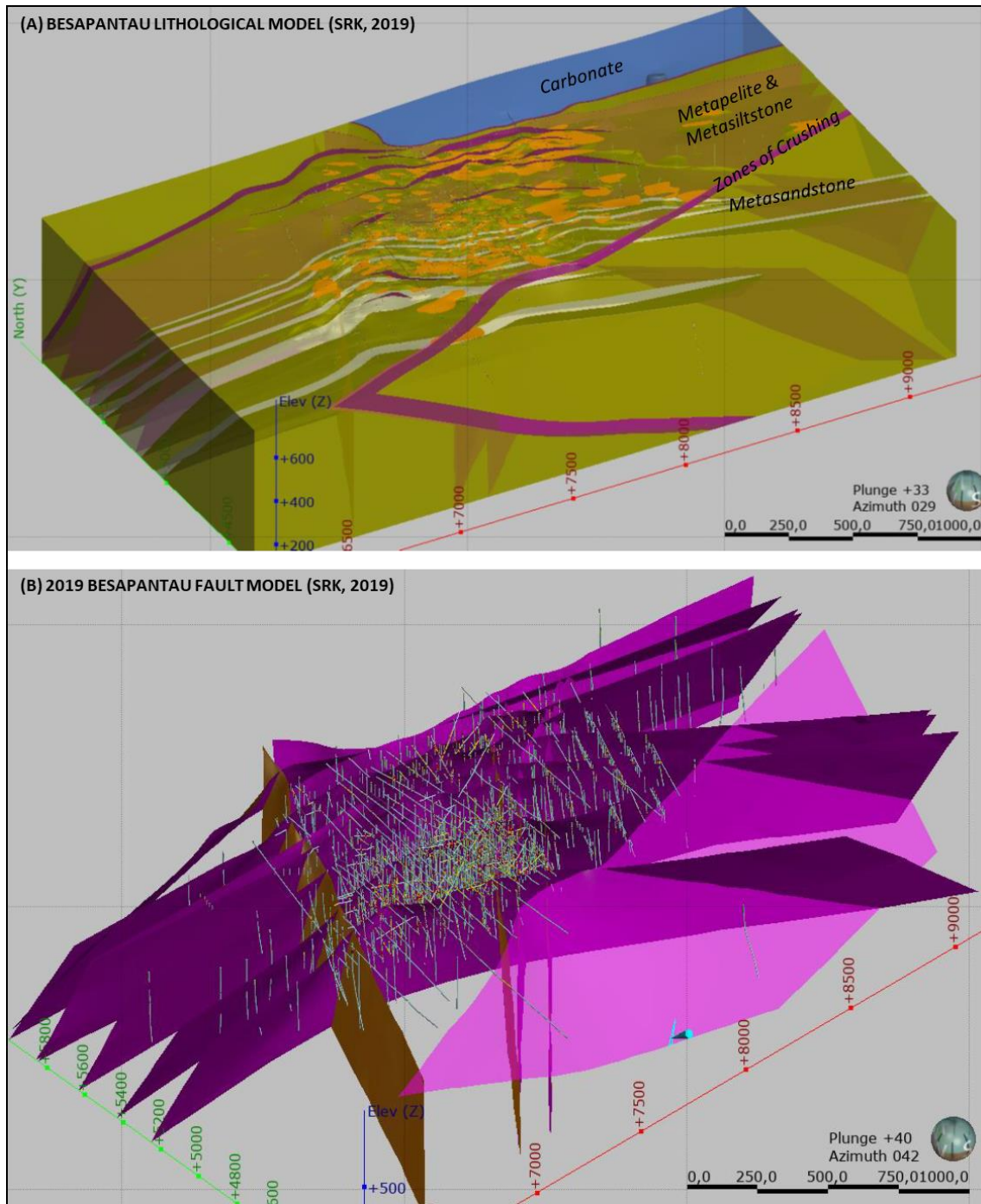


Рис. 3.23: Структурное моделирование Бесапантау

На основе новых данных бурения непрерывно уточнялась и учитывалась при каркасном моделировании рудных тел только граница между перекрывающим чехлом и породами фундамента, а также основные тектонические нарушения, которые смещают или секут рудные зоны, и, таким образом, оказывают влияние на оценку минеральных ресурсов. WAI рекомендует создать и активно обновлять подробные структурные модели для всех месторождений, насколько это позволяют данные геологического документирования. Такие модели позволяют повысить разрешение моделирования объемного веса, точнее выделить рудоконтролирующие структуры и уточнить характеристики горного массива для других

технических дисциплин (например, определения риска наличия активного углеродистого вещества).

3.7.5 Рудные домены

3.7.5.1 Мурунтау и Мютенбай

Месторождения Мурунтау и Мютенбай имеют рассеянный тип оруденения, контролируемый сложными рудными жильными массивами и штокверками. Минерализация развита, как правило, субпараллельно напластованию в складчатых и нарушенных разломами вмещающих толщах, что приводит к образованию рудных зон различного масштаба со складчатой структурой и с крупными нарушениями, связанными с разломами.

Заказчиком были построены каркасные модели рудных доменов путем композитирования проб с содержанием выше установленных бортовых содержаний методом имплицитного (условного) моделирования (Leapfrog Intrusions) с построением оболочек вокруг композитов. Структурные тренды строились и применялись к оболочкам таким образом, чтобы пространственное положение и непрерывность доменов отражало интерпретируемую ориентацию и непрерывность оруденения.

Бортовые содержания для определения границ каркасов были приняты на основе результатов анализа гистограмм проб и представительного горизонта эксплоразведки (гор. 350м) для выявления выраженных изменений содержаний, а также с учетом бортового содержания, принятого в настоящее время для отработки (0,5 г/т). Таким образом, по результатам проведенного анализа для создания каркасных моделей доменов Мурунтау и Мютенбай Заказчиком были приняты бортовые содержания 0,3 г/т, 0,5 г/т и 1,0 г/т.

Специалистами WAI был проведен повариантный анализ длины проб путем построения графика средних содержаний и длин рудных пересечений в скважинах с пошаговым увеличением бортового содержания (Рис. 3.24). По разным месторождениям наблюдаются аналогичная закономерность. Длина рудного интервала резко уменьшается по мере повышения бортового содержания, затем начинает стабилизироваться на уровне 0,2-0,3 г/т, после этого снижение длины становится более плавным. Эта точка перегиба указывает на естественную нижнюю границу бортового содержания рудных зон и подтверждает целесообразность минимального бортового содержания 0,3 г/т, принятого Заказчиком для оконтуривания рудных зон.

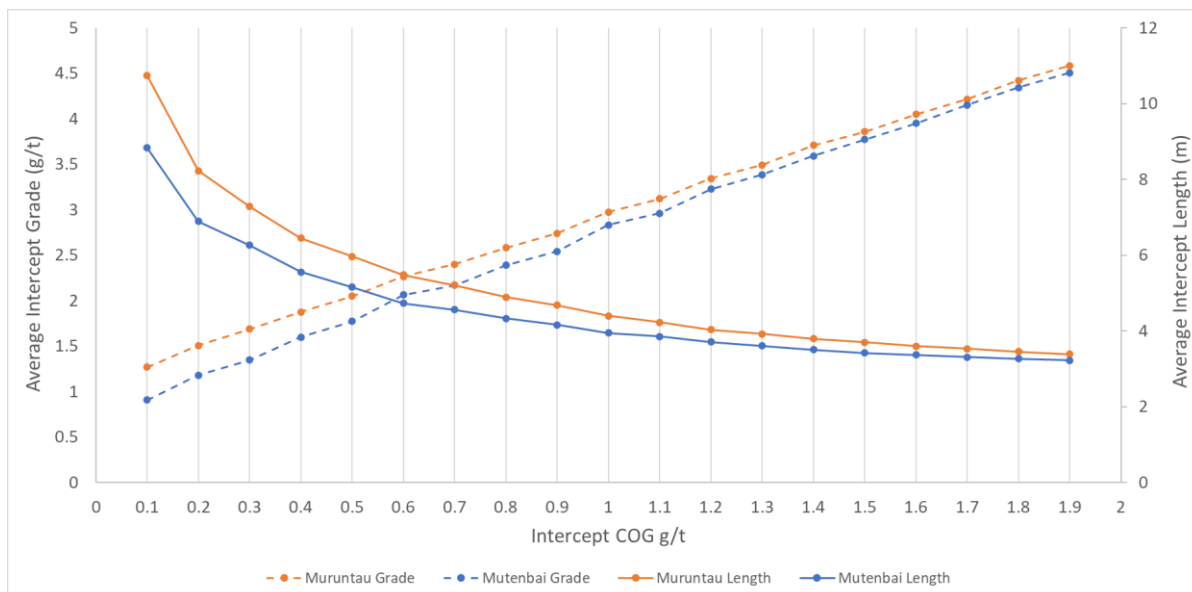


Рис. 3.24: «Повариантный анализ длины» рудных интервалов для месторождений Мурунтау и Мютенбай

Для выявления естественных границ в более высоких классах содержаний, специалистами WAI был выполнен анализ содержаний методом «уклона» по эксплоразведочным данным горизонта 350 м (Рис. 3.25А). Данный метод заключается в представлении эксплоразведочных значений содержаний золота в пределах тестовой зоны в виде раstra высот (где Z = содержание Au) (см. Рис. 3.25В), на основе которого производится расчет карты уклонов с помощью утилиты GDAL DEM в QGIS (Рис. 3.25С). Параметр уклона, таким образом, показывает характер изменения содержаний золота в пределах тестовой зоны. На графике среднего уклона по классам содержаний Au отмечается заметное увеличение градиента между классами 0,2-0,3 г/т, 0,6-0,7 г/т, 0,9-1,0 г/т и 1,6-1,7 г/т (Рис. 3.25D), что указывает на возможное наличие границ между рудными доменами этих классов содержаний. Эти результаты достаточно хорошо согласуются с бортовыми содержаниями 0,3 г/т, 0,5 г/т и 1 г/т, принятыми Заказчиком.

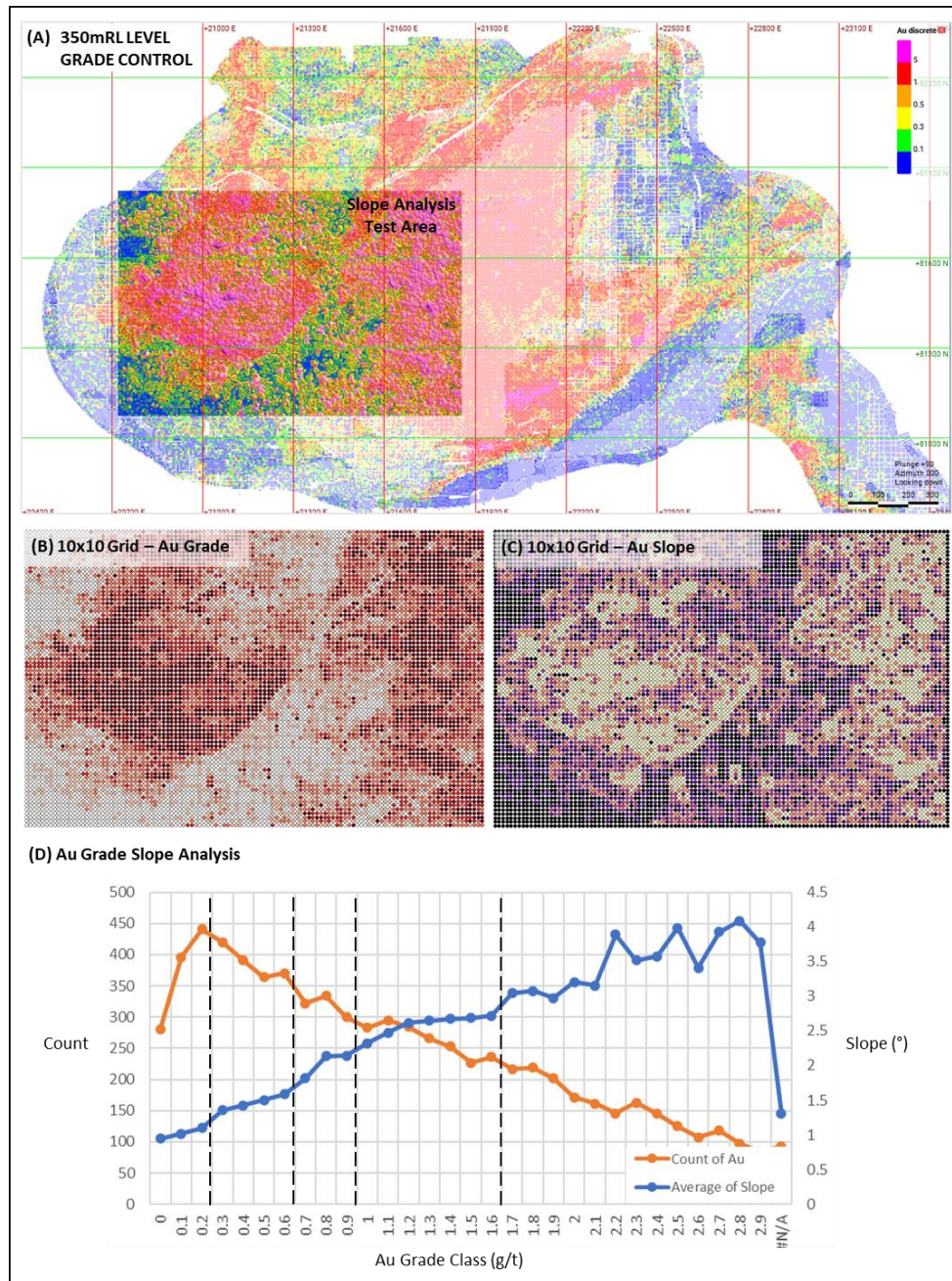


Рис. 3.25: Анализ содержаний методом «уклона» по эксплоразведочным данным горизонта 350м месторождения Мурунтау

После этого были оптимизированы параметры композитирования, интерполяции и трендов для создания каркасов, которые бы воспроизводили такое же пространственное распределение золота, как в эксплоразведочной блочной модели, но исключительно на основе геологоразведочной базы данных (т.е. без использования данных проб эксплоразведки). Параметры композитирования, принятые для построения доменов на месторождениях Мурунтау и Мютенбай представлены в Таб. 3.28 ниже.

Месторождение	Бортное содержание (г/т)	Минимальная длина композита (м)	Максимальная мощность породного прослоя (м)
Мурунтау	1	15	15
	0.5	15	20
	0.3	30	30
Мютенбай	1	15	15
	0.5	15	15
	0.3	30	30

Моделирование трендов было выполнено на основе оцифрованных данных измерений структур, взятых с планов подземных выработок месторождения Мурунтау (Рис. 3.26), а также данных картирования обнажений в карьере 2015г. Модель трендов была также уточнена на основе направлений непрерывности массива, оконтуренных эксплоразведочными данными, обеспечивающими более высокую детальность. Геологами WAI была выполнена независимая интерпретация доминирующих трендов минерализации в эксплоразведочных данных, в результате которой были получены направления, аналогичные тем, которым соответствуют рудные каркасы Заказчика. Направления, определенные для верхних богатых горизонтов месторождения, были спроецированы на глубину.

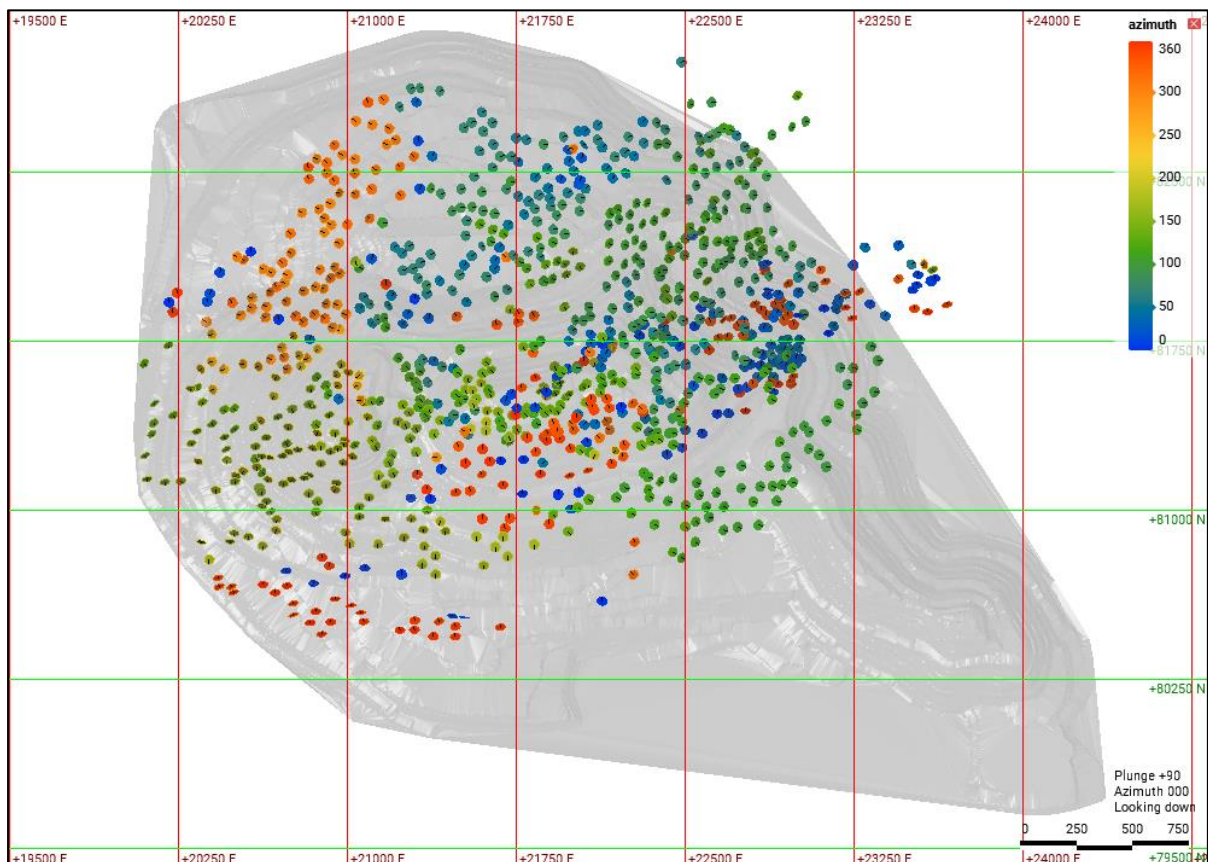


Рис. 3.26: Тренды оруденения на м. Мурунтау

В модели были построены крупные разломы (Рис. 3.27), и рудные каркасы были разбиты на соответствующие блоки, ограниченные разломами. Разломы наблюдались на обнажениях массива в карьере, а также интерпретируются в местах присутствия плоскостных «разрывов» в массиве содержаний проб по данным эксплоразведки. Для выклинивания рудных зон на участках, где они выходят под перекрывающие породы, при моделировании использовались каркасы границ между осадочными и коренными породами.

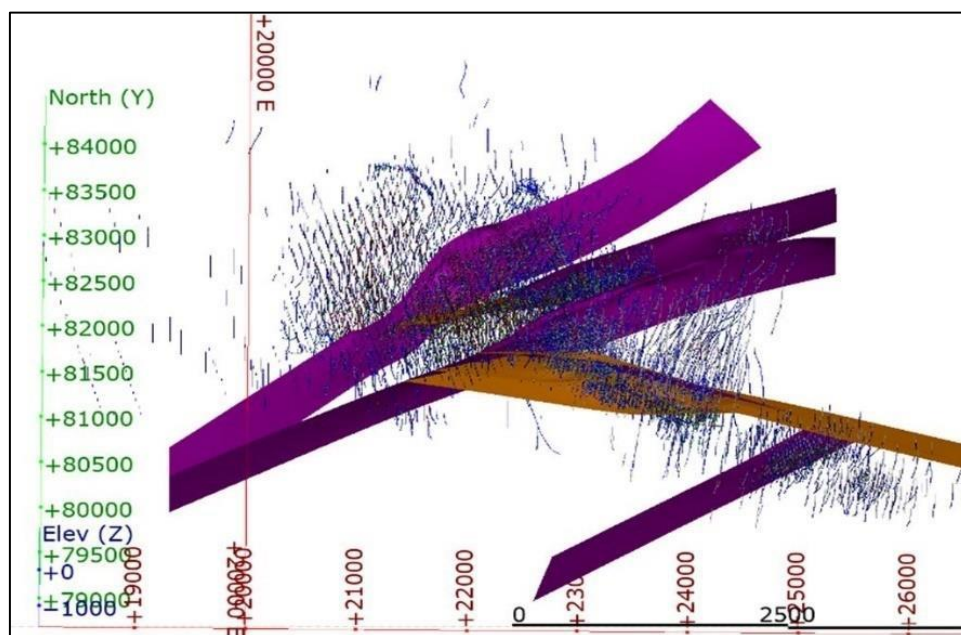


Рис. 3.27: Модель разломов месторождений Мурунтау и Мютенбай

На Рис. 3.28 представлено сравнение каркасов рудных тел, которые использовались для оценки ресурсов, с эксплоразведочной блочной моделью. Модели представлены в цветовой кодировке для сравнения расположения границ доменов с соответствующими классами содержаний в блочной модели. Хорошая пространственная корреляция указывает на то, что построенные рудные домены объективно воспроизводят контур минерализации Мурунтау при принятых бортовых содержаниях.

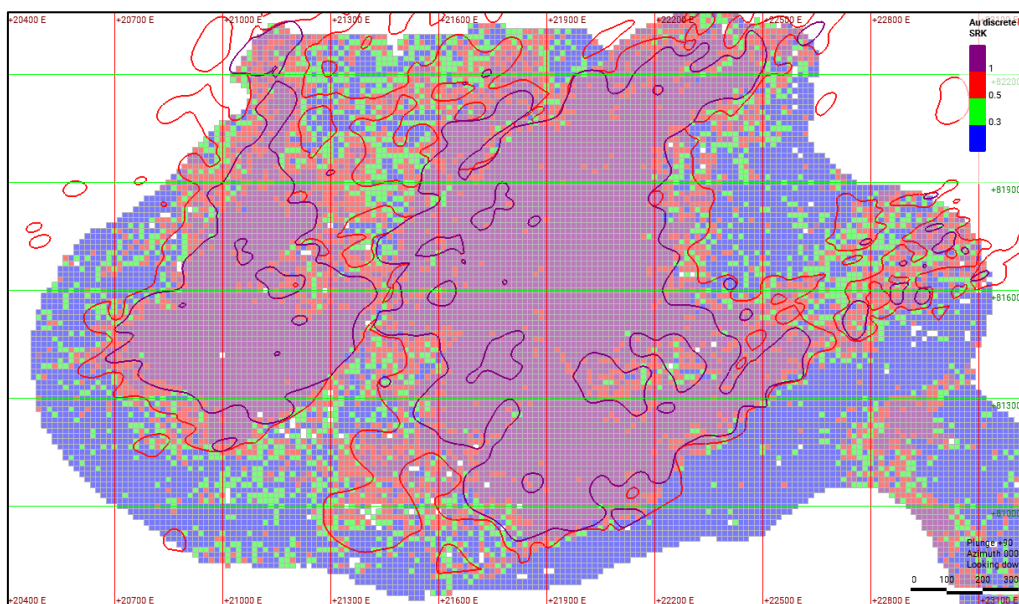


Рис. 3.28: Рудные домены Мурунтау в сопоставлении с эксплоразведочной блочной моделью (план горизонта 350 м)

3.7.5.2 Бесапантау

По интерпретации, месторождение Бесапантау представляет собой серию наложенных субпараллельных рудных пластов и линз. Зоны минерализации на Бесапантау, как правило, более разрозненны, имеют меньшую мощность и более низкую сплошность, чем на м-ях Мурунтау и Мютенбай. При каркасном моделировании Бесапантау был принят в целом такой же подход, как и для месторождений Мурунтау и Мютенбай, при этом параметры были адаптированы к геологическим условиям Бесапантау следующим образом:

- Уменьшение минимальной длины композита (5 м) и максимальной мощности породного включения (5 м) с учетом меньшей мощности рудных зон;
- Применение четкого структурного тренда с простираем приблизительно в юго-западном направлении и падением на 60° к северу в соответствии с доминирующей ориентацией минерализации;
- Построение каркасов только по бортовым содержаниям 0,3 г/т и 0,5 г/т с учетом отсутствия непрерывности при более высоких бортовых содержаниях.

Один из рисков, связанных с применением этой методики оконтуривания минерализации на Бесапантау, заключается в том, что разграничение между вложенными доменами 0,3 г/т и доменами 0,5 г/т может быть ограниченным, что приводит к формированию слабо обоснованных «оболочек» 0,3 г/т вокруг каркасов 0,5 г/т. Заказчиком этот риск был частично снижен при построении каркасных моделей за счет исключения некоторых композитов 0,3 г/т, которые простираются менее чем на 5 м за пределы интервалов с содержанием 0,5 г/т.

Второй риск заключается в том, что при интерполяции содержаний в блоки оказывают влияние композиты из соседних рудных зон. Это потенциально наиболее проблематично в тех случаях, когда блоки в частях сетки малого объема могут соответствовать только минимальным критериям проб в последующих прогонах интерполяции с расширенными эллипсами поиска. Заказчиком этот риск был частично снижен за счет разбивки рудных каркасов таким образом, чтобы части сетки с наибольшим объемом (т.е. основные рудные зоны) были выделены в отдельные домены. Кроме того, участки сетки с небольшим объемом были отнесены к категории «предполагаемые» независимо от плотности сети скважин.

Итоговая конфигурация рудных каркасов показана на Рис. 3.29 ниже.

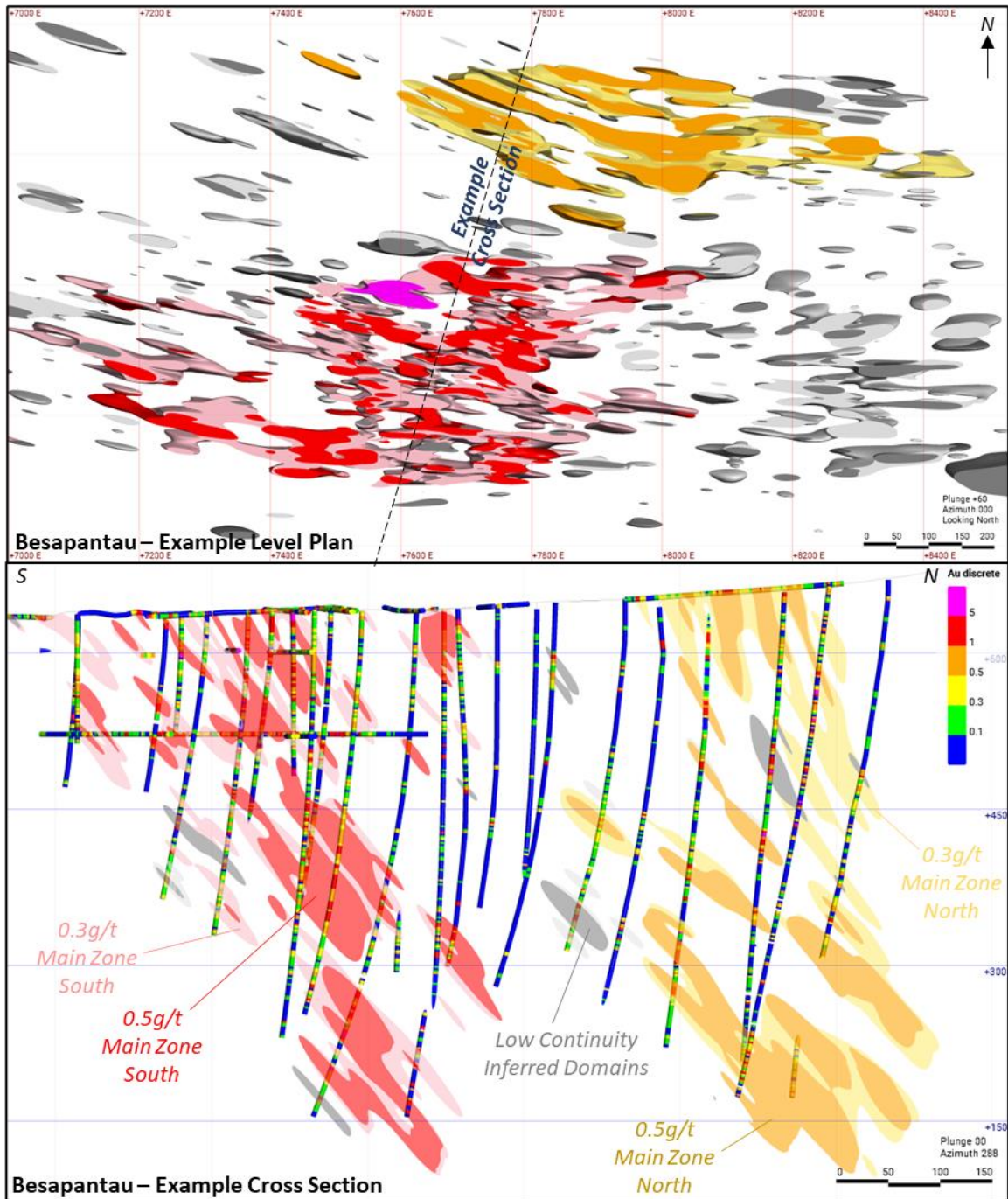


Рис. 3.29: Вид рудных доменов Бесапантау в плане и разрезе

3.7.5.3 Балпантау

Месторождение Балпантау схоже с Бесапантау в том, что локальная морфология месторождения характеризуется разрозненными субпараллельными полуплоскостными рудными зонами. Одно из существенных отличий заключается в том, что ориентация рудных тел на Балпантау не выдержана, при этом доминирующее простирание и падение ориентировано по контуру центрального вулканического купола, а оруденение развито вдоль контакта между вулканическими породами и перекрывающими метаотложениями.

При каркасном моделировании Балпантау применялся тот же подход, что и Бесапантау, с адаптацией трендов в соответствии с пространственной ориентацией оруденения. Аналогично Бесапантау, были предприняты меры по ограничению возникновения «оболочек» 0,3 г/т вокруг каркасов 0,5г/т и влияния композитов и соседних рудных зон при интерполяции. Итоговая конфигурация рудных каркасов Балпантау показана на Рис. 3.30 ниже.

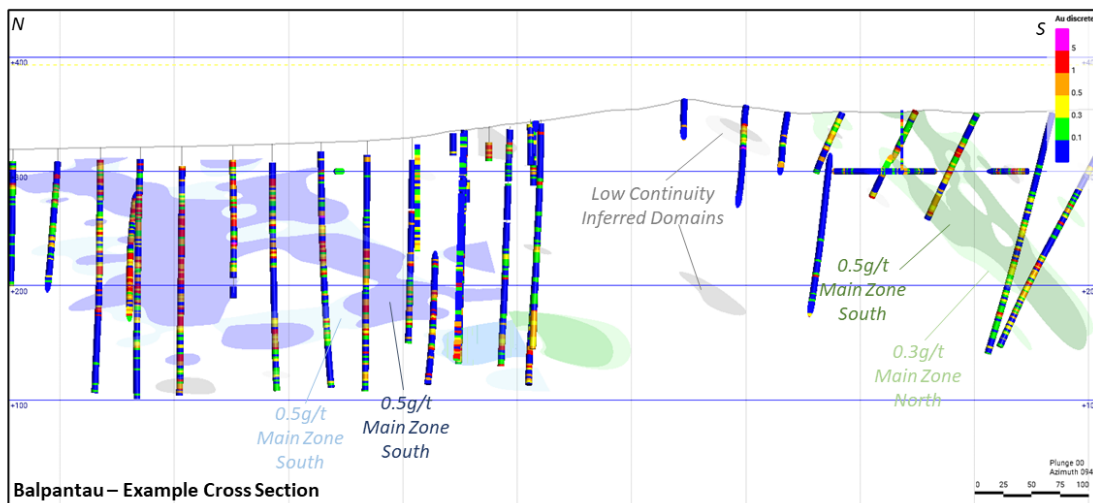
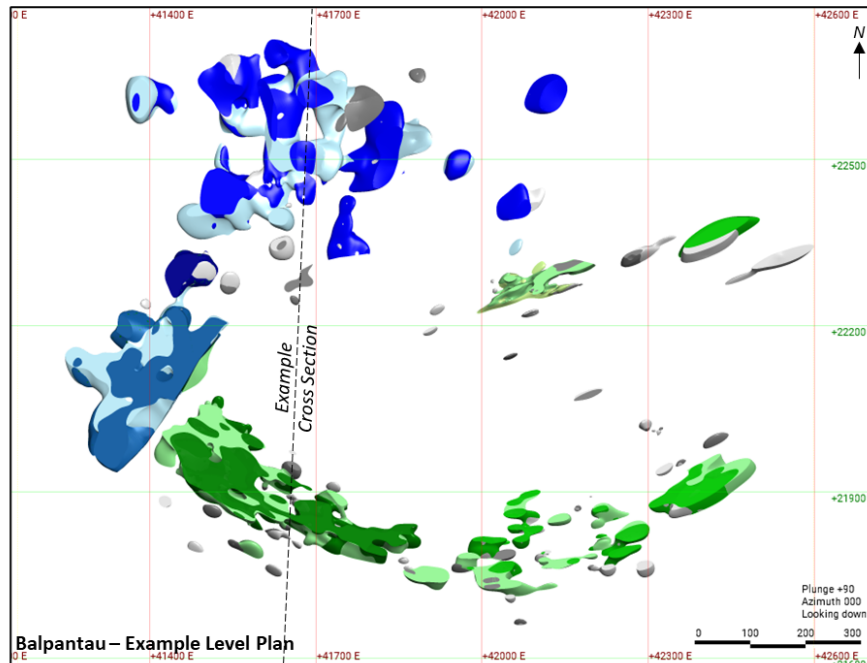


Рис. 3.30: Рудные домены Балпантау в плане и разрезе

3.7.6 Анализ границ доменов

Анализ границ доменов позволяет определить характер изменения содержаний на контакте между двумя доменами. Графики, построенные WAI, показывают резкое ступенчатое изменение, которое указывает на то, что контакты доменов золоторудной минерализации на месторождениях Мурунтауского кластера характеризуется жестким типом границ. Пример анализа границ домена 1г/т для Мурунтау представлен ниже на Рис. 3.31.

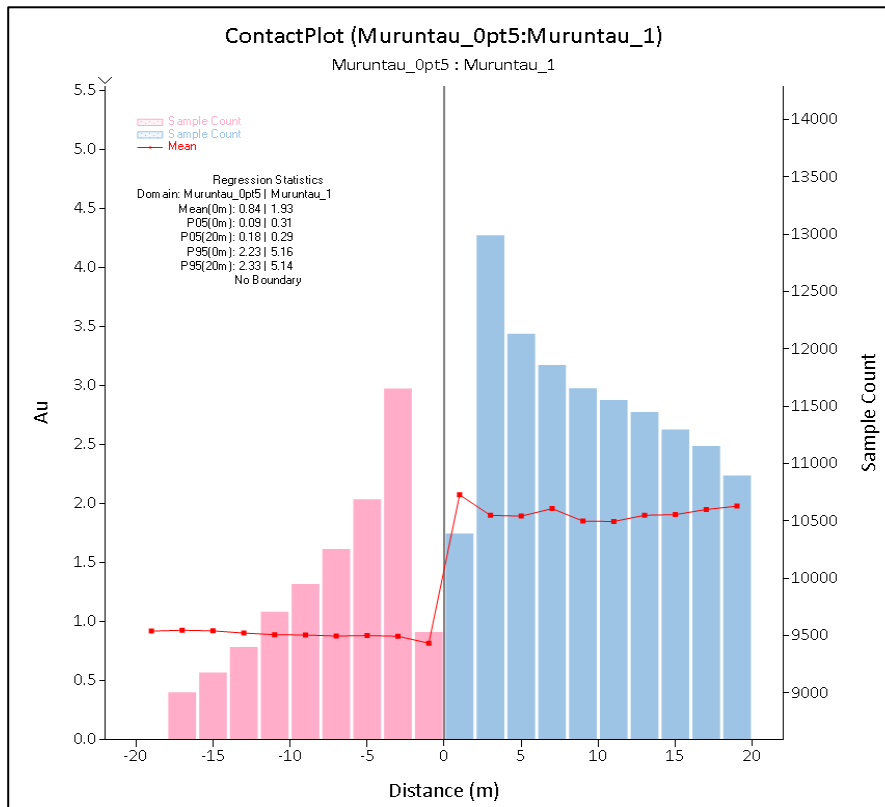


Рис. 3.31: Пример анализа границы домена 1 г/т на Мурунтау

3.7.7 Композитирование

С целью исключения погрешности, возникающей при интерполяции содержаний и проб разной длины было выполнено композитирование опробованных интервалов скважин. Для всех месторождений была выбрана единая длина композита 2 м. Остаточная длина менее половины принятой длины композита были распределены равномерно по скважине. Через границы доменов пробы не композитировались.

Специалистами WAI были проанализированы гистограммы распределения длин проб для каждого месторождения (Рис. 3.32). Длина композита 2м совпадает с модальной длиной пробы для всех месторождений и исключает необходимость лишних манипуляций с границами/содержаниями проб или чрезмерного дробления более длинных проб.

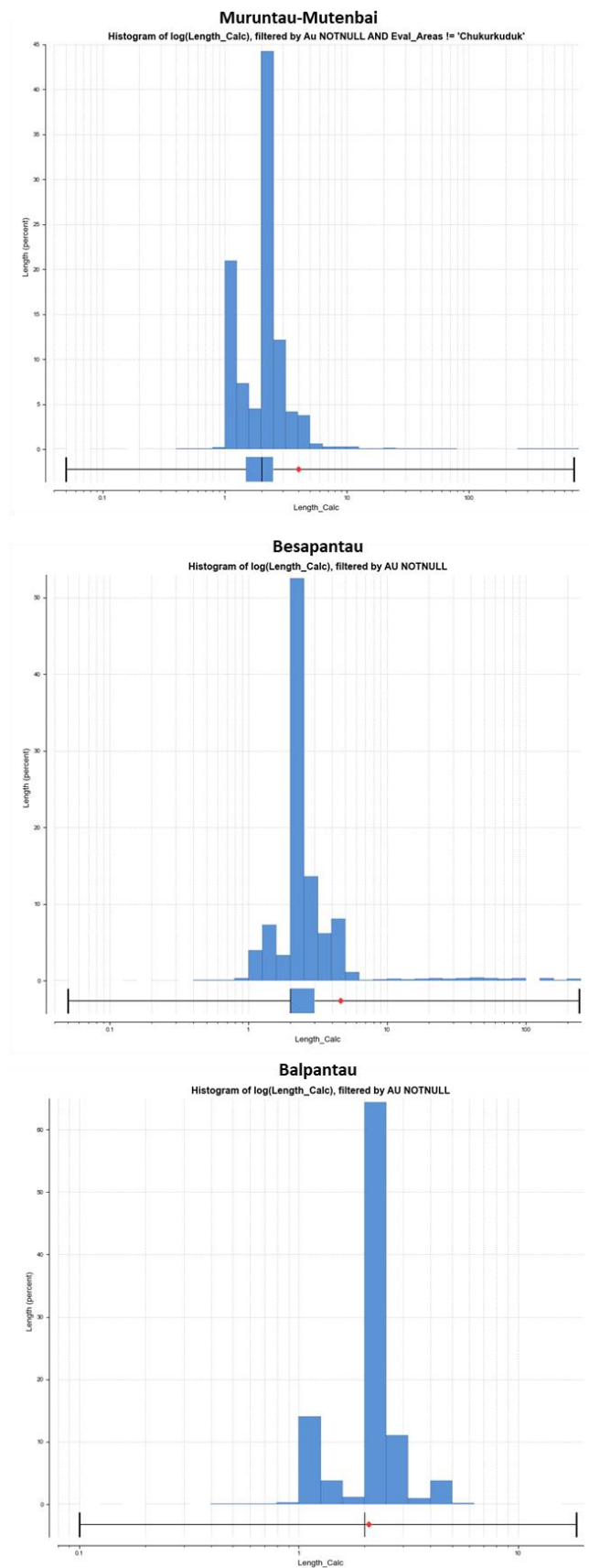


Рис. 3.32: Гистограммы распределения длин проб по месторождениям

3.7.8 Урезка ураганных проб

Перед вариографией и интерполяцией содержаний были выделены ураганные содержания и выполнена их урезка. Ураганные содержания являются непредставительными в отношении общей популяции содержаний, поэтому для снижения их искажающего влияния при интерполяции содержаний необходимо их ограничение. Заказчиком был выполнен анализ на выявления ураганных значений отдельно по каждому домену путем построения гистограмм распределения композитов, кумулятивных графиков вероятностного распределения и статистического анализа на основе коэффициента вариации (КВ). По результатам выполненного анализа урезка ураганов была выполнена двумя методами

1. Прямая урезка, при которой все значения композитов, превышающие пороговое значение, сокращаются до порогового значения. Пороговые значения для ограничения ураганных содержаний и влияние их ограничения представлены в Таб. 3.29 ниже.
2. Урезка с учетом расстояния, при которой значения композитов, расположенные за пределами указанного расстояния и превышающие пороговое значение, сокращаются до этого порогового значения (Таб. 3.30).

По мнению WAI, данная совмещенная методика является целесообразным подходом, позволяющим ограничить искажающую экстраполяцию содержаний, сохраняя при этом локальную точность.

Таб. 3.29: Статистические параметры и эффект прямой урезки ураганов по месторождениям и доменам										
Месторождение	Домен	Кол-во комп.	Кол-во урезанных	% урезанных	До урезки			После урезки		
					Макс.	Сред.	КВ	Макс.	Сред.	КВ
Мурунтау	0.3	69470	4239	6.1	64	0.43	1.44	1	0.4	0.66
	0.5	113862	1367	1.2	100	0.85	1.32	West 6, East 4	0.82	0.9
	1	131526	3393		1381	2.42	2.1	10	2.2	0.92
Мютенбай	0.3	25378	1392	2.6	17	0.39	1.25	1	0.36	0.72
	0.5	36914	2001	5.5	84	1.06	1.78	5	0.98	0.98
	1	17525	527	5.4	150	2.36	1.6	10	2.12	1.0
Бесапантау	0.3 (малый)	2029	55	3.0	22	0.58	1.5	2	0.53	0.73
	0.3 (крупный)	7603	153	2.7	37	0.5	1.5	3	0.46	0.73
	0.5 (малый)	2857	37	2.0	40	1.37	1.5	5-11	1.31	1.13
	0.5 (крупный)	9366	84	1.3	174	1.44	12	11	1.32	1.13
Балпантау	0.3	2907	18	0.9	12	0.41	0.88	2	0.40	0.7
	0.5	6667	128	0.6	51	1.25	1.52	8	1.16	0.92

Таб. 3.30: Параметры урезки ураганов с учетом расстояния по месторождениям и доменам

Месторождение	Домен	Пороговое значение расстояния	Ограничение в зависимости от расстояния
Мурунтау	0.3	30	0.5
	0.5	30	2
	1	30	6
Мютенбай	0.3	15	0.5
	0.5	15	2
	1	15	6
Бесапантау	0.3	15	1
	0.5	15	6
Valpantau	0.3	15	1
	0.5	15	4

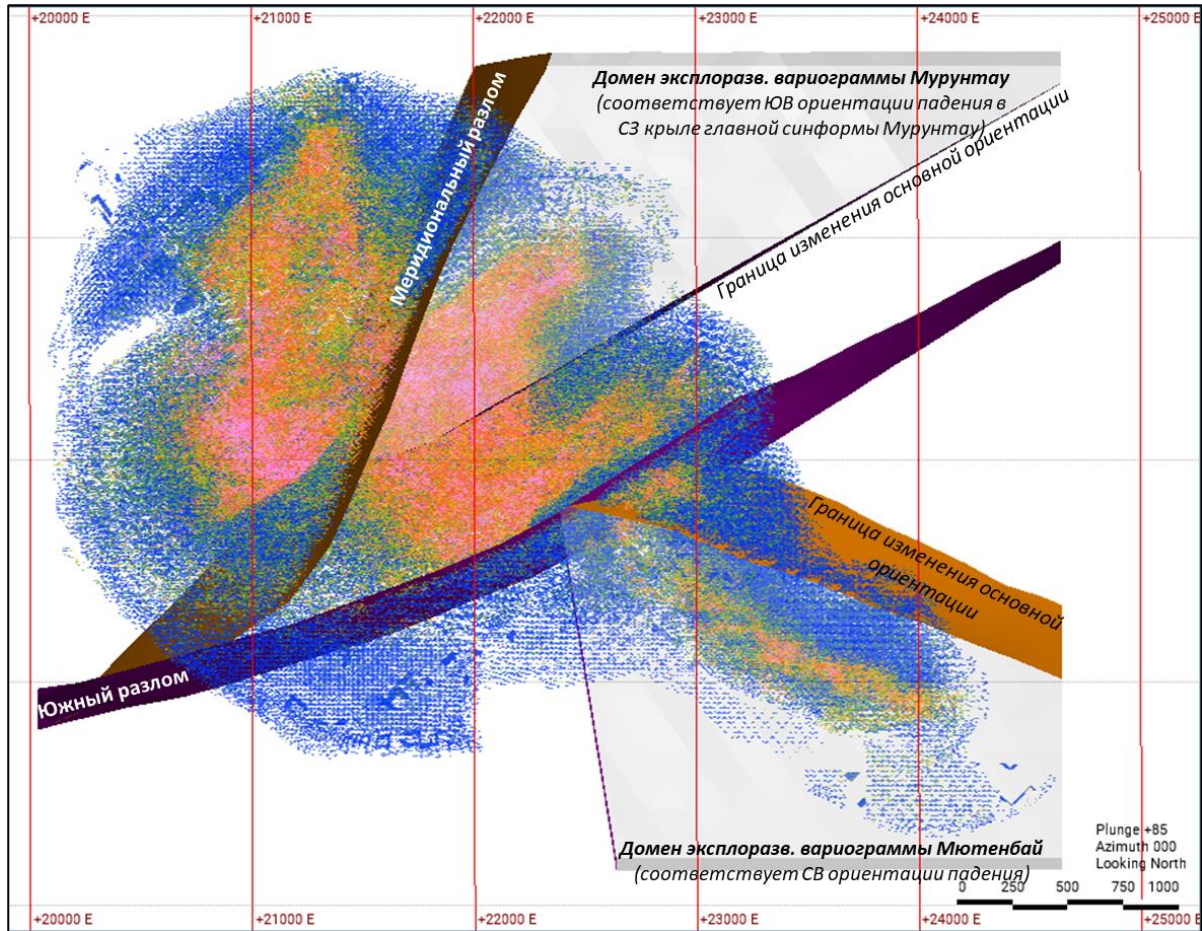
Специалистами WAI была выполнена независимая проверка параметров урезки ураганов путем построения гистограммы, дезинтеграционного и статистического анализа композитов. Выполненная проверка показала, что пороговые значения ограничения ураганов, принятые Заказчиком, являются относительно строгими, но приемлемыми.

Параметры ограничения ураганных содержаний должны регулярно пересматриваться и оптимизироваться на основе сравнения с эксплоразведочной моделью и фактическими данными добычи.

3.7.9 Вариографический анализ

Анализ непрерывности и вариографическое моделирование проводились на композитах после урезки ураганов. Анализ непрерывности проводился перед вариографическим анализом для определения длин главной, средней и малой осей эллипсоида непрерывности на основе пространственной корреляции между парами проб. Направленные вариограммы были созданы в ориентациях, определенных результатами анализа непрерывности. На основе вариограммы по траектории ствола скважины были получены значения дисперсии за счет эффекта самородка. Модели вариограмм обычно состоят из «самородковой» и двух сферических или экспоненциальных структур.

В рамках аудита минеральных ресурсов специалистами WAI были независимо построены собственные модели вариограмм для месторождений Мурунтау и Мютенбай. Полученные результаты в значительной степени совпали с параметрами вариограмм Заказчика, принятыми для окончательной оценки минеральных ресурсов. Для вариографии месторождений Мурунтау и Мютенбай использовались данные эксплоразведки из-за большого количества пар проб по всему диапазону расстояний лага. Эксплоразведочные пробы были объединены в композиты длиной 5 м, отобраны в пределах каркаса 0,5 г/т и ограничены областями каждого месторождения, где минерализация имеет выдержанную ориентацию (Рис. 3.33).



**Рис. 3.33: Области месторождений Мурунтау и Мютенбай, которыми были ограничены
эксплоразведочные данные для вариографии**

Примеры анализа непрерывности и построенных вариограмм Мурунтау приведены на Рис. 3.34, Мютенбай - на Рис. 3.35. Более короткие диапазоны, полученные на м. Мютенбай, могут объясняться сильно складчатым характером этой части месторождения. В широком масштабе Мютенбай образует выдержанный «пласт» минерализации, однако эксплоразведочное бурение вскрывает многочисленные внутренние изоклиналильные складки меньшего масштаба, которые контролируют локальное распределение содержаний.

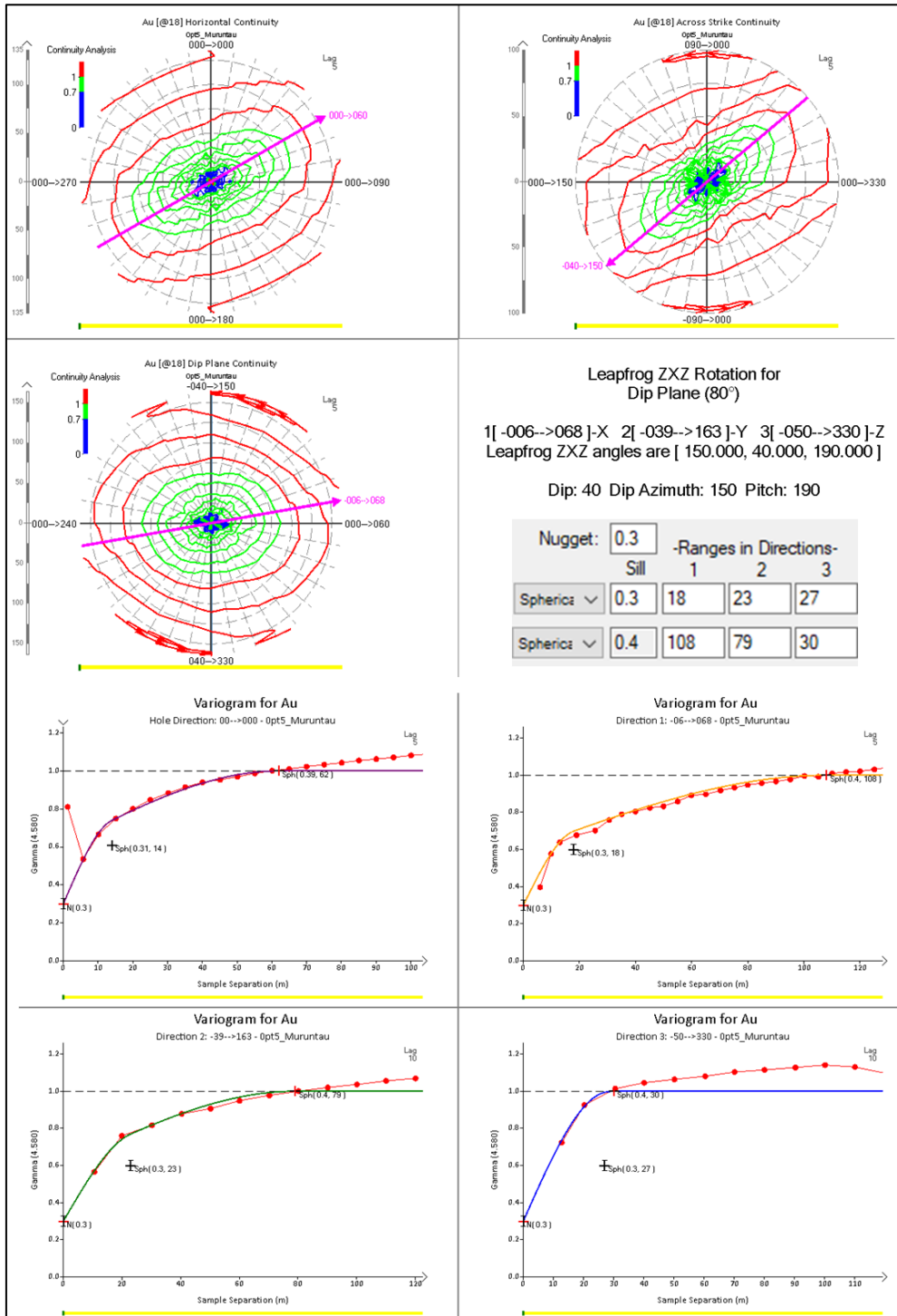


Рис. 3.34: Анализ непрерывности и моделирование вариограмм по м. Мурунтау

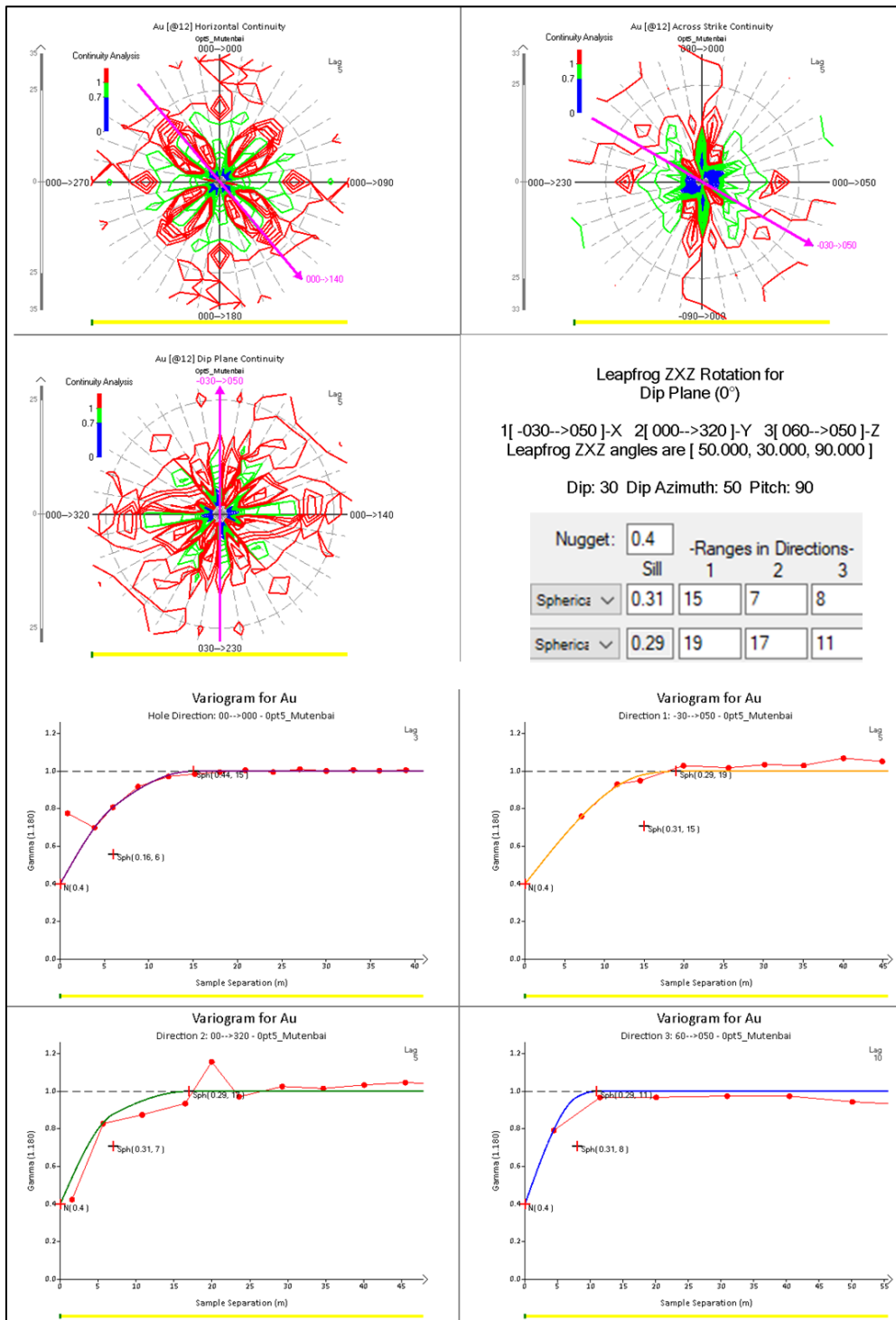


Рис. 3.35: Анализ непрерывности и моделирование вариограмм по м. Мутенбай

Ограничение моделирования вариограммы областями выдержанной ориентации позволит снизить влияние скважин, не входящих в данную область, и других помех, нарушающих геологическую выдержанность. WAI рекомендует в дальнейшем применять этот подход на всех месторождениях, чтобы разработать уникальную модель вариограммы для каждого рудного каркаса в пределах заданной «структурной зоны». Рекомендуются следующие критерии для выделения «структурных зон»:

1. Выдержанная ориентация выдержанного оруденения;
2. Выдержанные геологические характеристики, например, на м. Мютенбай можно отделить область выше по падению (высокая степень внутренней изоклинальной складчатости) от области вниз по падению (где наблюдается менее интенсивная складчатость);
3. Разбивка на блоки по разломам.

Эта методика должна повысить качество вариограмм и их локальную представительность в отношении непрерывности оруденения. Текущий подход к вариографии предполагает использование одной вариограммы для всего месторождения, как указано в Таб. 3.31.

Таб. 3.31: Параметры модели вариограммы Мурунтауского кластера (нормализованные пороги)

Месторождение/домен	Поворот (град) (падение/азимут падения/погружение)	Эффект самородка	Структура 1				Структура 2			
			Порог	Расстояние по оси (м)			Порог	Расстояние по оси (м)		
				Главная	Средняя	Малая		Главная	Средняя	Малая
Мурунтау	40 / 150 / 190	0.3	0.3	18	23	27	0.4	108	79	30
Мютенбай	30 / 50 / 90	0.4	0.31	15	7	8	0.29	19	17	11
Бесапантау	54 / 10 / 111	0.15	0.48	29.96	41.85	4.66	0.36	71.31	56.86	7.034
Балпантау	35 / 280 / 115	0.38	0.57	9.726	6.32	6.9	0.22	21.36	19.03	20.37

3.7.10 Блочное моделирование

Блочные модели рудных зон были построены в «Leapfrog Edge» путем вписывания в каркасные модели, чтобы границы доменов блочных моделей определялись границами рудных каркасов. Верхняя граница каждой блочной модели определялась топографической поверхностью. Для блочной модели Мурунтау-Мютенбай была принята элементарная ячейка размером 30 x 30 x 15 м, для Бесапантау и Балпантау принятый размер элементарной ячейки составил 20 x 20 x 5 м. Для более полного заполнения каркаса домена на границах доменов допускалась разбивка на субблоки. Поворот модели не применялся. Параметры итоговой блочной модели приведены в Таб. 3.32 ниже.

Таб. 3.32: Параметры блочных моделей месторождений Мурунтауского кластера

Месторождение	Параметр	X (м)	Y (м)	Z (м)
Мурунтау Мютенбай	Размер материнского блока	30	30	15
	Количество субблоков	3	3	3
	Минимальный размер субблока	10	10	5
	Исходная точка	78600	19200	675
Бесапантау	Размер материнского блока	20	20	5
	Количество субблоков	8	8	2
	Минимальный размер субблока	2.5	2.5	2.5
	Исходная точка	6250.801	4510.299	820
Балпантау	Размер материнского блока	20	20	5
	Количество субблоков	4	4	5

	Минимальный размер субблока	5	5	1
	Исходная точка	41070	21370	410

3.7.11 Сухой объемный вес

Имеющиеся данные объемного веса месторождений Мурунтауского кластера ограничены. Для Бесапантау и Балпантау были предоставлены данные измерения керна и бороздовых проб. Специалисты WAI сравнили сводную статистику этих данных со значениями объемного веса, принятыми в блочной модели каждого месторождения (Таб. 3.33). Был сделан вывод, что принятые в блочной модели значения объемного веса являются консервативными, но целесообразными, учитывая ограниченный объем исходных данных.

Месторождение	Усредненные значения измерений объемного веса					Принято в блочной модели	
	Количество	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Тип руд	Объемный вес руд в сухом состоянии (г/см ³)
Мурунтау	Данные не предоставлены					Все	2.6
Мютенбай	Данные не предоставлены					Все	2.6
Бесапантау	327	2,72	2,71	2,59	2,88	Окисленные	2.6
						Первичные	2,69
Балпантау	254	2,79	2,79	2,66	2,98	Все	2.6

WAI рекомендует НГМК на регулярной основе производить измерения сухого объемного веса для обеспечения полного пространственного охвата всех месторождений. При измерениях должны учитываться зоны окисления, литологических разностей и минерализации. При выявлении существенных различий в значениях объемного веса в блочной модели должны задаваться соответствующие отдельные значения.

3.7.12 Интерполяция содержаний

Интерполяция содержаний золота в блоки производилась отдельно в каждом домене. Границы доменов были приняты в качестве жестких границ, поэтому композиты из соседнего домена не могли оказывать влияния при интерполяции другого домена. Интерполяция для всех месторождений производилась методом ординарного кригинга («ОК»).

Интерполяция содержаний производилась по трехпрогонной схеме, которая предусматривает последовательное увеличение радиуса поиска при втором и третьем прогонах, что позволяет охватить интерполяцией блоки, не охваченные на предыдущем прогоне. Радиусы поиска принимались на основе данных вариографии и плотности сети данных. Для согласования общей ориентации поиска с локальной ориентацией домена применялась динамическая анизотропия.

Ориентация динамического эллипсоида определялась теми же структурными трендами, которые использовались при построении каркасов доменов.

На м. Мурунтау и Мютенбай в качестве минимального количества скважин для первого прогона было задано две скважины. При последующих прогонах минимальные требования к количеству проб и скважин были снижены.

Параметры интерполяции для месторождений Мурунтауского кластера представлены в Таб. 3.34.

Таб. 3.34: Параметры интерполяции содержаний Мурунтауского кластера									
Месторождение	Метод	Домен	Прогон	Радиусы эллипсоида (м)			Кол-во проб		
				Макс.	Сред.	Мин.	Мин.	Макс.	Макс. на скв.
Мурунтау	ОК	Все	1	120	120	20	15	40	14
			2	240	240	30	10	20	9
			3	500	500	40	4	15	
Мютенбай	ОК	Все	1	110	110	15	15	40	14
			2	220	220	30	10	20	9
			3	500	500	40	4	15	
Бесапантау	ОК	Все	1	85	85	20	10	25	
			2	160	160	25	8	15	
			3	200	200	25	2	5	
Балпантау	ОК	Все	1	70	60	25	15	35	
			2	140	120	30	10	25	
			3	240	200	25	2	10	

Специалистами WAI было выявлено незначительное количество непроинтерполированных блоков на флангах месторождения Балпантау. Для этих блоков перед оптимизацией и формированием результатов подсчета ресурсов было задано нулевое содержание золота.

По мнению WAI, примененная методика интерполяции является целесообразной. В будущем рекомендуется уточнять параметры интерполяции путем приведения показателей анизотропии поиска в соответствие с геометрической анизотропией, выявленной в модели вариограммы, с помощью «Кригингового анализа соседства» (KNA) для оптимизации минимального и максимального количества проб и определения уникальных параметров поиска для каждого интерполяционного домена.

3.7.13 Контрольная проверка блочной модели

3.7.13.1 Введение

Контрольная проверка модели производилась путем визуального сравнения содержаний исходных композитов и интерполированных содержаний в блочных моделях, статистического сравнения усредненных содержаний и графическим методом «полос». В глобальном масштабе

в блочных моделях не было обнаружено никаких признаков значительного завышения или занижения содержаний, а также не было выявлено каких-либо очевидных проблем с интерполяцией. С точки зрения соответствия проинтерполированных содержаний модели исходным содержаниям, по мнению WAI, что интерполированные содержания объективно отражают содержания исходных композитных проб.

3.7.13.2 Визуальное сравнение

Визуальная проверка проводилась путем сравнения композитных проб вдоль скважин с интерполированными содержаниями на поперечных, продольных разрезах и на планах горизонтов. Проведенная проверка показала близкое совпадение между исходными композитами и проинтерполированными содержаниями. Жесткие границы позволили предотвратить влияние проб из соседних доменов при интерполяции, а урезка ураганов в зависимости от расстояния свело к минимуму искажающую экстраполяцию содержаний в областях с редкой разведочной сетью. Примеры разрезов, по которым проводилась визуальная контрольная проверка, представлены ниже на Рис. 3.36 (Мурунтау), Рис. 3.37 (Мютенбай), Рис. 3.38 (Бесапантау) и Рис. 3.39 (Балпантау).

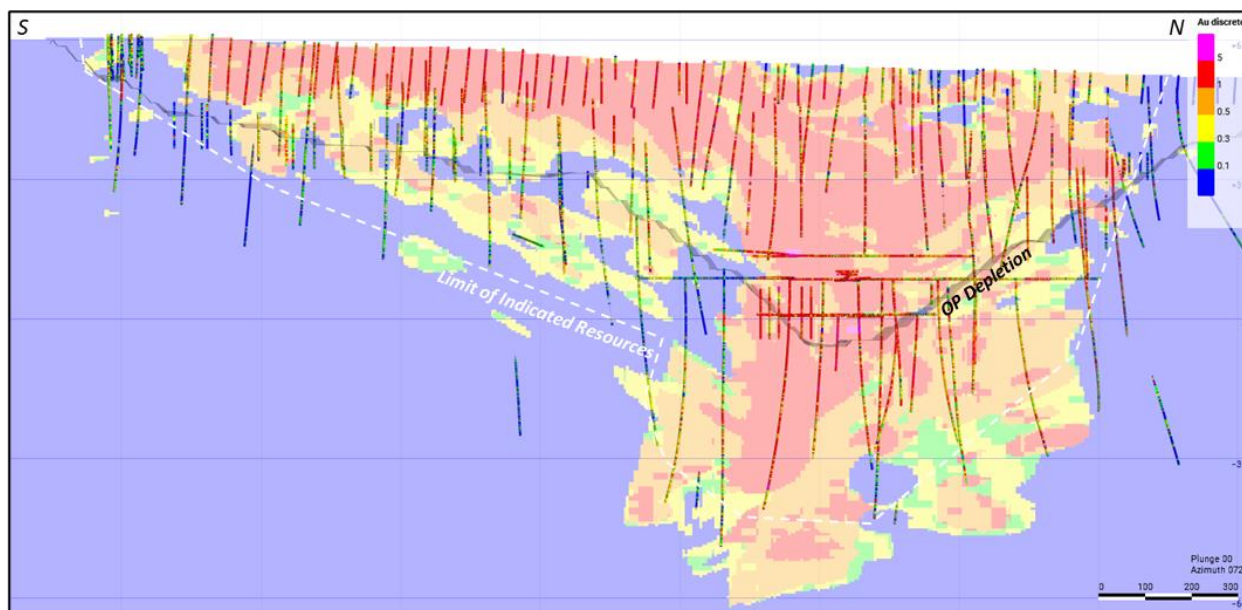


Рис. 3.36: Поперечный разрез м. Мурунтау для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели

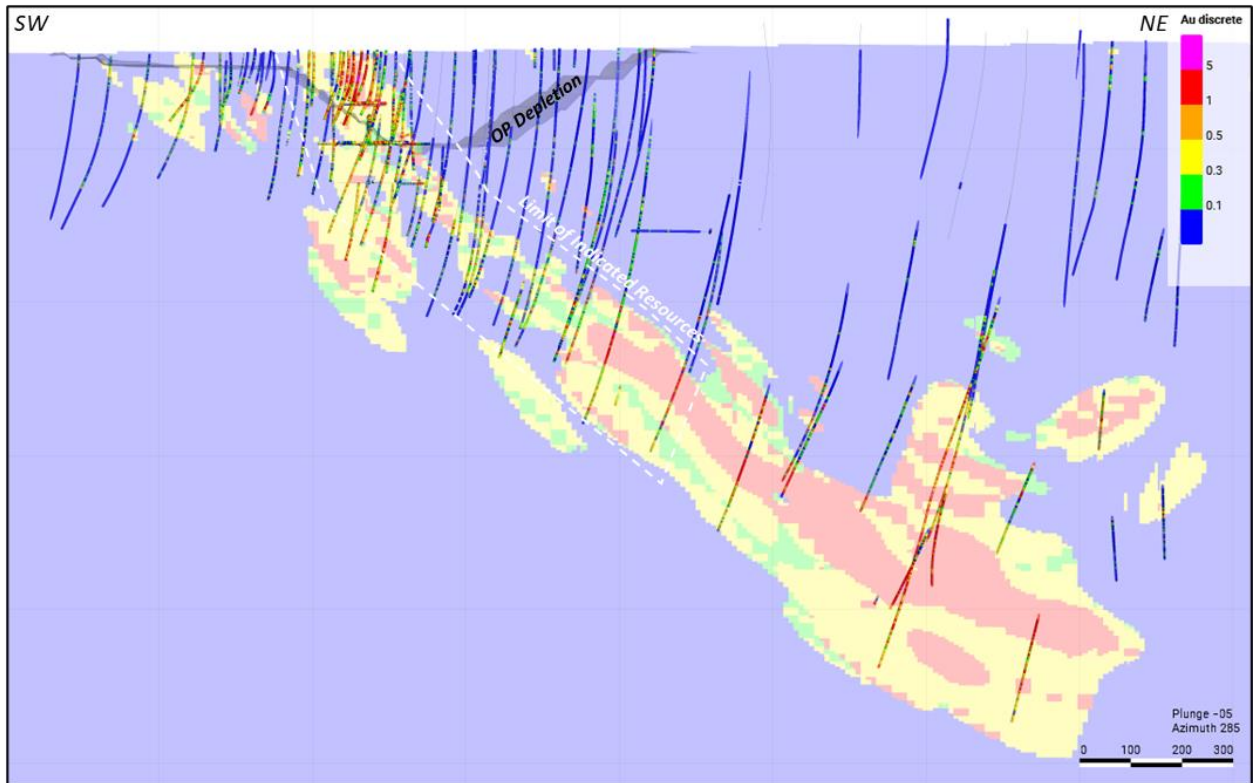


Рис. 3.37: Поперечный разрез м. Мютенбай для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели

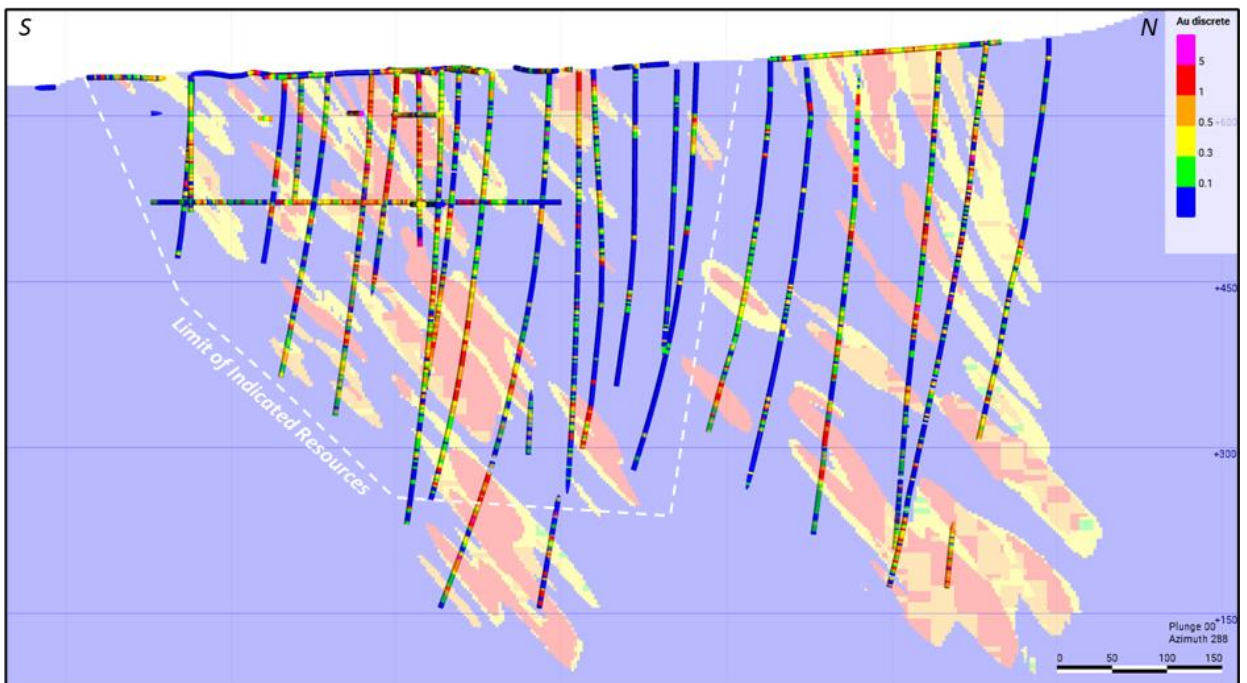


Рис. 3.38: Поперечный разрез м. Бесапантау для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели

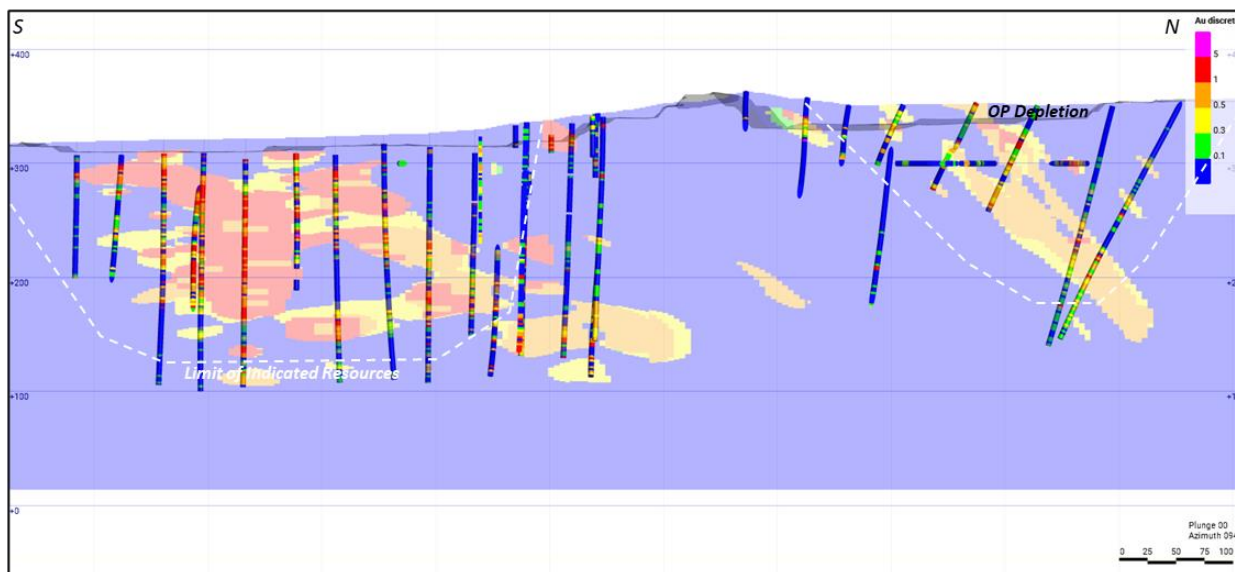


Рис. 3.39: Поперечный разрез м. Балпантау для сравнения исходных композитов вдоль скважин и интерполированных содержаний в блочной модели

3.7.13.3 Статистическое сравнение

Заказчиком была выполнена контрольная проверка интерполированных содержаний блочной модели на предмет глобальной погрешности путем сопоставления средних исходных содержаний композитов со средними значениями интерполированных содержаний в модели. По итогам проведенной проверки каких-либо признаков глобальной погрешности не обнаружено. Результаты статистической проверки по каждому месторождению показаны ниже в Таб. 3.35. В будущем WAI рекомендует для статистического сравнения также использовать декластеризованные средние содержания.

Таб. 3.35: Сравнение средних значений исходных и интерполированных содержаний по				
Месторождение	Домен (г/т)	Среднее значение исходных композитов	Среднее значение интерполированных содержаний	Расхождение в процентах
Мурунтау	1	2.1	2.13	1.4%
	0.5	0.84	0.87	3.6%
	0.3	0.39	0.39	0.0%
Мютенбай	1	1.78	1.72	-3.4%
	0.5	1	0.96	-4.0%
	0.3	0.36	0.36	0.0%
Бесапантау	0.5	1.31	1.34	2.3%
	0.3	0.44	0.41	-6.8%
Балпантау	0.5	1.15	1.13	-1.7%
	0.3	0.43	0.42	-2.3%

3.7.13.4 Графический анализ методом «полос»

Специалистами WAI были построены графики, позволяющие выполнить пространственное сравнение средних интерполированных содержаний блочной модели со средними содержаниями исходных композитов (примеры построенных графиков показаны на Рис. 3.40 по Рис. 3.42). Кривая среднего значения интерполированных содержаний модели должна иметь более плавные очертания, чем кривая среднего значения содержаний исходных композитов. Наблюдаемые кривые на графиках соответствуют ожидаемым и не указывают на наличие каких-либо существенных погрешностей.

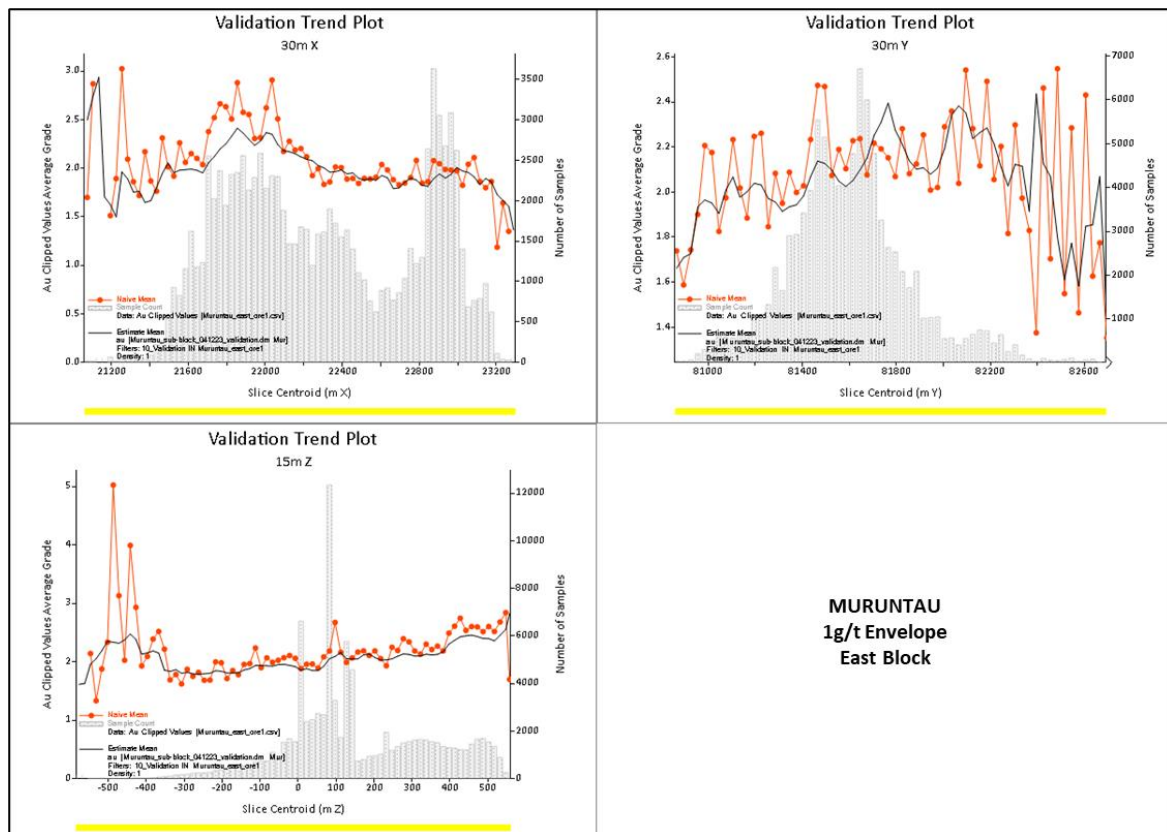


Рис. 3.40: Пример графика контрольной проверки содержаний методом «полос» для Мурунтау (черным показана кривая значений проинтерполированных содержаний методом ординарного кригинга, красным – кривая исходных содержаний композитов)



Рис. 3.41: Пример графика контрольной проверки содержаний методом «полос» для Бесапантау (черным показана кривая значений проинтерполированных содержаний методом ординарного кригинга, красным – кривая исходных содержаний композитов)

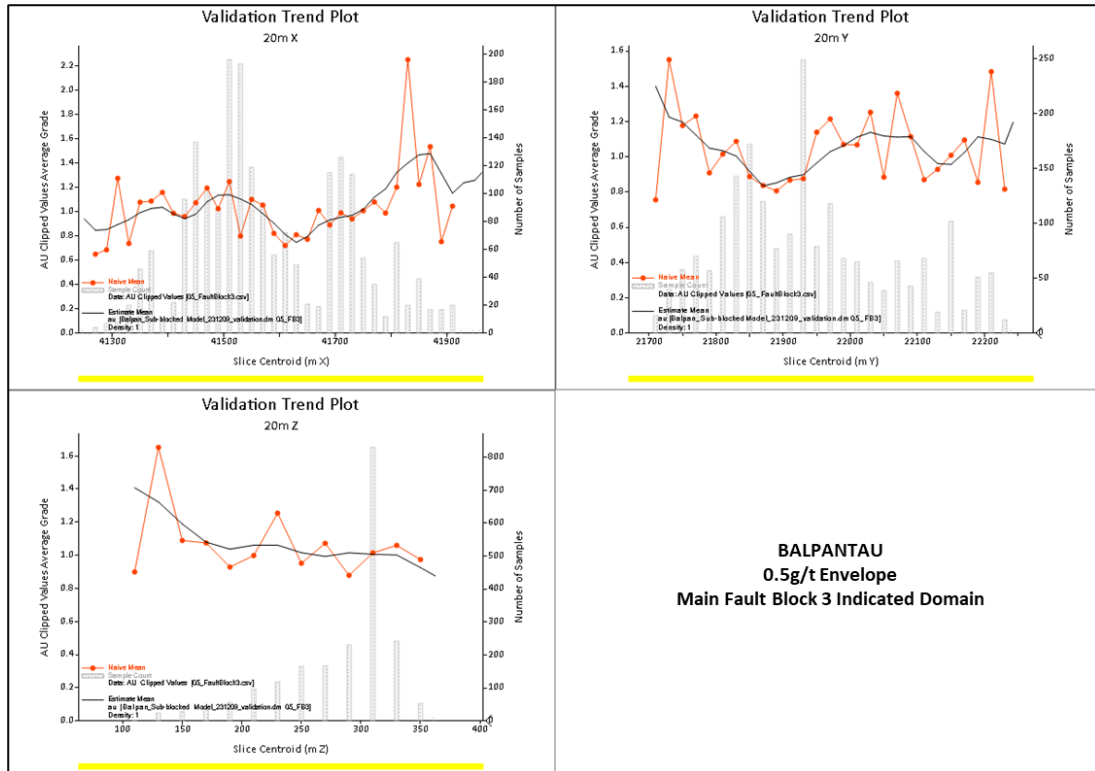


Рис. 3.42: Пример графика контрольной проверки содержаний методом «полос» для Балпантау (черным показана кривая значений проинтерполированных содержаний методом ординарного кригинга, красным – кривая исходных содержаний комposites)

3.7.14 Сверка ресурсной и эксплоразведочной модели

3.7.14.1 Введение

При проведении аудита специалистами WAI был выявлен ряд замечаний по части качества данных, связанных с аналитической точностью и прецизионностью (воспроизводимостью), недостаточным охватом и объемом контроля качества опробования и лабораторно-аналитических работ, определением сухого объемного веса и выходом керна/шлама при бурении в период предшественников. Эти проблемы были частично смягчены за счет усовершенствования применяемых методик и получаемых результатов контроля в последние годы, а также заверочных работ и исключения из базы данных скважин, непригодных для моделирования и оценки ресурсов.

Сверка геологической модели с данным эксплоразведки и добычи является ключевым инструментом для оценки общей существенности любых остаточных ошибок в исходных данных и интерполяции содержаний, связанных с принятым методом интерполяции и плотностью сети данных. Эталон, широко используемым в горнодобывающей промышленности для классификации ресурсов и оценки результатов сверки, является «правило 90:15», согласно которому:

- «Измеренные» ресурсы могут иметь отклонение $\pm 15\%$ при доверительном интервале 90% по тоннажу, содержанию и металлу от объема добычи за квартал;
- «Выявленные» ресурсы могут иметь отклонение $\pm 15\%$ при доверительном интервале 90% по тоннажу, содержанию и металлу от объема добычи за год;
- «Предполагаемые» ресурсы превышают допустимые критерии для «выявленных» ресурсов.

3.7.14.2 Мурунтау и Мютенбай

Заказчиком была произведена сверка ресурсной и эксплоразведочной модели с учетом фактического годового объема добычи на месторождениях Мурунтау и Мютенбай (Таб. 3.36). Отклонение по тоннажу, содержанию и металлу по большей части существенно ниже установленного допустимого предела расхождения $\pm 15\%$. По мнению WAI, при исключительно больших годовых объемах добычи на обоих месторождениях погрешность ресурсной модели находится в допустимых пределах для категории «выявленные».

Специалистами WAI была проведена собственная независимая проверка результатов сверки Заказчика путем переблокировки ресурсной и эксплоразведочной моделей м. Мурунтау-Мютенбай для выделения приблизительного годового объема добычи. График рассеяния, построенный для сравнения металла в руде выше борта 0,5 г/т в пределах данной панели, также показывает, что отклонение ресурсной модели от эксплоразведочной модели преимущественно ниже $\pm 15\%$ (Рис. 3.43).

WAI принимает во внимание, что на эксплоразведочную модель также в некоторой степени влияют проблемы качества данных, и надежность результатов сверки зависит от того, что они в значительной степени компенсируются большей детальностью («разрешением») эксплоразведочной сети. WAI рекомендует разработать и внедрить более полную систему сверки данных, охватывающую весь производственный цикл (типовая схема показана на Рис. 3.44), где основное внимание при отборе проб уделялось бы сопоставлению моделей с показателями обогатительного производства. Помимо сверки в пределах годовых объемов добычи, также должна производиться сверка по квартальным и месячным объемам производства.

Участок	Период	Ресурсная модель			Эксплоразв. модель			Расхождение, %		
		Тоннаж млн. т	Содерж. г/т	Металл млн.унц	Тоннаж млн. т	Содерж. г/т	Металл млн.унц	Тоннаж %	Содерж. %	Металл %
Мурунтау	2008-2014	252.65	1.42	11.52	239.79	1.44	11.10	-5%	1%	-4%
	2015	78.69	1.42	3.59	79.2	1.43	3.63	1%	1%	1%
	2017	23.7	1.44	1.10	22.58	1.54	1.12	-5%	7%	2%
	2018	20.29	1.36	0.89	18	1.31	0.76	-11%	-3%	-14%
	2019	25.09	1.46	1.18	27.16	1.39	1.22	8%	-5%	3%
	2020	33.37	1.33	1.43	37.45	1.23	1.48	12%	-8%	3%
	2021	50.41	1.59	2.57	47.56	1.54	2.36	-6%	-3%	-8%
	2022	48.41	1.24	1.93	44.02	1.23	1.75	-9%	0%	-9%
	Итого	532.6	1.42	24.20	515.76	1.41	23.41	-3%	-1%	-3%
Мютенбай	2008-2014	45.02	1.26	1.82	49.35	1.27	2.01	10%	1%	11%
	2015	19.71	1.16	0.74	28.57	1.12	1.03	45%	-4%	39%
	2017	14.57	1.27	0.59	15.82	1.25	0.63	9%	-2%	7%
	2018	21.85	1.38	0.97	23.43	1.25	0.94	7%	-9%	-3%
	2019	24.66	1.49	1.18	27.09	1.31	1.14	10%	-12%	-3%
	2020	21.44	1.35	0.93	20.03	1.34	0.86	-7%	-1%	-7%
	2021	3.94	1.39	0.18	2.74	1.33	0.12	-30%	-5%	-34%
	Итого	151.24	1.32	6.40	167.03	1.25	6.73	10%	-5%	5%

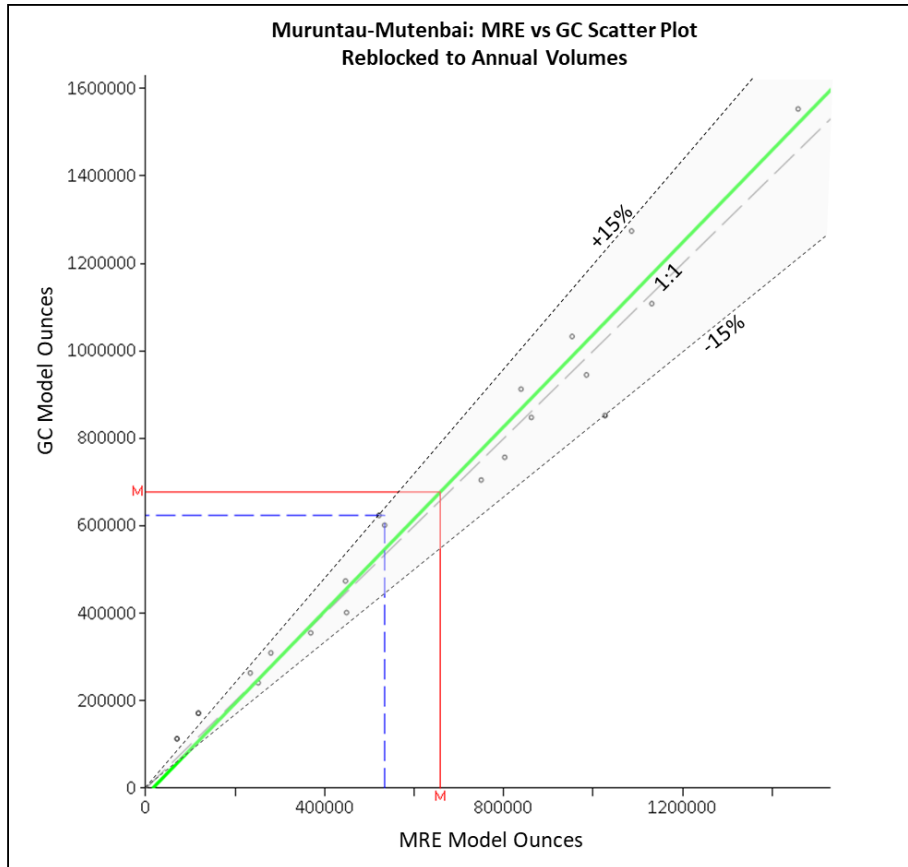


Рис. 3.43: График рассеяния для сопоставления металла в руде выше борта 0,5 г/т в ресурсной и эксплоразведочной модели при переблокировке до приблизительно годового объема добычи

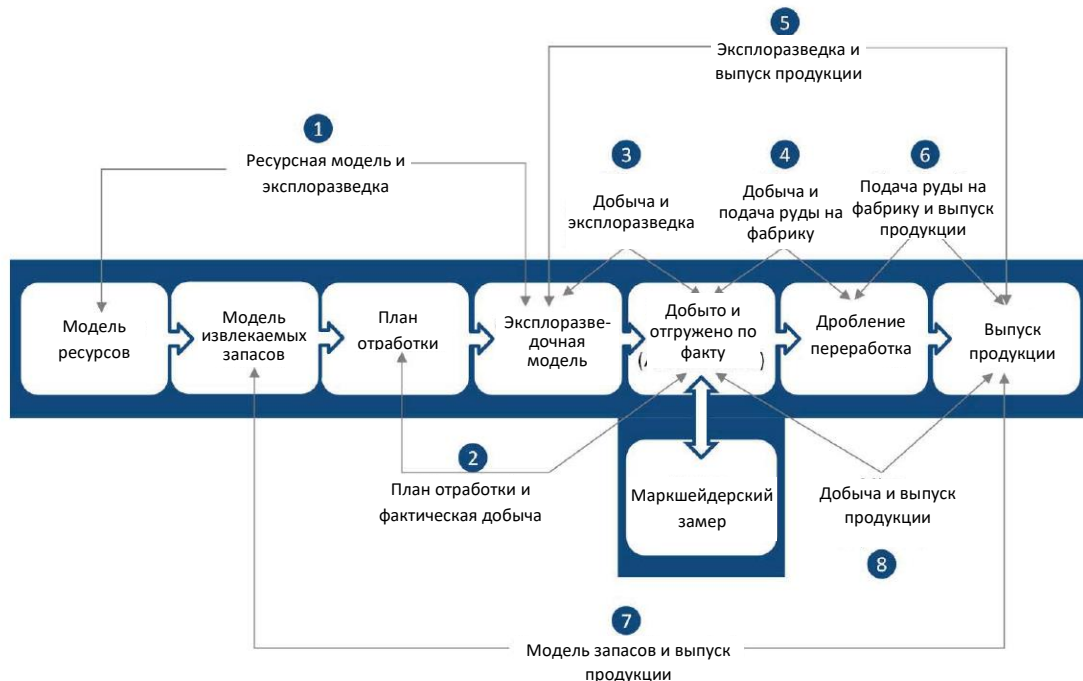


Рис. 3.44: Пример типовой схемы сверки, предусматривающей ряд сопоставлений по всему производственному циклу (Hargreaves & Morley, 2014)

3.7.14.3 Балпантау

Добыча открытым способом на месторождении Балпантау началась в 2023 году. Первоначальные показатели сверки показывают приемлемое расхождение между ресурсной и эксплоразведочной моделью в течение первого года добычи (Таб. 3.37).

Таб. 3.37: Сверка ресурсной и эксплоразведочной моделей м. Балпантау										
Участок	Период	Ресурсная модель			Эксплоразв. модель			Расхождение, %		
		Тоннаж млн. т	Содерж. г/т	Металл млн.унц	Тоннаж млн. т	Содерж. г/т	Металл млн.унц	Тоннаж %	Содерж. %	Металл %
Балпантау	2023	2.16	1.05	72.9	2.41	0.97	75.4	11%	-7%	3%

Специалистами WAI было выполнено визуальное сравнение ресурсной и эксплоразведочной моделей Балпантау при бортовом содержании 0,5 г/т, принятом НГМК (Рис. 3.45). Некоторые основные направления и рудные зоны воспроизводятся в обеих моделях, однако блоки выше бортового содержания в эксплоразведочной модели более обширны. Есть возможность улучшить локальное пространственное соответствие, и его следует регулярно пересматривать для оптимизации оконтуривания рудных доменов.

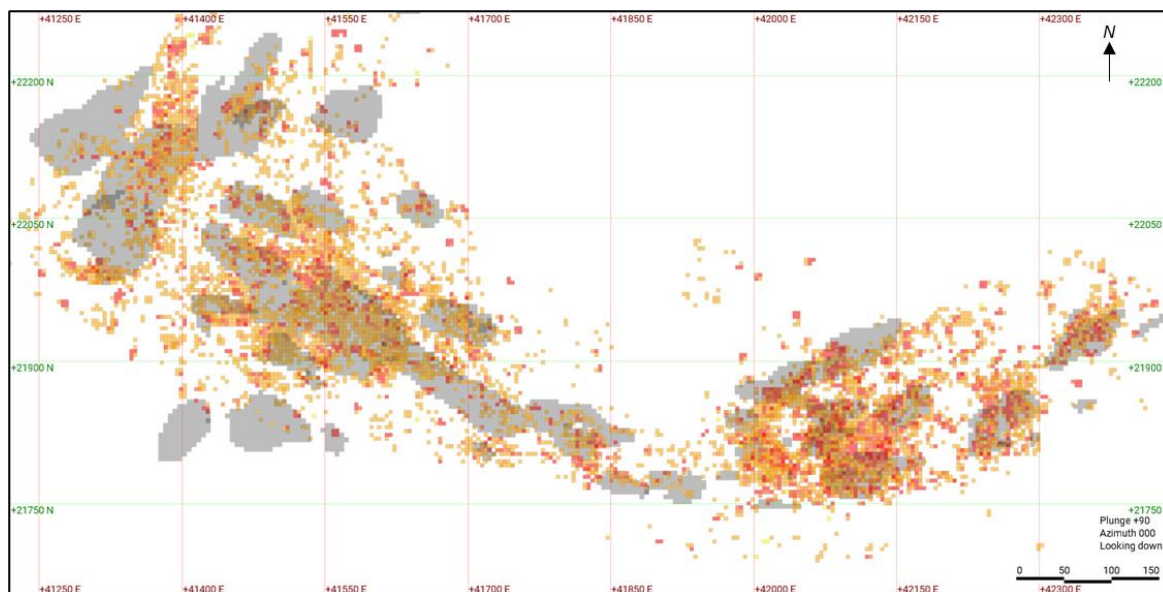


Рис. 3.45: Визуальное сравнение ресурсной (серый) и эксплоразведочной (красный и оранжевый) моделей Балпантау по борту 0.5г/т, вид в плане

3.7.15 Классификация минеральных ресурсов

Классификация была присвоена ресурсам в блочных моделях исходя из совокупности критериев - плотности разведочной сети, номера прогона интерполяции и объема каркаса. Критерии, принятые для классификации каждого из месторождений Мурунтауского кластера, представлены Таб. 3.38 ниже. На основе результатов аудита минеральных ресурсов, специалисты WAI сделали заключение о том, при принятый подход к классификации учитывает

степень надежности данных бурения, геологической интерпретации, геологической непрерывности, плотности сети и пространственной ориентации геологоразведочных выработок, пространственную непрерывность оруденения, метод интерполяции и результаты сверки ресурсной модели с эксплоразведочными данными.

Таб. 3.38: Критерии классификации ресурсов месторождений Мурунтауского кластера			
Месторождение	Измеренные	Выявленные	Предполагаемые
Мурунтау	Ресурсы данной категории отсутствуют	<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 100 на 100 м; • Блоки, интерполированные при первом прогоне. 	Проинтерполированные блоки, не соответствующие критериям «выявленных»
Мютенбай		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 80 на 80 м; • Минимальная плотность сети для выявленных ресурсов снижена до $\leq 100 \times 100$ м на фланге вниз по падению, где высокая геологическая и качественная выдержанность оруденения; • Блоки, интерполированные при первом прогоне. 	
Бесапантау		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные при первом прогоне; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. 	
Балпантау		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные за первый прогон; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. 	

Специалистами WAI была выполнена проверка классифицированных блочных моделей с помощью функции расстояний, чтобы убедиться, что категории были присвоены должным образом в соответствии с критериями, перечисленными в Таб. 3.38. Примеры планов горизонтов, по которым проводилась проверка классификации ресурсов каждого

месторождения, представлены на Рис. 3.46 по Рис. 3.49. На планах видно, что блоки, отнесенные к категории «выявленные», в целом соответствуют установленным критериям классификации.

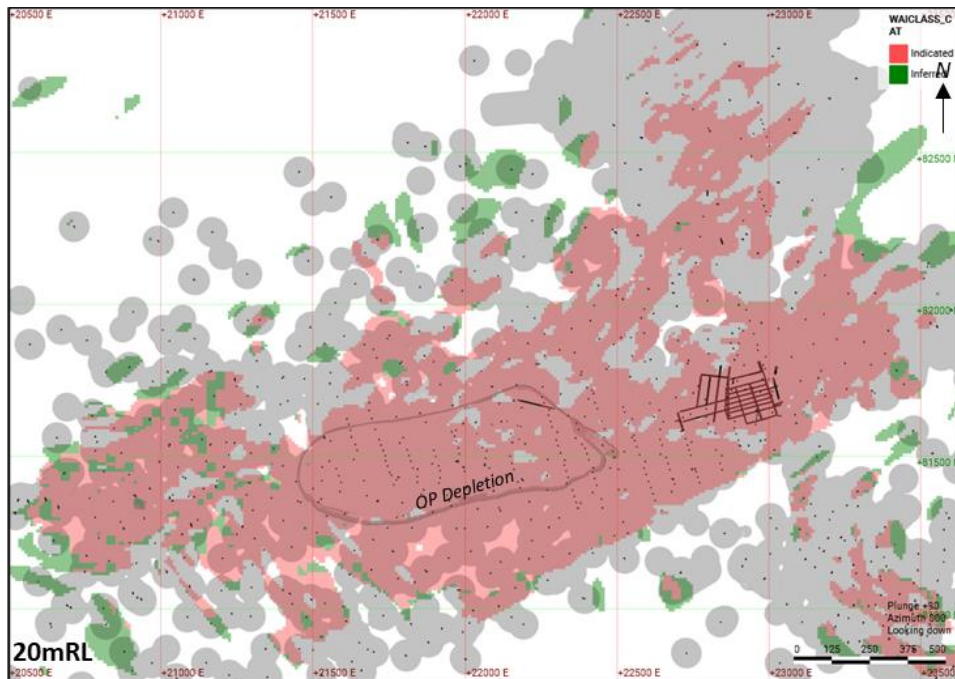


Рис. 3.46: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 50 м для Мурунтау (при плотности сети 100x100 м пробелы отсутствуют)

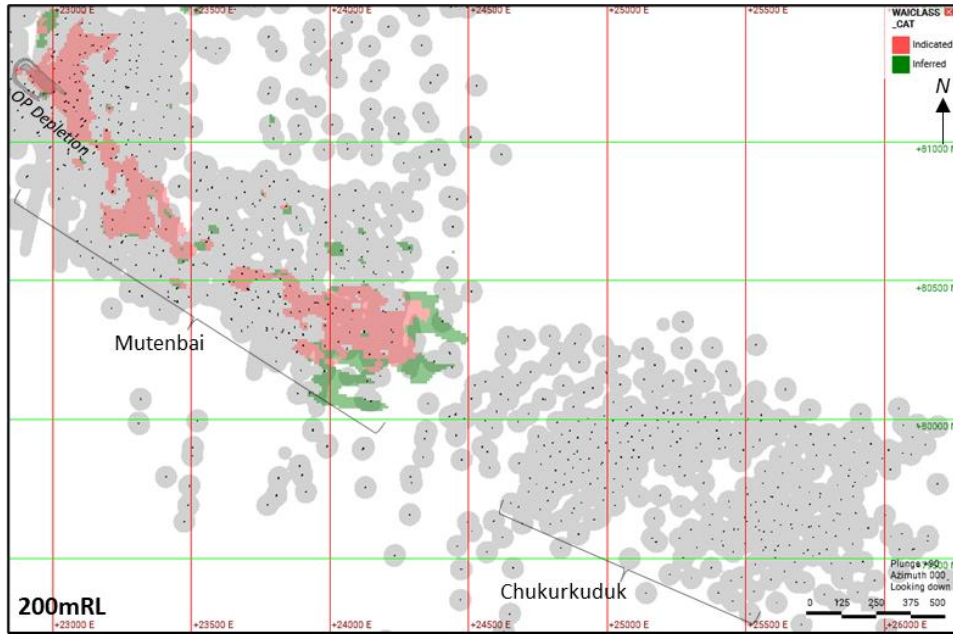


Рис. 3.47: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 40м для м. Мютенбай и Чукуркудук (при плотности сети 80x80 м пробелы отсутствуют)

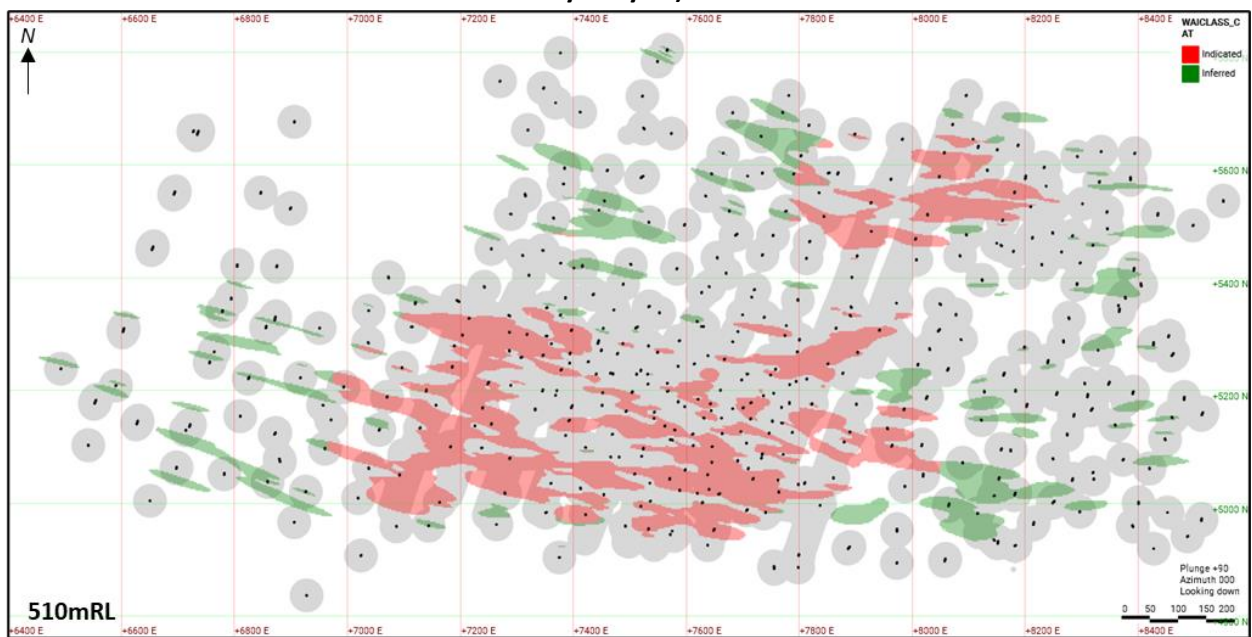


Рис. 3.48: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 30м для м. Бесапантау (при плотности сети 60x60 м пробелы отсутствуют)

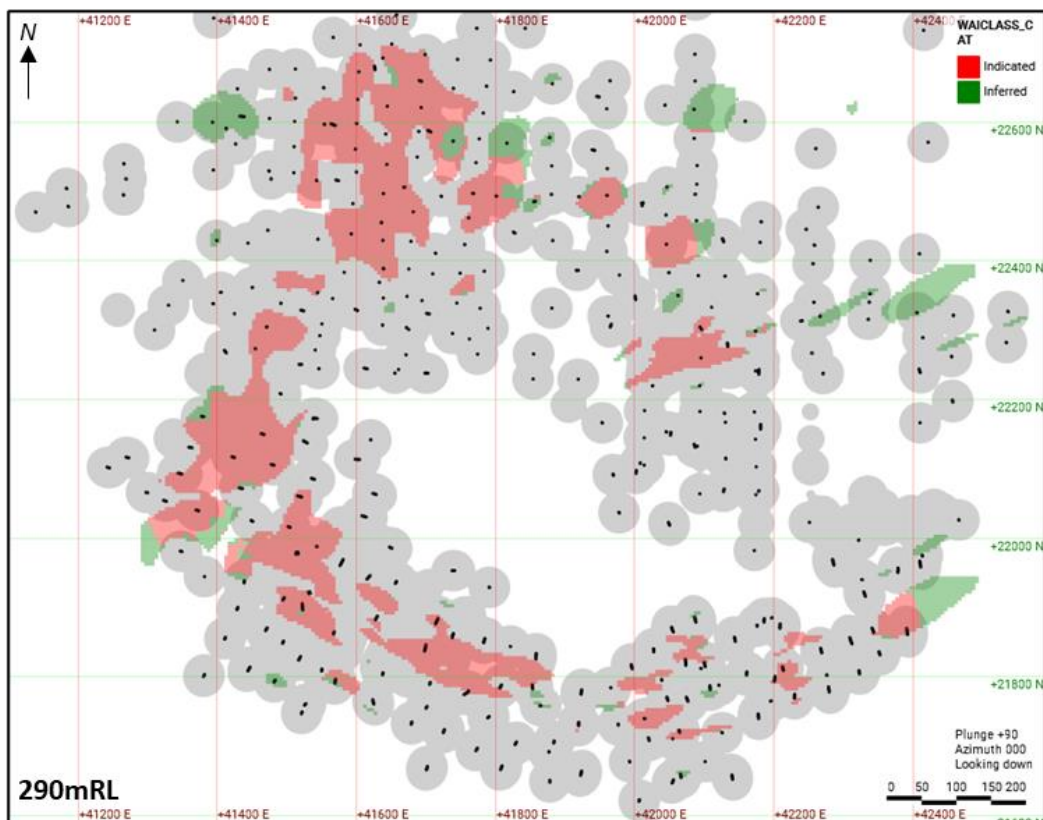


Рис. 3.49: План горизонта для проверки присвоенных категорий с помощью функции расстояния 30м для м. Балпантау (при плотности сети 60х60 м пробелы отсутствуют)

Классификацию Балпантау и Беспантау следует пересматривать по мере развития горных работ и поступления данных для сверки. Категория ресурсов на участках, на которых при сверке будет получено совпадение ниже контрольных показателей 90:15, должна быть понижена до дальнейшего уплотнения сети бурения.

WAI рекомендует провести следующие дальнейшие исследования по классификации ресурсов Мурунтауского кластера:

1. Исследовать влияние и целесообразность осуществления классификации независимо от прогона интерполяции, чтобы избежать эффекта «пятнистой собаки», проявляющегося в некоторых частях месторождений (например, к юго-западу от Мурунтау как показано на Рис. 3.46);
2. Выполнить анализ плотности буровой сети методом симуляции для дальнейшей перепроверки и оптимизации существующих принципов классификации и критериев плотности разведочной сети.

3.7.16 Исключение отработанных пространств из блочной модели

Перед оптимизацией карьера и формированием результатов подсчета ресурсов специалисты WAI исключили из блочной модели Заказчика отработанные пространства на основе предоставленных Заказчиком данных съемки поверхности карьеров Мурунтау (01.01.2024),

Мютенбай (01.01.2024) и Балпантау (27.12.2023). Каркасы подземных отработанных пространств были созданы WAI по принципу экстраполяции объема на расстояние 1,5 м от осей подземного бороздового опробования для приблизительного воспроизведения сечений подземных геологоразведочных выработок. Эти каркасные модели использовались WAI для создания в блочной модели пропорционального поля, учитывающего долю оставшегося в недрах материала внутри каждого блока. WAI рекомендует Заказчику на регулярной основе при обновлении модели производить вычитание отработанных пространств из блочных моделей Мурунтауского кластера.

3.7.17 Рудные склады и породные отвалы

3.7.17.1 Введение

Бедный рудный материал, ранее считавшийся нерентабельным (ниже бортового содержания, принятого при добыче), складировался на карьере Мурунтау. Со временем параметры бедного рудного материала изменялись.

До 2009 года бортовое содержание по карьере составляло 2.0 г/т Au и складированию подлежала руда с содержанием от 0.5 до 2.0 г/т. С 2009 до 2016 гг. бортовое содержание по карьере составляло 1.0 г/т и складированию подлежала руда также с содержанием от 0.5 до 1.0 г/т. Далее, после 2016г., бортовое содержание было снижено до 0.5 г/т и складирование бедных руд в эти первоначальные склады было остановлено.

В последние годы материал, складированный до 2009 года, вовлекался в переработку кучным выщелачиванием, а материал, уложенный в период с 2009 по 2016 год, использовался для шихтования с основным питанием фабрики и был частично переработан. Материал, переработка которого в настоящее время считается экономически выгодной, представлен тремя складами - 7Б, 7В и 7Г («балансовые» склады). На всех трех складах были проводилось геологоразведочное бурение и горные работы. С целью подсчета минеральных ресурсов Заказчиком были построены трехмерные модели для каждого из складов на основе инструментально съемки объемов выемки и данных разведочного бурения.

С 2019 года были сформированы еще четыре склада (с 1 по 4) из материала с содержанием золота в диапазоне от 0,4 до 0,5 г/т («забалансовые» склады). На этих складах геологоразведочного бурения и горных работ не проводилось со времени их образования. Для целей подсчета минеральных ресурсов каждого из этих складов Заказчиком были построены трехмерные модели на основе инструментальной съемки объемов и условно принятых содержаний.

Методика, применявшаяся Заказчиком для оценки минеральных ресурсов рудных складов Мурунтау, описана в разделах ниже.

3.7.17.2 Охват данных и плотность разведочной сети балансовых складов

Склад был сформирован на исходной поверхности коренных пород. Изначально склад 7Б был разведан по сети 25*25 метров. Глубина бурения достигала 30 метров, однако центральная часть склада не пройдена на всю глубину до коренных пород. Склад 7В был разведан по сети 40*40 метров со сгущением до 20*20 метров на отдельных участках. Максимальная глубина бурения составила 40 метров, однако не достигала полной высоты склада на некоторых участках. Склад был сформирован на исходной поверхности коренных пород. Склад 7Г был разведан по сети 40*40 метров (в северной части) со сгущением до 20*20 метров в южной части склада. Максимальная глубина бурения составила 40 метров, однако не достигала полной высоты склада на некоторых участках. На участках, где скважины не достигали основания отвала, моделируемое основание принималось по максимальной глубине бурения.

3.7.17.3 Бурение, отбор и анализ проб материала балансовых складов

Бурение складов системно велось начиная с 2018 года и по настоящее время. Бурение проводилось диаметром 136 мм методом обратной циркуляции установкой Explotac 235 с автоматическим пробоотборником. Шлам крупностью до 1 см, получаемый при бурении, отбирался в пробы весом 4-5 кг. Пробы измельчались до 1 мм и сокращались до 1 кг путем квартования. Из навесок, полученных при квартовании, отбиралось две навески по 500 г, одна отправлялась на гамма-активационный анализ на золото в ЦЛГАА НГМК, а вторая сохранялась в качестве дубликата.

3.7.17.4 Определение объемного веса балансовых складов

Среднее значение объемного веса для подсчета тоннажа ресурсов складированного материала было принято равным 2.05 г/см³. Методика определения объемного веса заключалась в том, что обрабатывается контрольный участок, объемом порядка 500 м³. Объем выемки определяли исходя из начального и конечного положения выемки путем детальной инструментальной схемки. Масса участка определялась путем взвешивания в железнодорожном вагоне, полностью загруженном материалом контрольной выемки с использованием системы взвешивания «weighline». Данные исследования проводились системно несколько раз в год по каждому отвалу в сухую погоду. Получаемые средние значения объемного веса составляли от 1.91 до 2.17 г/см³.

3.7.17.5 Интерполяция содержаний в модель складов

При оконтуривании склады были ограничены исходной дневной поверхностью и максимальной глубиной скважин в качестве нижней границы и текущим состоянием в качестве верхней границы. Пробы скважин были объединены в композиты длиной 2 м с урезкой ураганных значений до 2 г/т с целью уменьшения их искажающего влияния при интерполяции. Блочные

модели были построены в границах каркасов каждого склада с использованием элементарной ячейки размером 10 x 10 x 5 м и разбивкой на подъячейки размером 2 x 2 x 1 м для более точного вписывания в границы каркасов. Интерполяция содержаний золота проводилась методом обратных взвешенных расстояний, при этом использовался эллипс поиска размером 45 x 45 x 2 м, принятое минимальное количество композитов – 2, максимальное - 4.

Блокам, интерполяция содержаний в которые по этим параметрам оказалась невозможной, присваивалось содержание Au 0,51 г/т. Это значение ниже среднего содержания проб во всех трех складах и немного выше бортового содержания 0,50 г/т Au, принятого для определения материала, подлежащего складированию при добыче.

Участки балансовых складов, где интерполяция проводилась при вышеуказанных размерах эллипса поиска 45 x 45 x 2 м, были отнесены к категории «выявленные». Всем остальным участкам балансовых складов присваивалась категория «предполагаемые».

Заверка блочных моделей складов была проведена методом графического и статистического сравнения интерполированных содержаний с исходными композитами. Было принято, что весь материал балансовых складов соответствует требованию наличия «объективных перспектив рентабельной добычи в будущем» с учетом средних интерполированных содержаний по сравнению с бортовым содержанием 0,3 г/т Au, принятым для отработки складов. Таким образом, весь материал в пределах трех балансовых складов был оценен как «минеральные ресурсы».

3.7.17.6 Оценка ресурсов забалансовых складов

На забалансовых складах бурение не проводилось. Содержание забалансовых складов установлено на уровне 0,41 г/т Au. Это немного превышает пороговое значение Au 0,40 г/т, принятого для определения материала, подлежащего складированию при добыче. Всем ресурсам забалансовых складов была присвоена категория «предполагаемые». Было принято, что весь материал забалансовых складов соответствует требованию наличия «объективных перспектив рентабельной добычи в будущем» с учетом средних интерполированных содержаний по сравнению с бортовым содержанием 0,3 г/т Au, принятым для отработки складов. Таким образом, весь материал в пределах трех балансовых складов был оценен как «минеральные ресурсы».

3.7.18 Обоснование наличия объективных перспектив будущей рентабельной добычи подсчитываемых ресурсов

Согласно требованиям Кодекса JORC, при подсчете минеральных ресурсов месторождения, (2012г.) или его части требуется обосновать наличие «объективных перспектив последующего экономически выгодного извлечения» этих ресурсов (“RPEEE”). Таким образом, классифицированная модель была дополнительно ограничена концептуальным контуром выемки, построенным на основе соответствующих технико-экономических параметров. Т.е.

наличие объективных перспектив будущей рентабельной отработки подсчитываемых ресурсов было проверено специалистами WAI путем построения оптимизированных контуров карьеров для каждого месторождения на основе параметров, предоставленных Заказчиком (Таб. 3.39). Полученные оптимизированные оболочки карьеров показаны на Рис. 3.50.

При оптимизации карьера были учтены капитальные затраты на перенос или замену основных объектов инфраструктуры, включая железную дорогу на Мурунтау (17млн. \$ США) и Бесапантау (3,5 млн. \$ США).

Расчет бортовых содержаний (БС), соответствующих точке уровня безубыточности, для каждого месторождения производился WAI по следующей формуле:

- $БС = \frac{\text{общая себестоимость на тонну}}{((\text{цена на золото за грамм} * \text{извлечение}) - \text{коммерческие издержки на грамм})}$

Для формирования результатов подсчета минеральных ресурсов в оптимизированных оболочках карьеров Заказчиком было принято бортовое содержание 0,31 г/т. Расчетные бортовые содержания, соответствующие точке безубыточности, составили от 0,21 до 0,32 г/т. Таким образом, специалистами WAI было сделано заключение, что блоки с содержанием выше 0,3 г/т в оптимизированных оболочках карьера имеют объективные перспективы для будущей рентабельной добычи.

При построении оптимизированных оболочек карьера за счет регуляризации блочной модели были учтены разубоживание и потери при добыче, однако тоннаж и содержание ресурсов в оболочке карьера приводятся в недрах на основе исходной блочной модели.

Таб. 3.39: Вводные параметры оптимизации карьера (\$ США)					
Наименование параметра		Значения			Примечания
		Мурунтау Мютенбай	Бесапантау	Балпантау	
Цена на золото		\$1950/унция	\$1950/унция	\$1950/унция	
Добыча	Разубоживание и потери руды	Минимальная выемочная единица 30x30x15м	Минимальная выемочная единица 12x12x5м	Минимальная выемочная единица 12x12x5м	Учитывается регуляризацией на минимальную выемочную единицу
	Генеральный угол откоса борта	Различные	42°	41°	Мурунтау - приблизительные углы откоса согласно отчету SRK 2019г.
Затраты	<i>Добыча</i>				
	Объем добычи	50 000 тыс. т в год	5 000 тыс. т в год	3000 тыс. т в год	
	Себестоимость добычи	\$1.08/т	\$1.08/т	\$1.08/т	
	Себестоимость откатки самосвалами	\$0.325/(т*км)	\$0.148/(т*км)	\$0.148/(т*км)	

	Перегрузка	0.7			Поправочный коэффициент себестоимости добычи с учетом перегрузки
	Удорожание при верт. понижении горных работ	\$0.061/15м	\$0.009/5м	\$0.009/5м	
	Общая себестоимость добычи	\$1.08/т	\$1.08/т	\$1.08/т	С учетом откатки, но без учета удорожания при верт. понижении горных работ
	<i>Переработка руды</i>				
	Затраты на измельчение	\$8.710/т (руды)	\$8.710/т (руды)	\$8.710/т (руды)	
	Расходы CPD	\$0.125/т (руды)	\$0.125/т (руды)	\$0.125/т (руды)	
	Транспортировка ж/д	\$0.709/т (руды)	\$0.241/т (руды)	\$2.753/т (руды)	
	Общая себестоимость переработки	\$9.54/т (руды)	\$9.08/т (руды)	\$11.59/т (руды)	
	<i>Реализация</i>				
	Роялти	\$5.399/г	\$5.425/г	\$5.425/г	Ставка роялти 10%
	Затраты периода	0.676/г	\$0.676/г	\$0.676/г	
	Общие коммерческие издержки	\$6.070/г	\$6.101/г	\$6.101/г	
Извлечение	Обогащение	87.9%	88.4%	88.4%	
	Аффинаж	99.0%	99.0%	99.0%	
	Сквозное	87.1%	87.5%	87.5%	

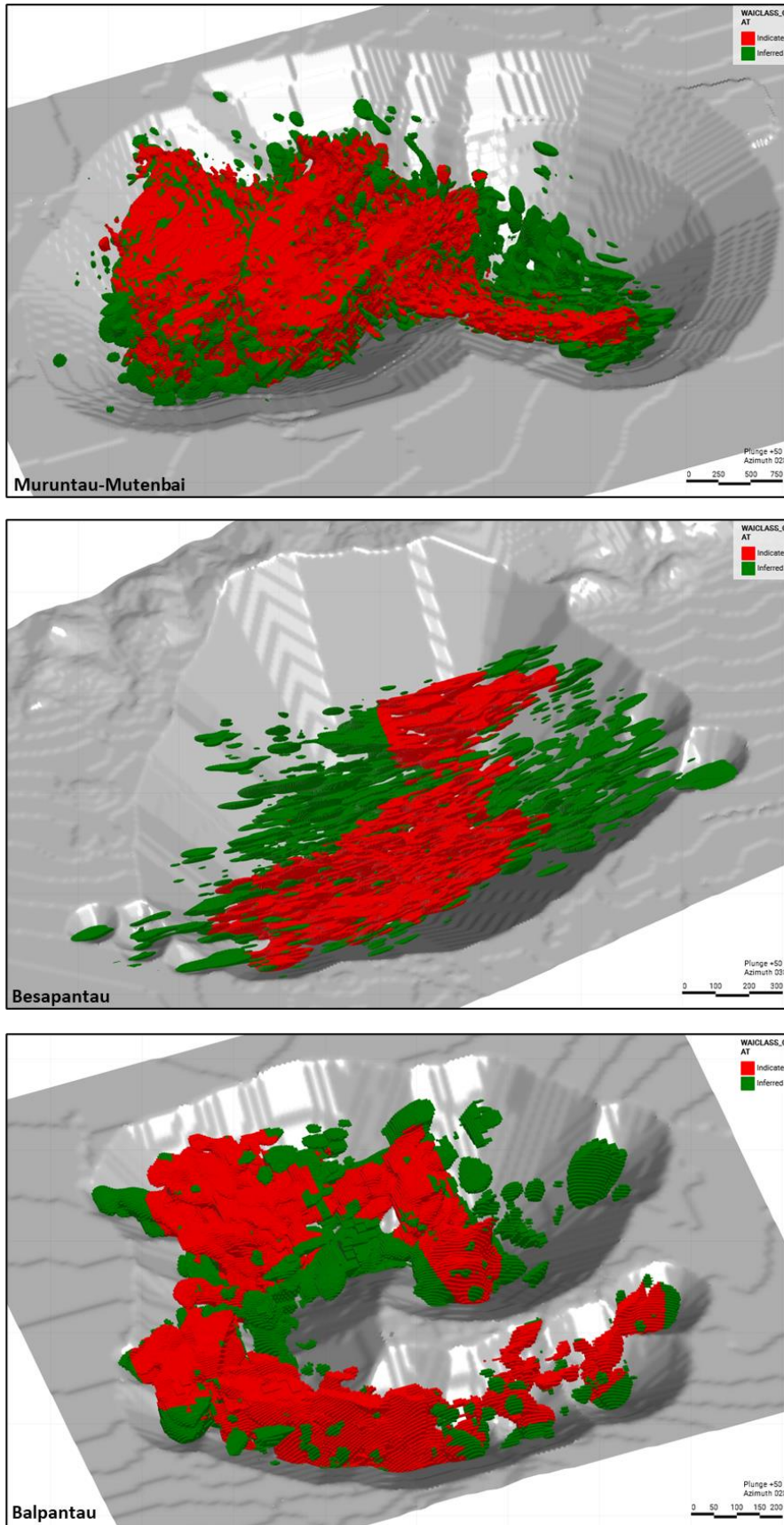


Рис. 3.50: Оптимизированные оболочки карьеров каждого месторождения Мурунтауского кластера

3.7.19 Проаудированный подсчет минеральных ресурсов

Минеральные ресурсы золоторудных месторождений Мурунтауского кластера подсчитаны и классифицированы в соответствии с предписаниями Австралийского Кодекса отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и извлекаемых запасах (Кодекс JORC редакции 2012 года). Проаудированный подсчет минеральных ресурсов представлен в Таб. 3.40 ниже. Подсчет выполнен по состоянию на 01.01.2024г.

На момент подготовки настоящего отчета специалисты WAI не располагали данными о наличии каких-либо факторов из сферы экологии, разрешительной документации, правовых аспектов, недропользования, налогообложения, социально-экономических, рыночных, политических или подобных факторов, которые могли бы существенно повлиять на настоящий подсчет минеральных ресурсов, ни данными о том, что на настоящий подсчет минеральных ресурсов могут оказать влияние горные, металлургические, инфраструктурные факторы и пр.

Таб. 3.40: Проаудированный подсчет минеральных ресурсов месторождений Мурунтауского кластера по состоянию на 01.01.2024г., Wardell Armstrong International					
Объект	Категория	Тоннаж (млн.т)	Сод. Au (г/т)	Количество золота	
				(млн. унц.)	(т)
Мурунтау	<i>Выявленные</i>	2 016	0.93	60.0	1 866
	<i>Предполагаемые</i>	732	0.81	19.1	595
	Итого	2 747	0.90	79.1	2 461
Мютенбай	<i>Выявленные</i>	230	1.06	7.8	244
	<i>Предполагаемые</i>	491	0.91	14.3	445
	Итого	721	0.96	22.2	689
Бесапантау	<i>Выявленные</i>	131	0.88	3.7	115
	<i>Предполагаемые</i>	133	0.90	3.8	119
	Итого	265	0.89	7.5	235
Балпантау	<i>Выявленные</i>	57	0.98	1.8	56
	<i>Предполагаемые</i>	38	0.88	1.1	33
	Итого	95	0.94	2.9	90
Рудные склады	<i>Выявленные</i>	34	0.54	0.6	18
	<i>Предполагаемые</i>	93	0.44	1.3	41
	Итого	127	0.46	1.9	59
Итого	<i>Выявленные</i>	2 467	0.93	73.9	2 300
	<i>Предполагаемые</i>	1 487	0.83	39.7	1 233
	Итого	3 955	0.89	113.6	3 533

Примечания:

1. Минеральные ресурсы были классифицированы в соответствии с требованиями Кодекса JORC (2012г.);
2. Подсчет минеральных ресурсов выполнен по состоянию на 1 января 2024г.;
3. Результаты подсчета минеральных ресурсов месторождений приводятся по бортовому содержанию золота 0.3г/т; рудных складов – по номинальному борту 0,0г/т Au;
4. Минеральные ресурсы ограничены контуром оптимизированного карьера при цене на золото 1950 \$ за унцию на основе соответствующих экономических, горных и металлургических параметров;

5. Содержание металла представляет собой количество металла в недрах без поправки на извлечение при обогащении или разубоживание при добыче;
6. «Минеральные ресурсы» не могут считаться «извлекаемыми запасами» до тех пор, пока не будет доказана экономическая эффективность их отработки на основе предварительного (PFS) или окончательного технико-экономического обоснования (FS);
7. Подсчет минеральных ресурсов приводится включая все извлекаемые запасы;
8. Минеральные ресурсы приводятся при доле владения 100%;
9. Все значения округлены в соответствии с относительной точностью подсчета, округление может привносить погрешность при суммировании значений.
10. В русской версии настоящего документа используются следующие варианты перевода терминологии кодекса JORC:

<i>Ore Reserves</i>		<i>Mineral Resources</i>		
<i>извлекаемые запасы</i>		<i>минеральные ресурсы</i>		
<i>Proven</i>	<i>Probable</i>	<i>Measured</i>	<i>Indicated</i>	<i>Inferred</i>
<i>доказанные</i>	<i>вероятные</i>	<i>измеренные</i>	<i>выявленные</i>	<i>предполагаемые</i>

Слова «руда», «рудный» и прочие производные слова используются в русской версии настоящего документа в значении «природный минерализованный материал» вне какой-либо связи с рентабельностью и технической осуществимостью его добычи и переработки.

3.7.20 Анализ чувствительности

При ограничении подсчитываемых ресурсов оптимизированными контурами карьера специалистами WAI были построены оболочки на основе ряда значений «ценового фактора», которые могут также использоваться для оценки чувствительности ограничивающей оболочки к экономическим параметрам, таким как цена на металл. На приведенной ниже гистограмме (Рис. 3.51) наблюдается существенный скачок извлекаемых тонн между значениями «ценового фактора» 92% (т.е. \$1794) и 94% (т.е. \$1833).

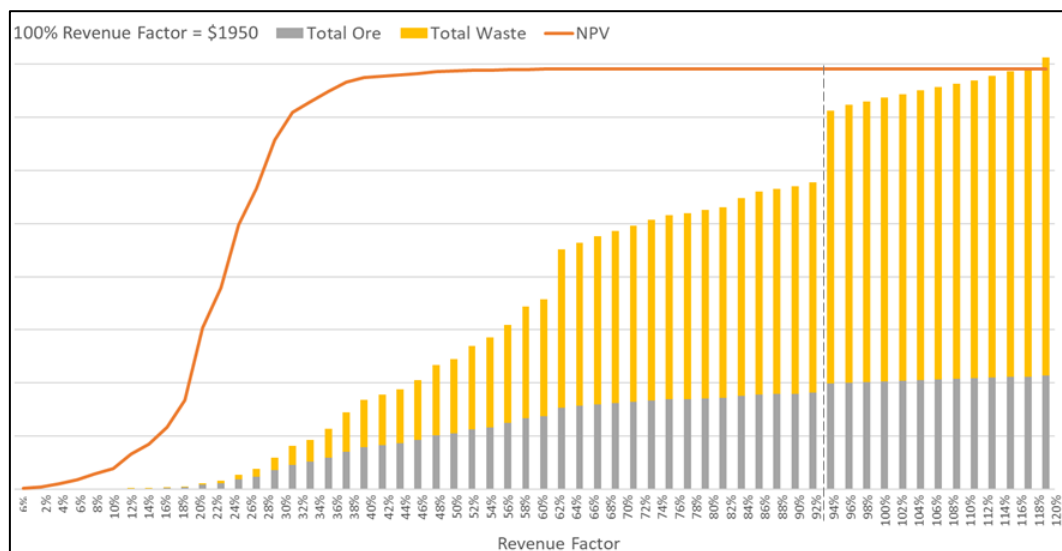


Рис. 3.51: Кривая «фазового анализа» по Лерчу-Гроссману для выбора оболочки при оптимизации карьера Мурунтау-Мютенбай

Визуальное сравнение оболочки 1794 \$ США с оболочкой 1950 \$ США, принятой для подсчета ресурсов, показывает, что основным отличием является значительно расширение со стороны северо-восточного борта карьера Мютенбай (Рис. 3.52), за счет чего в контур попадает

дополнительные 8 млн. унций "предполагаемых" ресурсов с глубоких горизонтов. По мнению WAI, принимая во внимание такую высокую чувствительность к относительно небольшим изменениям экономических параметров, а также низкой категориейности ресурсов ("предполагаемые"), данная часть минеральных ресурсов месторождения Мурунтау-Мютенбай характеризуется особенно высоким уровнем риска.

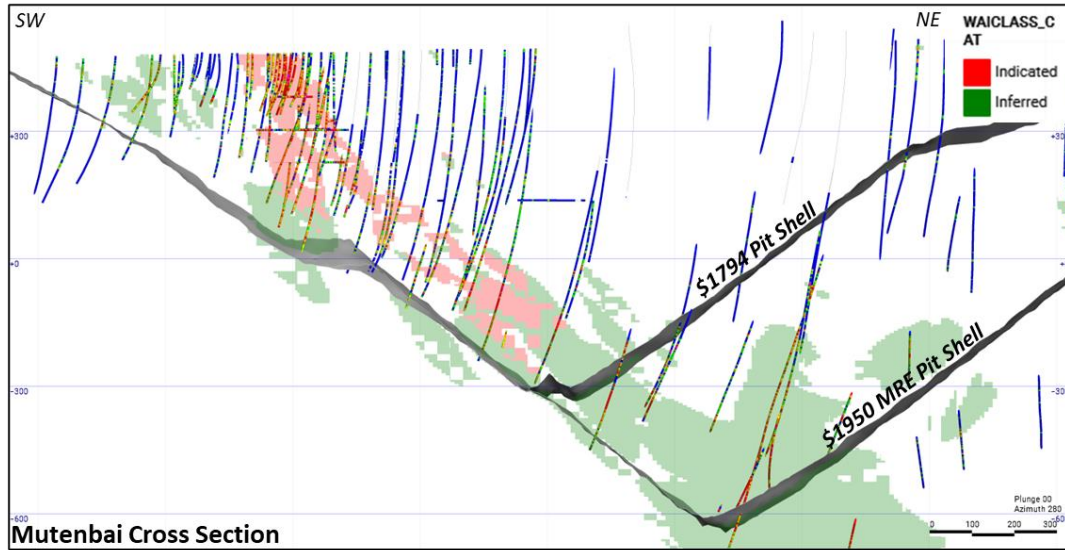


Рис. 3.52: Поперечный разрез для сравнения оболочек, полученных при \$1794 и при \$1950

4 ОЦЕНКА РУДНЫХ ЗАПАСОВ

4.1 Введение

4.1.1 Общие сведения

В настоящем разделе представлена оценка рудных запасов (извлекаемых запасов) месторождений Мурунтауского кластера, выполненная в соответствии с руководящими принципами Кодекса JORC (ред. 2012 г.). Авторы отчета провели анализ методики подсчета извлекаемых запасов, включая проект горных работ, эксплуатационные факторы, календарный план по добыче на срок эксплуатации, а также подтвердили положительный финансовый анализ.

В настоящем отчете представлены оценки извлекаемых запасов для следующих объектов:

- Мурунтау;
- Мютенбай;
- Балпантау;
- Беспантау.

Месторождение Чукуркудук было исключено как из подсчета минеральных ресурсов, так и из оценки запасов из-за ограниченности информации о геологических ресурсах.

На Мурунтауском кластере применяется общепринятый метод добычи, предусматривающий рыхление горной массы буровзрывным методом с погрузкой и откаткой отбитой горной массы с помощью экскаваторов и самосвалов. Методика хорошо освоена и использовалась в течение предыдущих 60 лет эксплуатации рудника.

4.1.2 Кодекс отчетности о рудных запасах, стандартны и определения

Оценка рудных запасов, представленная в настоящем отчете, была выполнена в соответствии с руководящими принципами Австралийского кодекса отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и рудных запасах руды (Кодекс JORC, издание 2012 г.), подготовленным Объединенным комитетом по рудным запасам Австралийского института горного дела и металлургии, Австралийского института геофизики и Совета по полезным ископаемым Австралии («Кодекс JORC»).

Рудные запасы классифицированы по категориям, предусмотренным в Кодексе JORC, как показано на Рис. 4.1, где представлена схема преобразования минеральных ресурсов в извлекаемые (рудные) запасы по категориям.

Главные принципы действия и применения Кодекса JORC (2012) - это «прозрачность», «существенность» и «компетентность».

- **Прозрачность** означает, что читателю публичного отчета должна быть предоставлена достаточная информация в ясной и однозначной форме, чтобы читатель мог понять отчет и не был введен в заблуждение этой информацией или упущением существенной информации.
- **Существенность** означает, что публичный отчет должен содержать всю необходимую информацию, в которой инвесторы и их профессиональные советники могли бы в разумных пределах нуждаться, и ожидали бы найти в отчете, чтобы прийти к аргументированному и взвешенному суждению о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и эксплуатационных запасах.
- **Компетентность** означает, что публичный отчет должен быть основан на работе, ответственность за которую несет достаточно квалифицированное и опытное лицо, связанное профессиональным этическим кодексом.



Рис. 4.1: Схема преобразования минеральных ресурсов в извлекаемые запасы по категориям (JORC 2012)

Специалистами WAI были рассмотрены применимые "модифицирующие факторы", связанные с оценкой рудных запасов, а именно геотехнические и гидрогеологические условия, технологические свойства и обогатимость руд, инфраструктура, вопросы воздействия на окружающую среду, а также рыночные, страновые и другие виды рисков.

4.1.3 Компетентные лица

Информация, представленная в настоящем отчете, относится к извлекаемым запасам (рудным запасам), и основывается на полученных данных и результатах работы, выполненной г-ном Стюартом Ричардсоном (BEng, MSc, CEng, MIMM) Колином Дэвисом (BEng, MSc, CEng, MIMM), которые являются штатными сотрудниками WAI и имеют достаточный опыт работы на месторождениях подобного типа минерализации и опыта выполнения подобного вида работ, который позволяет ему иметь квалификацию «компетентного лица» в соответствии с определением Австралийского кодекса отчетности по геологоразведочным работам, минеральным ресурсам и запасам в редакции 2012 г.

WAI является частью Wardell Armstrong LLP, независимой консалтинговой компанией с опытом оказания специализированных геологических, горнотехнических и технологических услуг горному бизнесу с 1837 г. Мы оказываем услуг по всему миру по всем видам минерального сырья. Этот широкий спектр услуг включает планирование геологоразведочных работ, подсчет минеральных ресурсов и оценку извлекаемых запасов, проектирование горных работ и финансовую оценку вплоть до окончательного банковского технико-экономического обоснования. WAI располагает квалифицированными и опытными профессионалами в геологии, горном деле, обогащении и металлургии, инженерной геологии и гидрогеологии, маркшейдерии, компьютерных технологиях, финансовой оценке, экологической и социальной оценке и экономике горнодобывающих проектов.

WAI, как юридическое лицо, ее директора, сотрудники и внештатные сотрудники:

- Не обладают правом претендовать на владение ценными бумагами компании АО «НГМК» ни в настоящий момент, ни в будущем;
- Не владеет каким-либо имуществом по концессии (лицензиям) от АО «НГМК»;
- Не обладают долей или правом претендовать на владение долей в каком-либо имуществе или концессии АО «НГМК» ни в настоящий момент, ни в будущем;
- Не обладают долей в каких-либо лицензионных площадях, принадлежащих АО «НГМК» или смежными лицензиям;
- Не обладают правом претендовать на владение ценными бумагами или лицензионными площадями, смежными с лицензионными площадями АО «НГМК», ни в настоящее время, ни в будущем.

Единственным коммерческим интересом со стороны WAI является оплата Заказчиком работ, связанных с исследованиями, представленными в настоящем отчете, по стандартным тарифам WAI с компенсацией накладных расходов. Вознаграждение выплачивается независимо от успешности проекта либо его привлечения финансирования для его реализации.

4.2 Оптимизация карьера

4.2.1 Методика оптимизации

Оптимизация карьера — это общепризнанный метод, предусматривающий создание различных оболочек карьера на основе предоставленной модели геологических блоков ресурсов и заданных пользователем экономических и эксплуатационных параметров. Компания WAI провела работы по оптимизации с использованием признанного в отрасли программного обеспечения Datamine NPV Scheduler, которое предлагает различные возможности для календарного планирования горных работ и построения оптимальных контуров карьера.

На текущем этапе проекта NPV Scheduler использовался для стратегического долгосрочного планирования, включая оптимизацию карьера и создание различных стратегических сценариев.

В процессе оптимизации карьеров создаются вложенные оболочки карьеров с использованием повариантных значений «коэффициента доходности». При оптимизации специалистами WAI была построена серия оболочек на основе повариантных значений коэффициентов доходности в диапазоне от 10% до 120% с шагом в 2%. Оболочка, построенная на основе коэффициента доходности 1,00, соответствует исходной цене на металл (1 650 \$США за унцию золота).

4.2.2 Вводные параметры

Оболочка карьера для подсчета извлекаемых запасов определяется методом «оптимизации карьера» на основе определенных исходных параметров. Этот метод предусматривается построение серии вложенных друг в друга оболочек, которые позволяют оценить пригодность существующих проектных карьеров в качестве основы для проектирования и календарного планирования горных работ.

Общие параметры и модифицирующие факторы, применимые к карьерам, включая предполагаемую цену золота, затраты на реализацию, роялти за добычу полезных ископаемых и другие постоянные и переменные затраты, показаны в таблицах ниже.

Технологические коэффициенты извлечения при обогащении и затраты на добычу для оптимизации были определены на основе фактических производственных показателей, предоставленных металлургическим и горнодобывающим департаментами НГМК.

Таб. 4.1: Список файлов параметров оптимизации карьера для подсчета извлекаемых запасов

Карьер	Название файла
Мурунтау-Мютенбай	<i>исх по оптимиз Мурунтау_ELA_04.10.2023_ESHZ</i>
Бесапантау	<i>исх по оптимиз Бесапантау_ELA_ind_01.10.2023_ESHZ</i>
Балпантау	<i>исх по оптимиз Балпантау_ELA_ind_21.10.2023_ESHZ</i>
Примечание:	

Таб. 4.2: Общие модифицирующие факторы (извлекаемые запасы)

Параметр	Единица измерения	Мурунтау	Бесапантау	Балпантау	Примечания
Цена на золото	\$США/унц.	\$1 650	\$1 650	\$1 650	
Затраты периода	\$США/унц.	\$21.02	\$21.02	\$21.02	
Общее извлечение	%	87.1%	87.5%	87.5%	Используется для расчета роялти.
Роялти на добычу полезных иск.	%	10%	10%	10%	
	\$США/унц.	\$141.80	\$142.49	\$142.49	См. формулу ниже
Общие затраты на реализацию	\$США/унц.	\$162.82	\$163.51	\$163.51	
	\$США / г	\$5.23	\$5.26	\$5.26	

Из формул в файлах параметров оптимизации следует, что затраты на роялти должны рассчитываться по следующей формуле:

$$\text{Сумма роялти} = (\text{цена на золото} - \text{затраты периоды}) * \text{извлечение} * 10\%$$

Таб. 4.3: Параметры оптимизации карьера (подсчет извлекаемых запасов)

	Единицы	Значение	Примечания
Ставка дисконтирования	%	10%	
Генеральный уголь откоса борта	Мурунтау	По проекту НГМК «очередь 5»	См. раздел 3.
	Бесапантау	По проекту НГМК	См. раздел 3.
	Балпантау	По проекту НГМК	См. раздел 3.
Базовая себестоимость добычи	\$США/т	1.08	
Увеличение себестоимости добычи с понижением горных работ - Мурунтау	\$США на уступ 15м	0.061	

Увеличение себестоимости добычи с понижением горных работ - Балпантау and Бесапантау	ЩСША на уступ 5м	0.009	
Себестоимость переработки Мурунтау	ЩСША/т руды	9.54	
Себестоимость переработки Бесапантау	ЩСША/ т руды	9.08	
Себестоимость переработки Балпантау	ЩСША/ т руды	11.59	
Общее извлечение из сульфидных руд Мурунтау	%	87.1	
Общее извлечение из окисленных руд Бесапантау	%	87.3	
Общее извлечение из сульфидных руд Бесапантау	%	87.5	
Общее извлечение из окисленных руд Балпантау	%	87.7	
Общее извлечение из сульфидных руд Балпантау	%	87.5	
Разубоживание при добыче	%	12	См. раздел: 2.2.
Потери при добыче	%	5	См. раздел: 2.2.

4.2.3 Себестоимость переработки и извлечение

Значения извлечения металла из руд при переработке, принятые для оптимизации карьера, основаны на информации, предоставленной НГМК и проверенной техническими специалистами WAI.

Статьи затрат	Мурунтау - Мютенбай	Бесапантау		Балпантау	
	Сульфидные	Сульфидные	Окисленные	Сульфидные	Окисленные
Извлечение при обогащении	87.9%	88.4%	88.2%	88.4%	88.6%
Извлечение при аффинаже	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%
Общее извлечение	87.1%	87.5%	87.3%	87.5%	87.7%

Статьи затрат	Единицы изм.	Мурунтау - Мютенбай	Бесапантау	Балпантау
Измельчение	(ЩСША/t)	8.710	8.710	8.710
Затраты CPD	(ЩСША/t)	0.125	0.125	0.125
Откатка по жд	(ЩСША/t)	0.709	0.241	2.753

Себестоимость переработки	(\$США/t)	9.54	9.08	11.59
---------------------------	-----------	------	------	-------

4.2.4 Геотехнические параметры

Общие оболочки карьеров, принятые для подсчета извлекаемых запасов, были построены заказчиком, поэтому были выдержаны геотехнические параметры, указанные в геотехнических отчетах SRK. Для проектов карьера в промежуточных положениях, включающих секции бортов карьера в предельном положении, использовались существующие углы откосов бортов, принятые в проекте заказчика. Для участков бортов карьера за пределами пятой очереди использовались значения углов откосов и ширины берм, полученные расчетным способом специалистами WAI, как показано в таблицах с Таб. 4.6 по Таб. 4.9 ниже.

Специалистами WAI был выполнен подробный геотехнический анализ и представлен в разделе 3 настоящего отчета.

Горизонт	Сектор	Угол откоса	Высота уступа	Стандартная ширина уступа	Ширина бермы безопасности	IRA (угол откоса между съездами)
255 м – 100 м	0° - 98°	55°	30	12	24	42.3°
	98° - 116°	55°	30	12	24	42.3°
	116° - 216°	50°	30	12	24	38.9°
	216° - 263°	55°	30	12	24	42.3°
	263° - 330°	55°	30	12	24	42.3°
	330° - 360°	55°	30	12	24	42.3°
100 м – 300 м	0° - 98°	55°	30	12	24	42.3°
	98° - 116°	55°	30	12	24	42.3°
	116° - 216°	45°	30	10	20	36.9°
	216° - 263°	50°	30	12	24	38.9°
	263° - 330°	45°	30	10	20	36.9°
	330° - 360°	55°	30	12	24	42.3°
300 м -580 м	0° - 98°	50°	30	10	20	40.5°
	98° - 116°	55°	30	12	24	42.3°
	116° - 216°	45°	30	10	20	36.9°
	216° - 263°	50°	30	12	24	38.9°
	263° - 330°	45°	30	10	20	36.9°
	330° - 360°	50°	30	10	20	40.5°

Горизонт	Сектор	Угол откоса	Высота уступа	Стандартная ширина уступа	Ширина бермы безопасности	IRA (угол откоса между съездами)
20 м – 100 м	0° - 116°	60°	30 м	12°	24°	45.7°

	116° - 280°	50°	30 м	12°	24°	38.9°
100 м – 300 м	0° – 116°	60°	30 м	12°	24°	45.7°
	116° – 280°	50°	30 м	12°	24°	38.9°
300 м – 480 м	0° – 116°	55°	30 м	12°	24°	42.3°
	116° - 280°	45°	30 м	10°	20°	36.9°

Таб. 4.8 Углы откосов рабочих уступов Беспантау по секторам					
Домен	Субдомен	Угол откоса рабочего уступа (°)			угол откоса между съездами (°) для КЗУ* = 1.5
		КЗУ = 1.3	КЗУ = 1.5	Вероятность обрушения = 25	
D1	D1	55	65	65	44
D2	D2_N	65	65	65	51
		45	50	60	37
		60	65	65	48
	D2_S	45	45	50	37
D3	D3_N	65	65	65	51
		45	50	55	37
	D3_S	45	45	50	37
D5	D5_U	50	50	60	40
		55	55	65	44
		65	65	65	51
		45	50	55	37
		65	65	65	51
	D5_D	55	55	60	44
		65	65	65	51
		45	50	55	37
D6	D6	55	60	60	44

*коэффициент запаса устойчивости

Таб. 4.9: Пространственное положение, локация и генеральные углы откосов Балпантау		
Локация	Азимут (°)	Угол (°)
1	106.8	38.1
2	177.8	51.1
3	208.4	50.3
4	211	51.9
5	286.8	48.3
6	305.7	45.3
7	335.3	35.2
8	31.0	44.2
9	319.5	40.0
10	30.6	51.2
11	128.0	45.7
12	358.5	49.3

13	101.8	50.9
14	139.5	40.0
15	211.0	44.2
16	31.0	37.8
СРЕДНЕЕ		42.4

4.3 Потери и разубоживание

Значения разубоживания и потерь руды при добыче для карьера Мурунтау-Мютенбай, принятые заказчиком для целей подсчета извлекаемых запасов, составили 12% и 5% соответственно. Для Бесапантау и Балпантау разубоживание и потери руды учитывались путем регляризации блочных моделей.

Блочные модели Мурунтау, Бесапантау и Балпантау были регуляризованы по разным вариантам размеров минимальной выемочной единицы, перечисленных в Таб. 4.10 ниже:

Карьер	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Мурунтау - Мютенбай	20 м x 20 м x 10 м	30м x 30м x 15м	40м x 40м x 20м
Бесапантау	5 м x 5 м x 5 м	10м x 10м x 5м	12м x 12м x 5м
Балпантау	5 м x 5 м x 5 м	10м x 10м x 5м	12м x 12м x 5м

Затем в программе «Datamine NPVS» была проведена оптимизация оболочки карьера для каждой регуляризованной блочной модели с использованием тех же параметров, которые были приняты для оптимизации карьера при подсчете минеральных ресурсов Мурунтауского кластера. В процессе оптимизации было принято эксплуатационное бортовое содержание 0,5 г/т. Дополнительно были выполнены прогоны оптимизации для расчетных экономических бортовых содержаний 0,2 г/т и 0,3 г/т.

Полученные модели позволили определить условную чистую приведенную стоимость (NPV) для каждого карьера при соответствующих размерах минимальной выемочной единицы. После этого на основе условных значений NPV определялся оптимальный размер минимальной выемочной единицы, при этом принимались во внимание производственные соображения. Как видно из таблиц с Таб. 4.11 по Таб. 4.13, при минимальных выемочных единицах меньшего размера достигается более высокий NPV за счет снижения потерь и разубоживания.

Таб. 4.11: Результаты расчета потерь и разубоживания для карьера Мурунтау

Мурунтау	борт (г/т)	Условный NPV (млн. \$США)	Разубоживание (млн.т)	Тонн руды	Содержание	Золото в руде (кг)	Золото в руде
mod40x40x20	0.5	1 710	113	108%	90%	(50 765)	97%
mod30x30x15	0.5	2 289	84.3	106%	92%	(44 702)	97%
mod20x20x10	0.5	2,563	68.6	105%	94%	(18 329)	99%
mod_subblocked v2	0.5	4,101	-	100%	100%	-	100%

Таб. 4.12: Результаты расчета потерь и разубоживания для карьера Мурунтау Беспантау

Беспантау	борт (г/т)	Условный NPV (млн. \$США)	Разубоживание (млн.т)	Тонн руды	Содержание	Золото в руде (кг)	Золото в руде
mod12x12x5	0.5	537	7.7	111%	84%	(5 067)	94%
mod10x10x5	0.5	562	7.3	110%	86%	(3 577)	95%
mod5x5x5	0.5	521	5.01	107%	92%	(1 083)	99%
mod_subblocke dv2	0.5	757	-	100%	100%	-	100%

Таб. 4.13: Результаты расчета потерь и разубоживания для карьера Мурунтау Балпантау

Балпантау	борт (г/т)	Условный NPV (млн. \$США)	Разубоживание (млн.т)	Тонн руды	Содержание	Золото в руде (кг)	Золото в руде
mod12x12x5	0.5	921	2.56	106%	89%	(2 870)	94%
mod10x10x5	0.5	950	2.34	105%	91%	(1 986)	96%
mod5x5x5	0.5	984	1.60	104%	95%	(839)	98%
mod_subblocke dv2	0.5	1 051	-	100%	100%	-	100%

В ходе дальнейшего анализа было выполнено сравнение регуляризованных блочных моделей с проектными оболочками карьеров каждого месторождения и оценка объемов вскрышной породы, руды и содержаний в недрах для каждого карьера и блочной модели. Полученные результаты затем использовались для расчета планового разубоживания и потерь руды для каждого карьера и блочной модели минимальной выемочной единицы относительно исходной субблокированной модели.

Фактические значения разубоживания и потерь, предоставленные заказчиком по карьере Мурунтау-Мютенбай, оказались выше, чем полученные в результате расчетов WAI (как показано в Таб. 4.14), поэтому в процессе оптимизации были добавлены математические (неплановые) значения разубоживания и потерь 6% и 2,3% соответственно, в дополнение к плановым значениям 6% и 2,3%, полученным в процессе регуляризации, для получения суммарных значений 12% и 5%.

Таб. 4.14: Плановые и фактические разубоживание и потери

		WAI (расчетное)	WAI (расчетное)	Заказчик (фактическое)	Заказчик (фактическое)
Карьер	Размер минимальной выемочной единицы	Разубоживание	Потери	Разубоживание	Потери
Балпантау	12x12x5	5.8%	5.7%	-	-
Бесапантау	12x12x5	10.9%	6.5%	-	-
Мурунтау	30x30x15	6.0%	2.7%	12.0%	5.0%

4.4 Эксплуатационное бортовое содержание

Согласно вышеприведенным параметрам, теоретическое (расчетное) бортовое содержание руды, отправляемой на обогатительную фабрику, составляет 0,2-0,35 г/т Au. Однако, в настоящее время на руднике принято бортовое содержание золота при добыче **0,50 г/т**, поэтому для подсчета извлекаемых запасов было принято это значение.

4.5 Проектирование карьеров

4.5.1 Проект карьера Мурунтау - Мютенбай

4.5.1.1 Общие сведения

Для подсчета извлекаемых запасов требуется проект рудника в качестве ограничивающей оболочки для подсчитываемых запасов. Текущим проектом, по которому в настоящее время ведется отработка месторождения является «проект 5-ой очереди» (mu_stage_5_v2_upd). После аудита минеральных ресурсов, проведенного WAI в 2024 году, по согласованию с заказчиком было решено принять существующий «проект карьера 5-ой очереди» (mu_stage_5_v2_upd), предоставленный заказчиком, в качестве ограничивающей оболочки для оценки извлекаемых запасов.

Первоначально для 5-ой очереди был спроектирован один контур в предельном положении. Результаты календарного планирования в программе «Datamine NPVS» показали, что на первый и второй годы приходится значительные объемы вскрыши, что отрицательно влияет на план горных работ. Поэтому были спроектированы два промежуточных контура карьера для более ранней выдачи руды и сглаживания объемов вскрыши и коэффициента вскрыши в первые несколько лет. Это позволило добиться частичного эффекта, однако в первый год все равно был получен объем вскрыши выше идеального, а добытой руды – ниже идеального, что потребовало восполнения руды из рудных складов.

4.5.1.2 Проектные параметры карьера

При проектировании карьера были приняты следующие исходные параметры:

- Двухполосный внутрикарьерный съезд шириной 38,5 м и с уклоном 8 %;
- Годовой объем перемещения горной массы - 105 м³. Принято на основе текущего объема добычи 103 м³ с возможностью увеличения до 105 м³ по указанию заказчика;
- Высота уступа 30 м, в отдельных случаях 15 м, согласно существующему проекту 5-ой очереди;
- Для проектирования контуров карьера были приняты геотехнические параметры, разработанные WAI и подробно описанные в Разделе 3. Как в пределах «карьера 5-ой очереди», так и на участках пересечения полученных проектных контуров с границами 5-ой очереди были приняты одни и те же геотехнические параметры угла откоса борта;
- Конструкции внутрикарьерных съездов были увязаны с «проектом 5-ой очереди» с аналогичными или такими же точками заезда.

4.5.1.3 Проект промежуточных контуров карьера Мурунтау-Мютенбай

Промежуточный контур карьера Мютенбай №1

Контур карьера Мютенбай №1 представляет собой стартовый карьер для отработки рудного тела Мютенбай, предназначенный для раннего извлечения руды из этой зоны во время вскрышных работ на Мурунтау, а также для снижения общего коэффициента вскрыши на карьере Мурунтау-Мютенбай в течение первых двух лет календарного плана добычи. Данный контур был построен с использованием функции автоматического проектирования в программном обеспечении «Datamine Studio OP». Углы откосов бортов и ширина берм были приняты на основе геотехнических параметров, полученных WAI в ходе ранее проведенного геотехнического анализа. Следует отметить, что данный проект не является готовым к вводу в эксплуатацию и предназначен исключительно для разработки более реалистичного календарного плана добычи со снижением коэффициента вскрыши в течение первых двух лет.

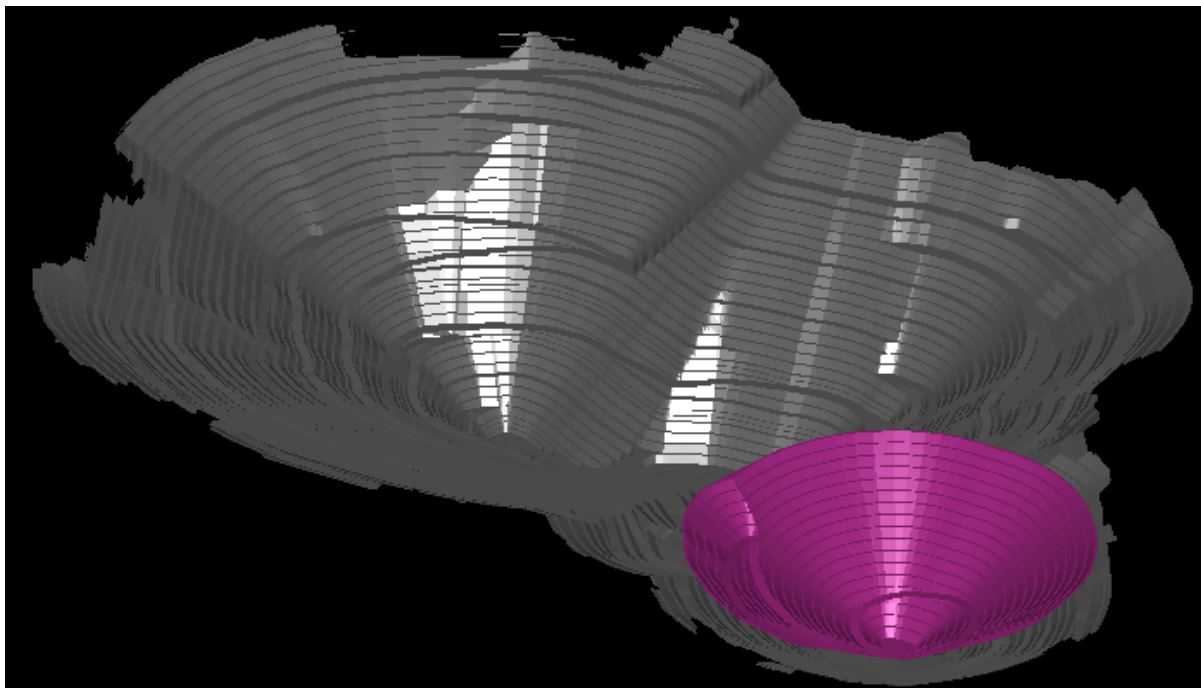


Рис. 4.2: Контур карьера Мютенбай №1 внутри контура проектного карьера 5-ой очереди

Промежуточный контур Мурунтау №1

Контур карьера Мурунтау №1 был построен для отработки неглубоко залегающих руд в северной части карьера Мурунтау, чтобы уменьшить объем вскрыши и сгладить коэффициент вскрыши в течение первых двух лет календарного плана добычи. Этот контур детализирован и повторяет проект заказчика 5-ой очереди в северном и западном бортах, чтобы свести к минимуму перемещение нерабочих бортов. Для южного и восточного бортов были приняты геотехнические параметры, полученные WAI. Хотя этот проект более детализирован, чем Мютенбай №PB1, он также не может считаться готовым к вводу в эксплуатацию.

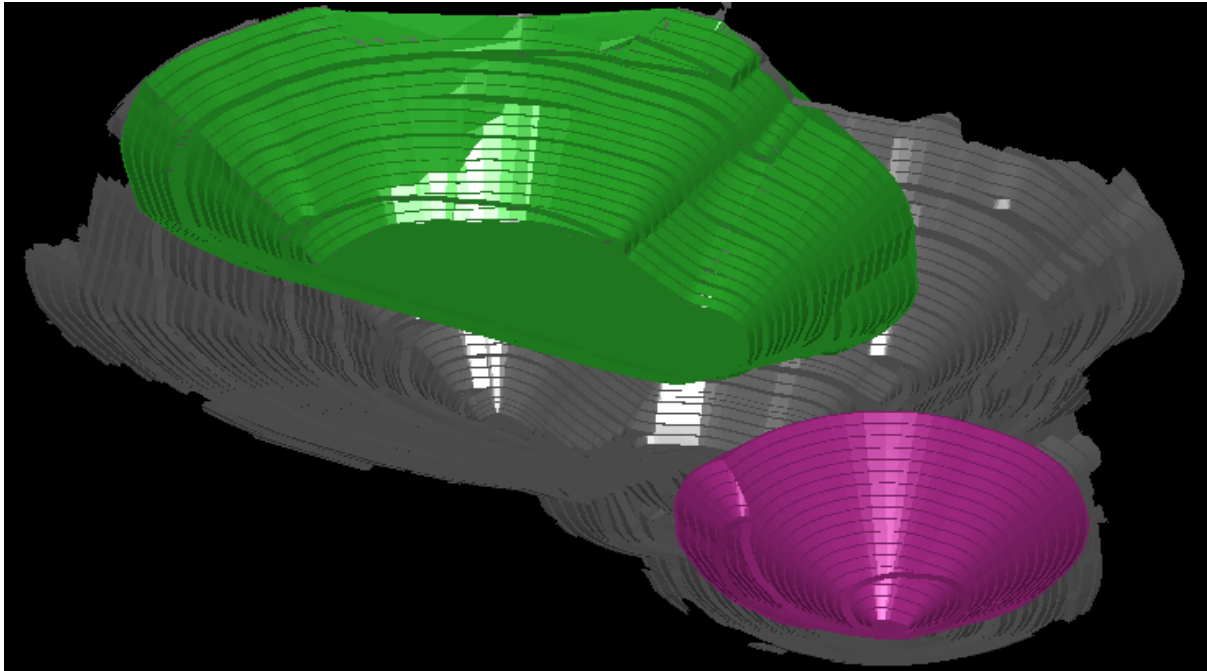


Рис. 4.3: Контур карьера Мютенбай №2 внутри контура проектного карьера 5-ой очереди

Контур карьера Мурунтау №2

Контур карьера Мурунтау №2 представляет собой детальный проект, совпадающий с проектным контуром карьера 5-ой очереди заказчика в западном и северном борту, и был разработан на основе оптимизированной оболочки, созданной в программе «NPV Scheduler». Расположение съездов повторяет проект 5-ой очереди южного и восточного борта с аналогичной схемой и точками заезда/выезда. Для южного и восточного борта были приняты геотехнические параметры, полученные в ходе геотехнического анализа WAI.

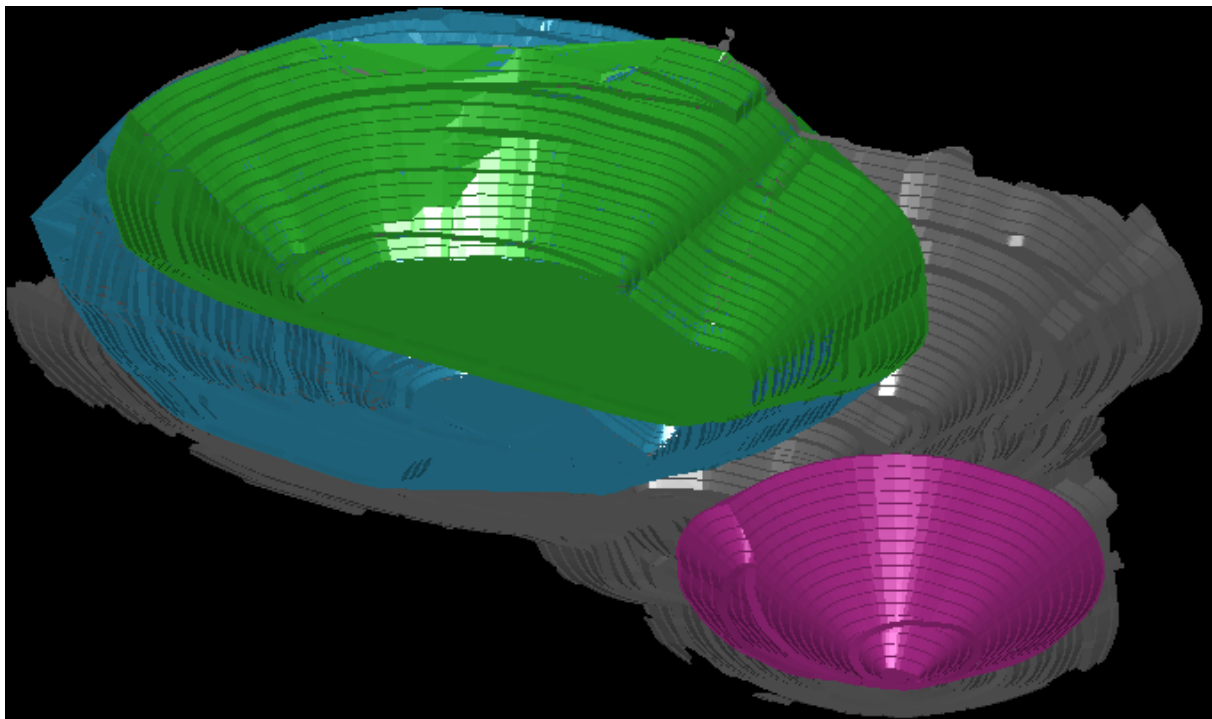


Рис. 4.4: Контур карьера Мурунтау №2 внутри контура проектного карьера 5-ой очереди

Контур карьера Мурунтау №3 – проект 5-ой очереди

Контур карьера Мурунтау №3 соответствует «проекту 5-ой очереди» Мурунтау, разработанный заказчиком. По согласованию с заказчиком после аудита подсчета минеральных ресурсов было принято решение сохранить этот контур в качестве ограничивающей оболочки для подсчитываемых извлекаемых запасов. Таким образом, результаты подсчета извлекаемых запасов основаны на этом проектном контуре карьера.

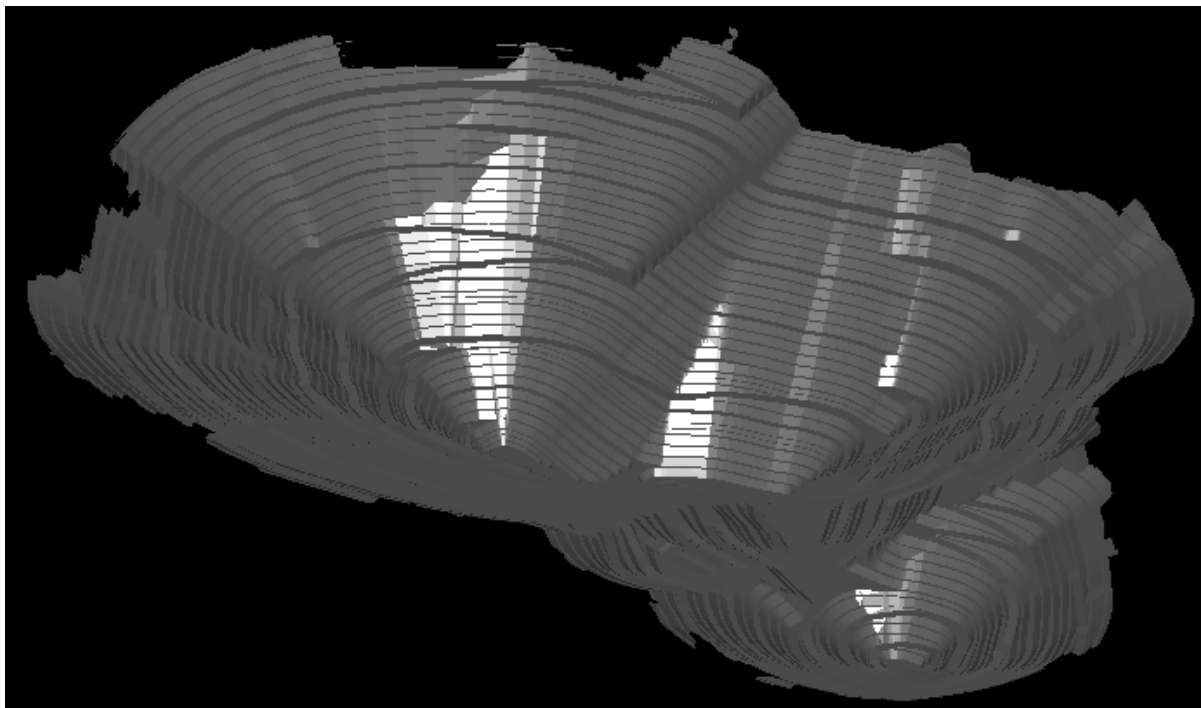


Рис. 4.5: Чаша карьера Мурунтау №РВЗ, соответствующая «проекту 5-ой очереди»

4.5.2 Проект карьера Бесапантау

4.5.2.1 Общие сведения

Проектирование карьера Бесапантау было выполнено инженерно-техническим отделом НГМК и включает разработку проекта карьера в предельном положении. Генеральные углы откоса бортов для каждого сектора карьера были приняты на основе геотехнических условий, определенных в ходе последних геотехнических исследований.

Таким образом, проект чаши карьера в предельном положении, на основе которого был определен срок эксплуатации карьера и впоследствии выполнена оценка извлекаемых запасов месторождения Бесапантау (officialdesign_besapantau.dxf), был подготовлен заказчиком и проверен специалистами WAI. Конструкция карьера примерно эквивалентна оптимизированной оболочке при базовой цене золота 1650 \$США за унцию.

После завершения проектирования карьера в предельном положении были построены оптимизированные оболочки промежуточных очередей отработки карьера, на основе которых далее выполнялось проектирование промежуточных контуров.

Построение промежуточных контуров осуществляется для определения порядка отработки карьера и более точной оценки дисконтированного денежного потока для определенного сценария. После анализа ряда вариантов промежуточных оболочек и календарного планирования добычи, специалистами WAI было выбрано три промежуточных оболочки карьера Бесапантау.

Эти оболочки затем использовались в качестве основы для проектирования промежуточных контуров карьера.

Проект промежуточных контуров карьера предусматривает откаточные дороги и съезды, уступы/бермы и учитывает геотехнические условия, представлены в разделе 4.2.4 настоящего отчета. Стринговые файлы и каркасы контуров карьера были созданы в программном обеспечении «Datamine Studio OP» и выгружены в виде файлов .dxf.

4.5.2.2 *Исходные условия проектирования карьера*

При проектировании промежуточных контуров карьера были приняты следующие исходные условия:

- Двухполосный внутрикарьерный съезд шириной 27,5 м и уклоном 8 %;
- Максимальная высота уступа 30 м с отработкой подступами 5–15 м для обеспечения надлежащего разграничения руды и породы на отдельных участках;
- Расположение съездов для промежуточных контуров карьера выбиралось по возможности на нерабочих бортах с теми же точками заезда;
- Максимальная скорость вертикального понижения горных работ 100 м в год на очередь.

4.5.2.3 *Проектные контуры карьера Бесапантау*

Контур карьера Бесапантау №1

Контур карьера Бесапантау №1 служит стартовым карьером в южной части предельного контура и включает уступы от поверхности до глубины примерно 100 м от дневной поверхности. Заезд в карьер этой очереди осуществляется по съезду в нерабочем борту, выходящем из карьера в юго-восточной части.

В исходную оптимизированную оболочку карьера Бесапантау №1 из соображений эксплуатационной целесообразности были внесены незначительные конструктивные изменения, в частности:

- Расширение чаши карьера до предельного борта в южной и восточной части для возможности использования откаточной дороги в этом борту.

На Рис. 4.6 представлен проектный контур Бесапантау №1 внутри предельного контура и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой.

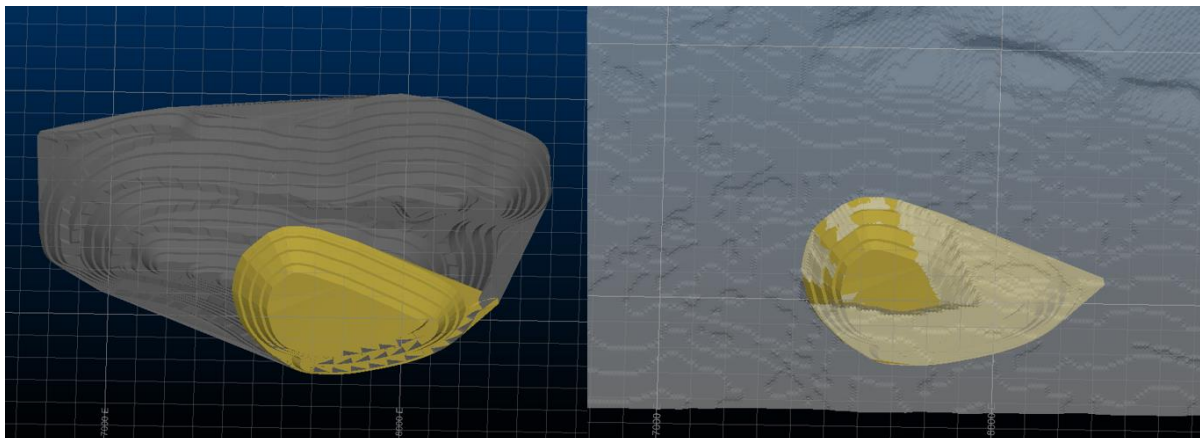


Рис. 4.6: Контур карьера Бесапантау №1 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)

Промежуточный контур карьера Бесапантау №2

Промежуточный контур карьера Бесапантау №2 расположен в центральной части предельного карьера, включает территорию, охваченную контуром №1, и представляет собой его продолжение на север и запад. Контур №2 включает уступы от поверхности до относительной отметки 400м и предусматривает отработку до предельной глубины в северной части. Заезд в карьер этой очереди осуществляется по съезду в нерабочем борту, выходящему из карьера в юго-восточной части.

Учитывая неоднородность конструкции исходного оптимизированного контура №2, при проектировании в него были внесены конструктивные изменения, чтобы обеспечить единообразие конструкции и сохранить эксплуатационную жизнеспособность. Чаша была существенно расширена в западном и юго-восточном борту для сохранения целесообразного пути доступа к северному продолжению карьера.

На Рис. 4.7 ниже показан проектный промежуточный контур Бесапантау №2 внутри предельного контура и в сравнении с соответствующей исходной оптимизированной оболочкой.

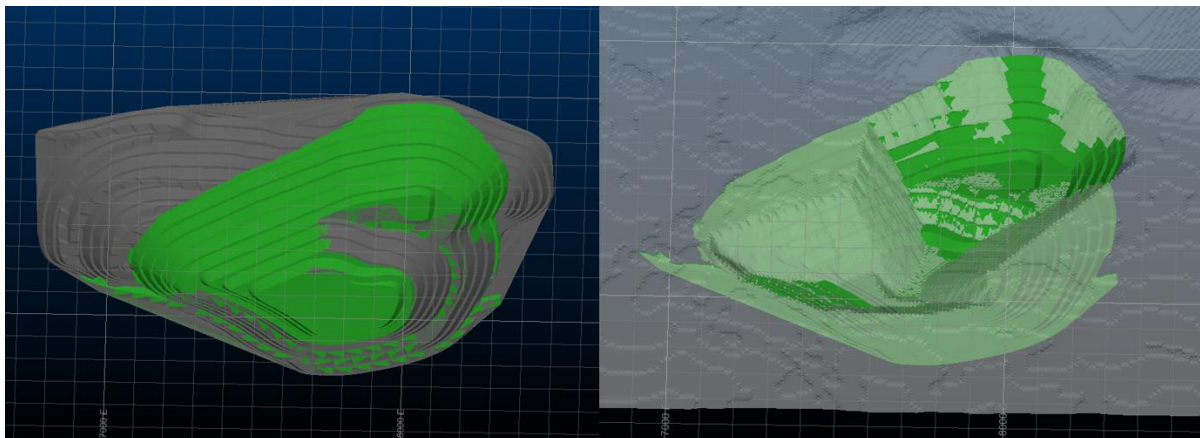


Рис. 4.7: Контур карьера Бесапантау №2 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)

Контур карьера Бесапантау №3

Промежуточный контур карьера Бесапантау №3 охватывает всю восточную часть предельного карьера и включают уступы от поверхности до относительной отметки 400м. Контур № 3 включает второй въезд в карьер по съезду на нерабочем борту, выходящему из карьера в западной части в дополнение к юго-восточному заезду.

В исходный оптимизированный контур были внесены конструктивные изменения из соображений эксплуатационной целесообразности, в частности:

- Расширение чаши карьера до предельного борта в северо-восточной части для обеспечения требуемой минимальной выемочной мощности;
- Исключение западного продолжения карьера для обеспечения жизнеспособного коэффициента вскрыши при отработке предельного контура №4;
- Уменьшение глубины карьера до относительной отметки 400 м для обеспечения целесообразного среднего расстояния откатки.

Рис. 4.8 представлен проектный контур Бесапантау №3 внутри предельного контура и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой.

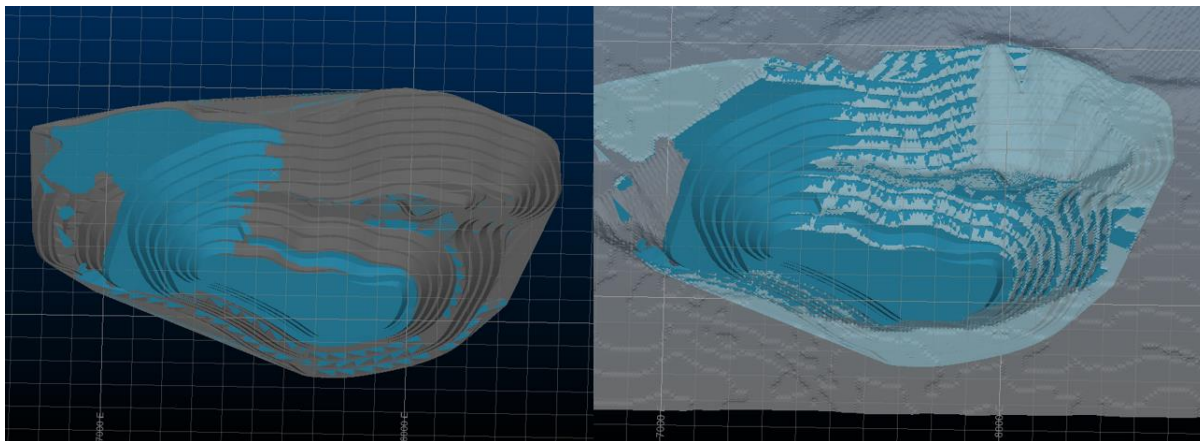


Рис. 4.8: Контур карьера Бесапантау №1 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)

Предельный контур карьера Бесапантау №4

Текущий проект карьера Бесапантау был разработан заказчиком на основе вышеприведенных проектных параметров. На основе этого проекта карьера был впоследствии рассчитан календарный план добычи и выполнен подсчет извлекаемых запасов.

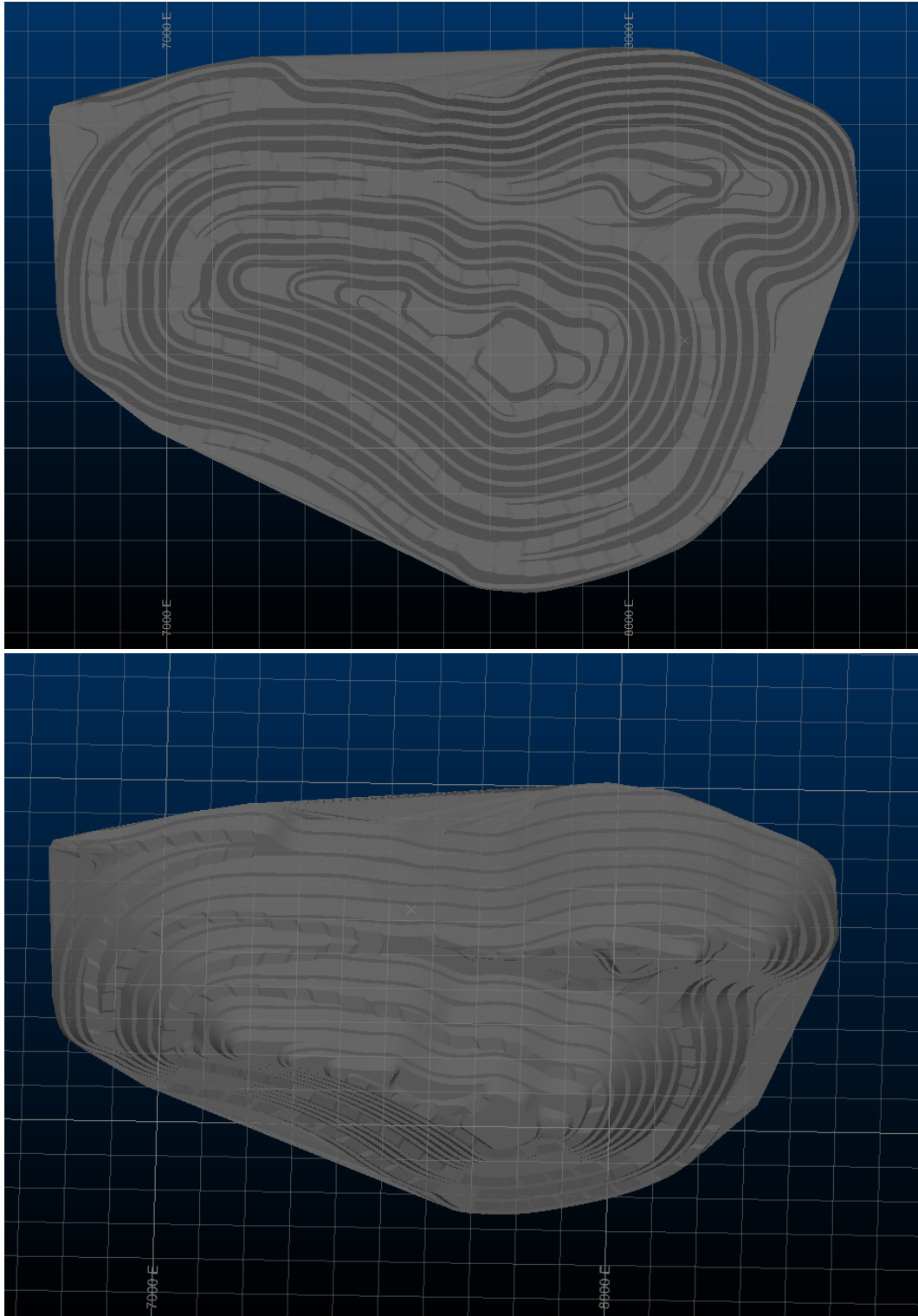


Рис. 4.9: Предельный контур карьера Бесапантау

4.5.3 Проект карьера Балпантау

4.5.3.1 Общие сведения

Проектирование карьера Балпантау было выполнено инженерно-техническим отделом НГМК и включает разработку проекта карьера в предельном положении. Генеральные углы откоса бортов для каждого сектора карьера были приняты на основе геотехнических условий, определенных в ходе последних геотехнических исследований.

Таким образом, проект чаши карьера в предельном положении, на основе которого был определен срок эксплуатации карьера и впоследствии выполнена оценка извлекаемых запасов месторождения Бесапантау (*pro_balpantau_cpb.dxf*), был подготовлен заказчиком и проверен специалистами WAI. Конструкция карьера примерно эквивалентна оптимизированной оболочке при базовой цене золота 1650 \$США за унцию.

После завершения проектирования карьера в предельном положении были построены оптимизированные оболочки промежуточных очередей отработки карьера, на основе которых далее выполнялось проектирование промежуточных контуров.

Построение промежуточных контуров осуществляется для определения порядка отработки карьера и более точной оценки дисконтированного денежного потока для определенного сценария. После анализа ряда вариантов промежуточных оболочек и календарного планирования добычи, специалистами WAI было выбрано три промежуточных оболочки карьера Бесапантау.

Эти оболочки затем использовались в качестве основы для проектирования промежуточных контуров карьера.

Проект промежуточных контуров карьера предусматривает откаточные дороги и съезды, уступы/бермы и учитывает геотехнические условия, представлены в разделе 4.2.4 настоящего отчета. Стринговые файлы и каркасы контуров карьера были созданы в программном обеспечении «Datamine Studio OP» и выгружены в виде файлов .dxf.

4.5.3.2 Исходные условия проектирования карьера

При проектировании промежуточных контуров карьера были приняты следующие исходные условия:

- Двухполосный внутрикарьерный съезд шириной 27,5 м и уклоном 8 %;
- Максимальная высота уступа 30 м с отработкой подступами 5–15 м для обеспечения надлежащего разграничения руды и породы на отдельных участках;
- Расположение съездов для промежуточных контуров карьера выбиралось по возможности на предельных бортах с теми же точками заезда;
- Максимальная скорость вертикального понижения горных работ 100 м в год на очередь.

4.5.3.3 Проектные контуры карьера Балпантау

Контур карьера Балпантау №1

Контур карьера Бесапантау №1 служит стартовым карьером в северо-западной части предельного контура и включает уступы от поверхности до относительной отметки 100 м. Заезд в карьер этой очереди осуществляется по съезду на нерабочем борту, выходящей из карьера в северо-западной части.

В исходную оптимизированную оболочку карьера Балпантау №1 из соображений эксплуатационной целесообразности были внесены незначительные конструктивные изменения, в частности:

- Расширение чаши карьера до предельного борта в западной и северной части для возможности использования основного откаточного маршрута в этом борту;
- Ограничение глубины контура №1 до отн. отметки 190 м, чтобы максимизировать вскрытие руды без ущерба для выемочной мощности.

На Рис. 4.10 представлен проектный контур Балпантау №1 внутри предельного контура и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой.

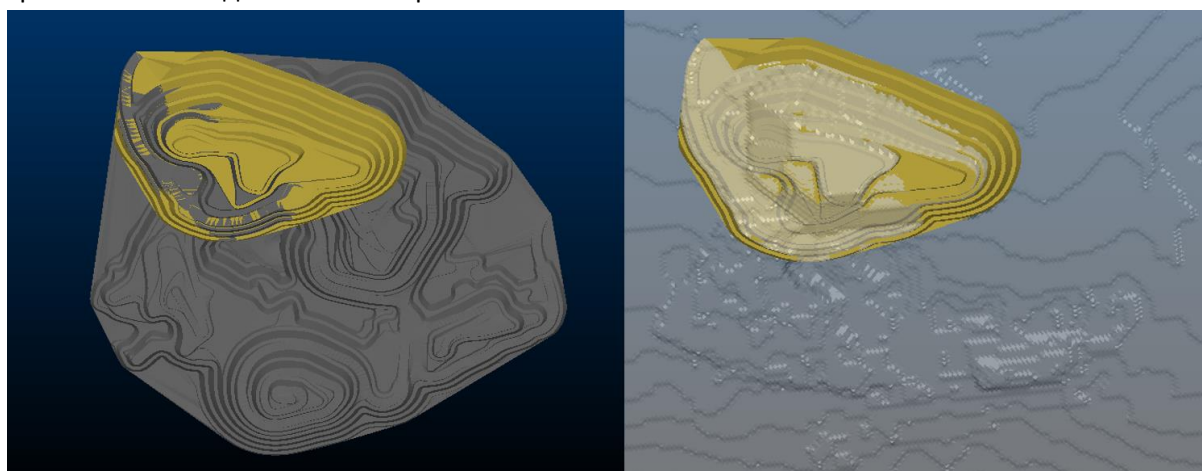


Рис. 4.10: Контур карьера Балпантау №1 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)

Промежуточный контур карьера Балпантау №2

Промежуточный контур карьера Балпантау №2 расположен в северной части карьера, включает территорию, охваченную контуром №1, и представляет собой его продолжение к востоку. Контур №2 включает уступы от поверхности до относительной отметки 180м и предусматривает отработку до предельной глубины на участке контура №1. Заезд в карьер этой очереди осуществляется по съезду в нерабочем борту, выходящему из карьера в северо-западной части.

В исходный оптимизированный контур №2 при проектировании были внесены конструктивные изменения – карьер был значительно расширен в восточном направлении для увеличения извлечения руды и оптимизации коэффициента вскрыши в середине срока эксплуатации карьера и для подготовки варианта заезда в карьер 3-ей очереди.

На Рис. 4.11 ниже показан проектный промежуточный контур Балпантау №2 внутри предельного контура и в сравнении с соответствующей исходной оптимизированной оболочкой.

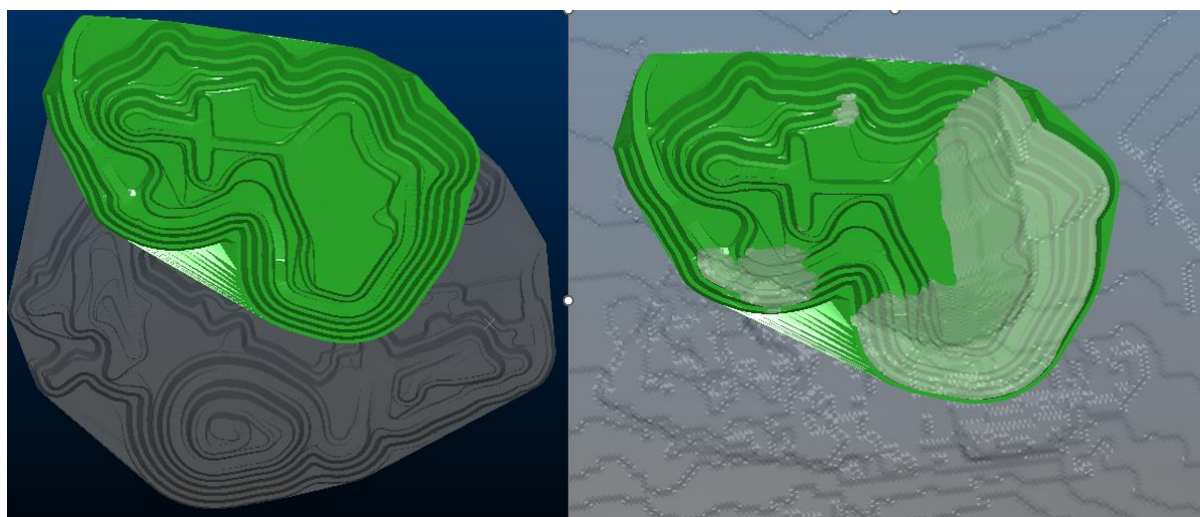


Рис. 4.11: Контур карьера Балпантау №2 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)

Контур карьера Балпантау №3

Промежуточный контур карьера Балпантау №3 охватывает всю северную часть предельного контура карьера и включают уступы от поверхности до относительной отметки 190м. Контур №3 включает второй въезд в карьер по съезду в нерабочем борту, выходящему из карьера в восточной части в дополнение к северо-западному заезду.

В исходный оптимизированный контур были внесены конструктивные изменения из соображений эксплуатационной целесообразности, в частности:

- Крупномасштабное расширение чаши карьера до предельного положения борта в северо-западной, северное и северо-восточной и мелкомасштабное расширение в восточном борту для создания дополнительных маршрутов въезда/выезда;
- Исключение южного продолжения карьера для обеспечения целесообразных расстояний откатки и жизнеспособного коэффициента вскрыши с учетом расширения в северной части контура №3.

На Рис. 4.12 ниже показан проектный промежуточный контур Балпантау №3 внутри предельного контура и в сравнении с соответствующей исходной оптимизированной оболочкой.

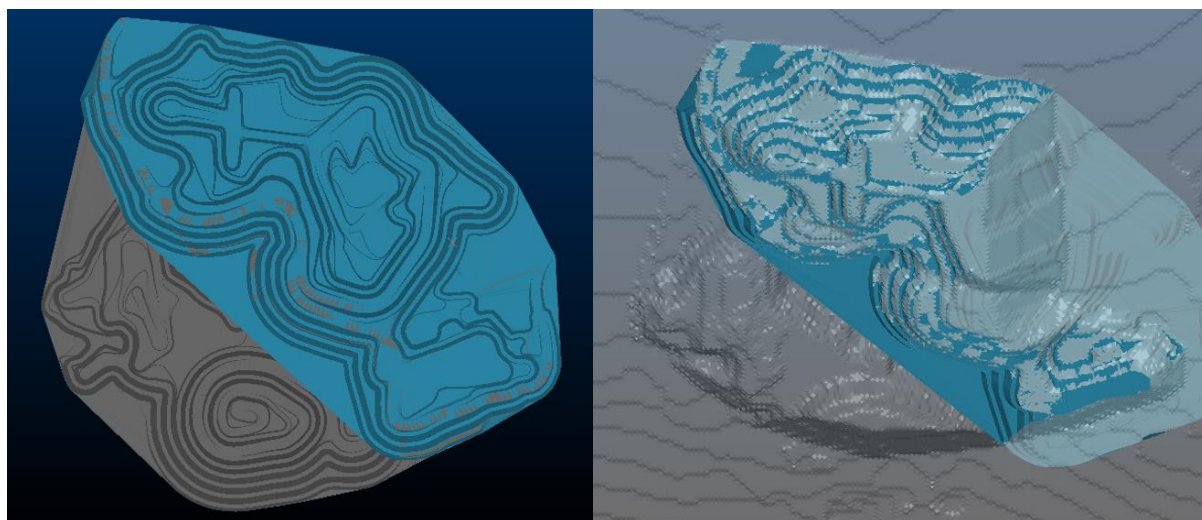


Рис. 4.12: Контур карьера Балпантау №3 внутри предельного контура (слева) и в сравнении с исходной оптимизированной оболочкой (справа)

Предельный контур карьера Балпантау №4

Текущий проект карьера Балпантау был разработан заказчиком на основе вышеприведенных проектных параметров. На основе этого проекта карьера был впоследствии рассчитан календарный план добычи и выполнен подсчет извлекаемых запасов.

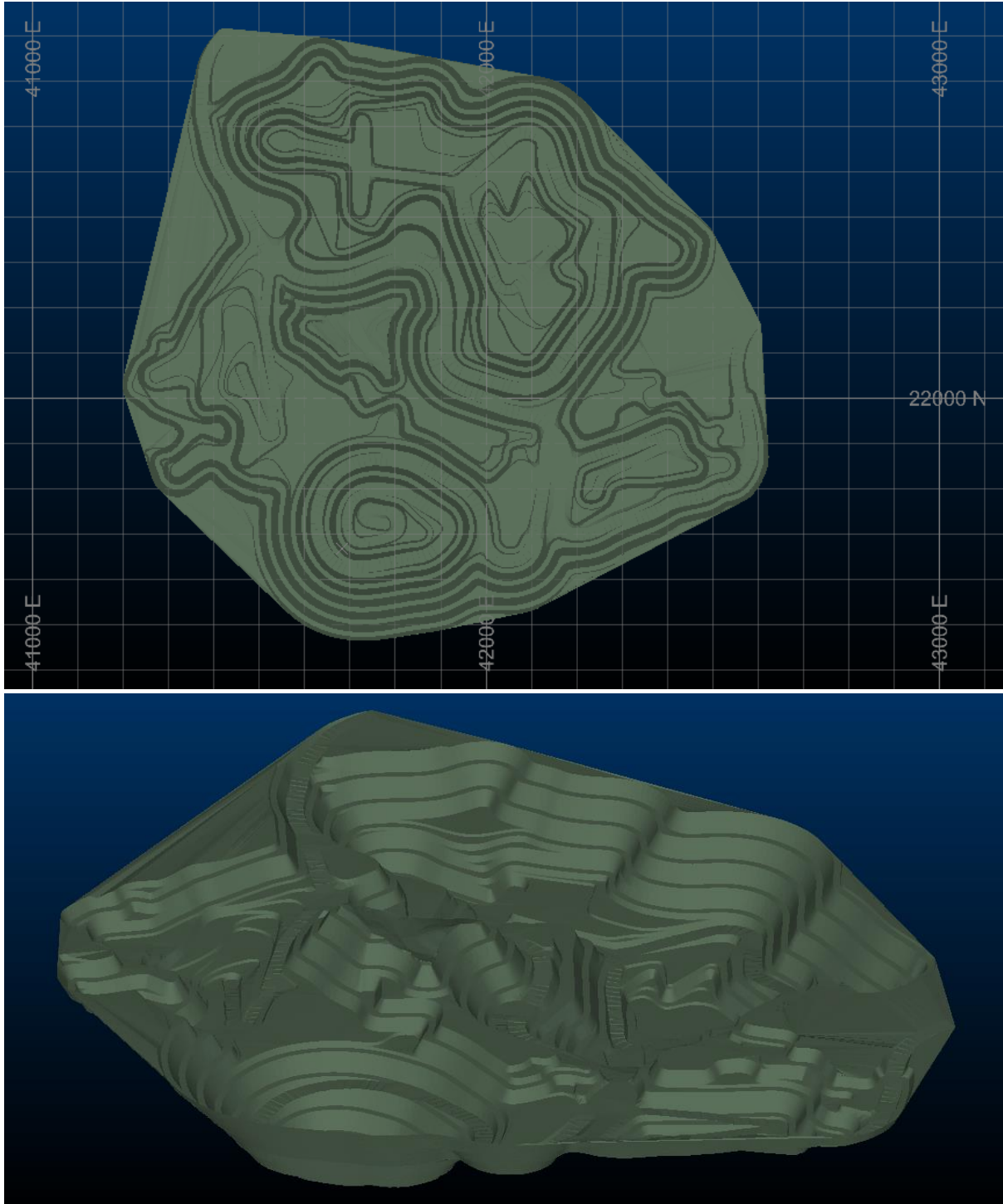


Рис. 4.13: Предельный контур карьера Балпантау

4.6 Календарный план добычи

4.6.1 Общие сведения

Календарное планирование добычи для Мурунтауского кластера выполнялось с помощью специализированного программного обеспечения «Datamine Studio NPVS» на основе промежуточных контуров, построенных специалистами WAI внутри предельных контуров, разработанных и предоставленных заказчиком.

В расчет календарного графика добычи в качестве жизнеспособного сырья для перерабатывающих комплексов были вовлечены минеральные ресурсы всех трех категорий, включая «измеренные», «выявленные» и «предполагаемые». Однако, в экономической оценке учитывался доход из расчета только «измеренных» и «выявленных» минеральных ресурсов, которым при переводе в извлекаемые запасы были присвоены категории «вероятные» и «доказанные» соответственно.

4.6.2 Календарный план добычи карьера Мурунтау

При расчете календарного плана добычи карьера Мурунтау были приняты следующие основные исходные условия:

- Макс. общий объем добычи руды: 47,0 млн. т в год;
- Макс. общий объем перемещения горной массы: 105 млн м³ в год.

В связи с чрезмерно высокими объемами вскрыши в первые годы отработки специалистами WAI были построены два промежуточных контура (контур Мютенбай №1 и контур Мурунтау №1) для вскрытия большего объема руды на участке Мютенбай параллельно с вскрышными работами на участке Мурунтау. Вскрыша на Мурунтау в годы с 1 по 4 календарного плана добычи будет иметь решающее значение для обеспечения устойчивого коэффициента вскрыши на оставшуюся часть срока эксплуатации рудника.

Максимальный объем перемещения горной массы 105 млн. м³ из карьера ограничивает общий объем добычи руды в 1 и 2 годы из-за большого объема вскрышных работ, необходимых для вскрытия руд в западной части карьера Мурунтау. Соответственно, WAI предполагает, что общее питание обогатительного комплекса будет дополнено сырьем с рудных складов, где имеется около 37,5 млн. т с содержанием золота 0,54 г/т в категории «выявленные».

Таб. 4.15: Календарный план Мурунтау-Мютенбай на весь срок эксплуатации рудника

Год	Горная масса (млн.т)	Объем (млн. м ³)	Руда, подаваемая на фабрику (млн.т)	Содержание в руде, подаваемой на фабрику (г/т Au)	Всего пусто породы (млн.т)	Коэффициент вскрыши (т породы : т руды)	Ресурсы категории «выявленные» (млн.т)	Содержание в «выявленных» (г/т Au)
1	270	104	17.4	0.78	253	14.53	15.3	0.78
2	276	106	35.3	0.85	241	6.83	30.0	0.84

Таб. 4.15: Календарный план Мурунтау-Мютенбай на весь срок эксплуатации рудника

Год	Горная масса (млн.т)	Объем (млн. м ³)	Руда, подаваемая на фабрику (млн.т)	Содержание в руде, подаваемой на фабрику (г/т Au)	Всего пусто породы (млн.т)	Коэффициент вскрыши (т породы : т руды)	Ресурсы категории «выявленные» (млн.т)	Содержание в «выявленных» (г/т Au)
3	247	95.0	47.0	0.95	200	4.26	40.2	0.95
4	258	99.4	47.0	0.92	211	4.50	39.9	0.90
5	274	105	47.0	0.91	227	4.83	40.1	0.92
6	261	100	47.0	0.94	214	4.56	41.3	0.96
7	285	109	47.0	0.87	237	5.05	41.3	0.88
8	254	97.7	47.0	0.84	207	4.40	37.9	0.86
9	266	102	47.0	0.97	219	4.66	37.8	0.99
10	242	92.9	47.0	1.03	195	4.14	44.6	1.04
11	217	83.6	47.0	1.06	170	3.63	44.4	1.07
12	224	86.1	47.0	1.04	177	3.76	43.2	1.06
13	217	83.6	47.0	1.05	170	3.62	42.7	1.06
14	226	87.1	47.0	1.05	179	3.82	40.2	1.07
15	209	80.3	47.0	1.25	162	3.45	40.4	1.30
16	281	108	47.0	1.20	234	4.98	38.9	1.24
17	265	102	47.0	1.32	218	4.63	38.9	1.38
18	271	104	47.0	1.24	224	4.77	38.7	1.29
19	253	97.4	47.0	1.18	206	4.39	40.3	1.22
20	255	98.1	47.0	1.20	208	4.43	42.7	1.22
21	243	93.6	47.0	1.11	196	4.17	41.1	1.12
22	233	89.8	47.0	1.11	186	3.97	41.7	1.12
23	251	96.4	47.0	1.07	204	4.33	43.7	1.09
24	210	80.6	47.0	1.12	163	3.46	40.5	1.16
25	181	69.7	47.0	1.12	134	2.86	43.3	1.13
26	144	55.3	47.0	1.08	96.8	2.06	45.5	1.08
27	110	42.5	47.0	1.11	63.4	1.35	43.8	1.13
28	82.9	31.9	47.0	1.08	35.9	0.76	42.1	1.09
29	70.3	27.0	47.0	1.08	23.3	0.50	43.0	1.10
30	63.5	24.4	47.0	1.14	16.5	0.35	41.1	1.16
31	68.9	26.5	47.0	1.08	21.9	0.47	40.5	1.08
32	73.7	28.4	47.0	1.13	26.7	0.57	36.8	1.11
33	43.6	16.8	31.9	1.01	11.7	0.37	21.3	0.95
Итого	6,827	2,626	1,495	1.07	5,333	3.57	1,303	1.08

4.6.3 Календарный план добычи карьера Беспантау

Специалистами WAI был разработан детальный график добычи на основе объема добываемой руды и необходимого питания обогатительного комплекса с карьера Беспантау в объеме 5,0 млн. тонн в год.

Расчет календарного плана добычи карьера Бесапантау был выполнен с помощью программного обеспечения «Datamine NPV Scheduler» на основе подсчета запасов внутри проектного предельного контура карьера и с учетом промежуточных контуров. Календарное планирование осуществлялось по принципу максимально позднего извлечения вскрышных пород и прямой поуступной отработки руд с максимальной скоростью понижения горных работ 100 м за период, при этом избегалась ультраселективная добыча.

В Таб. 4.16 ниже представлен календарный график добычи карьера Бесапантау на весь срок эксплуатации.

Таб. 4.16: Календарный план Бесапантау на весь срок эксплуатации рудника							
Год	Горная масса (млн.т)	Руда, подаваемая на фабрику (млн.т)	Содержание в руде, подаваемой на фабрику (г/т Au)	Всего пустой породы (млн.т)	Коэффициент вскрыши (т породы : т руды)	Ресурсы категории «выявленные» (млн.т)	Содерж. Au в «выявленных» ресурсах (г/т)
1	38.09	5.00	0.91	33.09	6.62	4.05	0.91
2	37.92	5.00	0.95	32.92	6.58	4.13	0.95
3	38.40	5.00	0.87	33.40	6.68	3.53	0.90
4	39.55	5.00	0.91	34.55	6.91	4.06	0.92
5	38.33	5.00	0.90	33.33	6.66	4.10	0.93
6	36.01	5.00	0.92	31.01	6.20	4.17	0.94
7	36.79	5.00	0.91	31.79	6.36	4.48	0.92
8	35.75	5.00	0.91	30.75	6.15	4.25	0.93
9	35.99	5.00	0.91	30.99	6.20	4.01	0.91
10	36.30	5.00	0.97	31.30	6.26	3.98	0.95
11	34.60	5.00	1.01	29.60	5.92	3.87	1.04
12	33.40	5.00	1.00	28.40	5.68	3.99	1.04
13	32.51	5.00	1.06	27.51	5.50	4.33	1.09
14	31.87	5.00	1.03	26.87	5.37	4.56	1.06
15	10.94	4.56	1.01	6.38	1.40	4.55	1.01
Total	516.43	74.56	0.95	441.88	5.93	62.08	0.97

4.6.4 Календарный план добычи карьера Балпантау

Специалистами WAI был разработан детальный график добычи на основе объема добываемой руды и необходимого питания обогатительного комплекса с карьера Балпантау в объеме 5,0 млн. тонн в год.

Расчет календарного плана добычи карьера Бесапантау был выполнен с помощью программного обеспечения «Datamine NPV Scheduler» на основе подсчета запасов внутри проектного предельного контура карьера и с учетом промежуточных контуров. Календарное планирование осуществлялось по принципу максимально позднего извлечения вскрышных пород и прямой поуступной отработки руд с максимальной скоростью понижения горных работ 100 м за период, при этом избегалась ультраселективная добыча.

Ниже Таб. 4.17 представлен календарный график добычи карьера Балпантау на весь срок эксплуатации.

Таб. 4.17: Календарный план Балпантау на весь срок эксплуатации рудника							
Год	Горная масса (млн.т)	Руда, подаваемая на фабрику (млн.т)	Содержание в руде, подаваемой на фабрику (г/т Au)	Всего пустой породы (млн.т)	Коэффициент вскрыши (т породы : т руды)	Ресурсы категории «выявленные» (млн.т)	Содерж. Au в «выявленных» ресурсах (г/т)
1	22.94	2.55	1.20	20.39	7.99	1.95	1.23
2	19.82	2.97	1.19	16.86	5.68	2.65	1.21
3	19.30	3.00	1.10	16.30	5.43	2.65	1.12
4	19.08	3.00	1.07	16.08	5.36	2.62	1.09
5	18.29	3.00	1.01	15.29	5.10	2.53	1.03
6	19.10	3.00	1.05	16.10	5.37	2.16	1.07
7	17.25	3.00	1.06	14.25	4.75	2.04	1.08
8	17.06	3.00	1.03	14.06	4.69	2.30	1.07
9	15.06	3.00	0.99	12.06	4.02	2.41	1.01
10	14.57	3.00	1.00	11.57	3.86	2.53	1.01
11	15.52	3.00	0.96	12.52	4.17	2.75	0.97
12	15.77	3.00	0.96	12.77	4.26	2.61	0.97
13	14.66	3.00	0.95	11.66	3.88	2.82	0.95
14	15.05	3.00	0.99	12.05	4.02	2.73	1.00
15	15.42	3.00	0.98	12.42	4.14	2.60	0.99
16	0.72	0.28	1.09	0.44	1.54	0.19	1.13
Итого	259.62	44.81	1.04	214.82	4.79	37.53	1.05

5 ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

5.1 Введение

Специалистам Wardell Armstrong International (WAI) для проведения настоящего анализа по геотехнической части были предоставлены Заказчиком геотехнические материалы, охватывающие работы, выполненные Институтом ВНИМИ и SRK Consulting в 2021 и 2022 годах. По завершении анализа геотехнических данных специалистами WAI были предоставлены рекомендации по проектированию откосов для использования при оценке извлекаемых запасов.

Мурунтауский кластер расположен в районе хребта Мурунтау южной части гор Тамдытау, в 30 км к востоку от города Зарафшан на юге центральной части Республики Узбекистан. Проект Навои состоит из пяти карьеров: Мурунтау, Мютенбай, Чукуркудук, Балпантау и Бесапантау.

Объем выполненных геотехнических работ, представленных в настоящем отчете, включает изучение имеющихся данных по карьерам Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау и Балпантау. Следует отметить, что месторождения Мурунтау и Мютенбай для целей настоящего отчета рассматриваются как одно месторождение.

Месторождение Чукуркудук было исключено из объема работ по требованию Заказчика по причине неуверенности в качестве полученных данных.

5.2 Описание объекта

Проект Навои расположен в Центрально-Кызылкумской горнодобывающей провинции Тамдынского района Навоийской области Республики Узбекистан. Месторождения Мютенбай и Мурунтау расположено в 30 км к востоку от города Зарафшан и в 200 км к северу от города Навои. Месторождение Бесапантау расположено в северо-западной части рудного поля Мурунтау, в 32 км к юго-востоку от Зарафшана.

Согласно отчету SRK 2019 г., из карьеров было извлечено около 1,2 млрд. м³ горной массы, что соответствует примерно 700 млн. т руды, содержащей более 1600 тонн золота.

Месторождение Мурунтау открыто в 1958 году, эксплуатируется с 1967 года. Разведка на месторождении Мютенбай ведется с 1973 года, запасы месторождения поставлены на государственный баланс в 1977 году. С начала разработки месторождения были разработаны и реализованы проекты рудника очередей 1, 2, 3, 4 и объектов постоянной инфраструктуры.

Месторождение Бесапантау было открыто в 1964 году в северо-западной части рудного поля Мурунтау. Детальная разведка в 1978–1980 годах подтвердила его экономическую ценность, а дальнейшая разведка в 1981–1984 и 1986–1995 годах позволила более точно оценить его запасы.

На сегодняшний день на месторождениях проведены всесторонние геотехнические исследования, в том числе в ходе программы на 2021-2022 годы собраны новейшие геотехнические данные. В отчете SRK Consulting 2019 г. анализ включал принятие ряда условных допущений из-за ограниченного на тот момент объема геотехнических данных. В рамках настоящего исследования для большей полноты специалистами WAI были рассмотрены некоторые дополнительные данные.

5.3 Геологическое строение месторождений

5.3.1 Геология месторождений

5.3.1.1 Мурунтау и Мютенбай

Все породы метаморфизированы в зеленосланцевой фации и захвачены процессами гидротермального кварц-полевошпатового метасоматоза, с которой связано развитие золоторудной минерализации, особенно широко проявившимися в нижней-средней подсвитах бесапанской свиты.

В северо-восточной части рудного поля ордовикско-силурийские образования общей мощностью около 2500 м несогласно перекрываются карбонатными отложениями нижнего девона, а южнее перекрыты рыхлыми мезокайнозойскими отложениями.

Бесапанская свита разделена на три подсвиты: нижнюю, среднюю и верхнюю. Они залегают без несогласий и включают песчаники и алевролиты с прослоями кварц-хлоритовых, кварц-серцитовых и углисто-сланцевых сланцев.

Мощность подсвит варьируется от 350 до 1000 м. Основные рудные залежи приурочены к средней подсвите, представленной переслаивающимися метатерригенными породами с прослоями и линзами щелочистых, кремнистых и карбонатных пород. Породы сильно изменены в результате метасоматоза.

Приповерхностные магматические образования представлены среднепермскими гранитоидными дайками с потенциальным гранитным массивом на глубине более 4000 м ниже поверхности, с которым могут быть связаны дайки.

5.3.1.2 Бесапантау

Бесапантау является частью бесапанской свиты, которая составляет всю площадь рудного поля и разделена на четыре подсвиты на основе количественного соотношения метаморфизованных песчаников, алевролитов и сланцев. В этом районе свита бесапан имеет мощность около 3000 м и представлена следующими породами:

- SF1: серицит-кварцевые сланцы, в верхней части переходящие в толщи углеродистого кварца.
- SF2: осадочные породы, представленные преимущественно метапесчаниками и метаалевролитами. Нижняя часть подсвиты сложена темными, крупнозернистыми, массивными породами мощностью 200–300 м; верхняя часть представляет собой переслаивание осадочных пород и углисто-хлорит-кварц-серицитовых сланцев.
- SF3: нижняя пачка состоит из метаалевролитов с прослоями сланцев. Породами средней пачки представлены основные площади рудного поля и месторождения. Верхняя пачка сложена более однородными мелкозернистыми породами, преимущественно полимиктовыми метаалевролитами, сланцами и метапесчаниками.
- SF4: характеризуется монотонными прослоями песчаников и хлорит-серицитовых сланцев. Эта подсвита развита преимущественно в северо-западной части карьера.

Бесаяпанская свита перекрывается хребтом Мурунтау, на северных участках присутствуют деворско-силурийская карбонатная толща, известняки с прослоями доломитов, падающие преимущественно на север под углами 50-80°. Метасоматиты развиты по разломам и напластованию горных пород.

Зоны катакластических пород, которые составляют примерно 30-40% месторождения и в пределах которых локализуются основные рудные тела, образуют дугу, восточной частью упирающуюся в разлом Бесаяпантау, а западной образующую часть субширотного простиранья за границей месторождения.

Месторождение характеризуется тремя типами разломов: субсогласными с залеганием, характеризующимися крупномасштабной структурной сложностью; субширотные, которые включают разлом Бесаяпантау; и северо-восточными, определяемыми наличием кварцево-жильного комплекса северо-восточного простиранья. Разлом Бесаяпантау имеет горизонтальное смещение амплитудой более 2000 м с наклоном от 40 до 70° в направлении по азимуту около 360°. На западе зона разлома достигает мощности до 200 м и представлена милонитами, филонитами и субпараллельными зонами разрыва, содержащими дайки.

5.3.2 Стратиграфия

На месторождениях Бесаяпантау, Мурунтау и Мютенбай наиболее распространены обнаженные ордовик-силурийские образования, подразделяемые на тасказганскую и бесаяпанскую свиты общей мощностью около 2500 м. Бесаяпанская свита подразделяется на нижнюю, среднюю и верхнюю подсвиты.

В разрезе тасказганской свиты преобладают углеродисто-слюдисто-кварцевые сланцы и углистые алевролиты. Подразделяется на нижнюю и верхнюю подсвиты. Нижняя сложена неравномерным чередованием линз углистых кремней, мраморизованных известняков и доломитов, а также метабазитов, местами метаморфизованных до зеленосланцевой фации.

Верхняя часть представлена преимущественно микрокристаллическими сланцами по песчаникам, алевролитам и пелитам.

Беспанская свита сложена песчаниками и алевролитами с прослоями кварц-хлоритовых, кварц-серицитовых и углисто-сланцевых сланцев, причем количество углеродсодержащего материала постепенно уменьшается к верхней части разреза. Верхняя пачка сложена преимущественно полевошпатово-кварцевыми песчаниками и алевролитами, кварц-сланцевыми и кварц-хлоритовыми сланцами.

5.3.3 Структура рудного поля

Структуру рудного поля Мурунтау определяют крупные пликативные и дизъюнктивные элементы. В целом рудное поле приурочено к восточной переклинали крупной Тазгазганской антиклинали, осложненной более мелкими складчатыми дислокациями, к одной из которых приурочены месторождения Мурунтау и Мютенбай.

Складчатые структуры пересечены рядом разрывных нарушений. Южный разлом, являясь естественной границей между месторождениями Мурунтау и Мютенбай, имеет северо-восточное, субширотное простирание и субвертикальное падение. Разлом выражен зоной рассланцевания и будинажа мощностью 50-120 м с многочисленными швами милонитов и глинки трения.

Структурный разлом располагается в 2-х км севернее Южного разлома и протягивается параллельно ему при аналогичном субвертикальном падении. Северо-восточный разлом занимает относительно Южного и Структурного диагональное положение, представляет собой взбросо-сдвиг с амплитудой перемещения порядка сотен метров и оказывает заметное влияние на морфологию залежей месторождения Мурунтау.

В целом, структура месторождения Мурунтау определяется его положением в ядерной части локальной синклинали складки, в блоке, ограниченном Структурным (с севера) и Южным (с юга) разломами и осложненным сопряженными с ними диагональными разрывами. Месторождение Мютенбай располагается в южном крыле указанной складки, отделяясь от месторождения Мурунтау зоной Южного разлома. Существенную роль в локализации оруденения на месторождении Мурунтау играют также субсогласные зоны рассланцевания, развивающиеся по горизонтам углеродсодержащих пород вблизи границы тасказганской и беспанской свит.

Деформации в хрупких породах представлены тремя основными типами разрывных нарушений: ранней субсогласной слоистостью, субширотными структурами и структурами северо-восточного простирания.

Локации золотого оруденения контролируются структурными и литологическими факторами, при этом главную роль играют тектонические разломы.

Золоторудное оруденение месторождения Бесапантау определяется тремя системами трещин: северо-западной сетью, падающей под углами 30-60°, восточно-западной сетью, падающей под углами 50-65°, и северо-восточной сетью, падающей под углом 60° и 70°. Рудоносные зоны приурочены преимущественно к крутопадающим структурам.

В бесапанской свите отмечена трещиноватость пород, представленная преимущественно трещинами слоистости, характеризующимися северным падением под углом 50-90°. В доломитах нижнего девона рядом с двумя зонами дробления наблюдается две системы трещин - доминирующая система, падающая под углом 30° в направлении по азимуту 30-60°, и вторичная, падающая под углом 20° в направлении по азимуту 260-290° (северо-запад).

Сланцевая формация состоит из трех систем трещин. Все системы имеют падение от 40° до 50°, но различаются по направлению падения: первая, преобладающая, имеет направление 270-290°, вторая - 60-90°, и третья - 330-340°.

В южной части месторождения большое количество трещин имеет падение в северном направлении под углами от 10° до 20°, меньшее количество падает под более крутыми углами 50° и более в том же направлении. Бесапанский разлом падает в северном направлении под довольно крутым углом.

Юго-западная область в основном содержит трещины напластования с падением до 50° и азимутами 40-60° в переслаивающихся метасоматитах и сланцах, а вторая система имеет падение от 20-40° в направлении 290-310°.

Северо-западная часть характеризуется удлиненными косопадающими (10-40°) трещинами в направлениях от западного до северного. Также очевидна веерная система трещин крутопадающего (40-50°) северо-восточного падения, а также система, падающая на юг под углом около 50°.

5.3.4 Сейсмические условия

Месторождения расположены в сейсмической зоне магнитудой 8-9 баллов по шкале MSK-64, что соответствует PGA_{max} 0,2-0,4.

В международной практике псевдостатический коэффициент K (коэффициент ускорения) определяется эмпирическими методами с учетом рекомендаций, определяющих K от $\frac{1}{4} * PGA_{max}$ до $\frac{1}{2} * PGA_{max}$. В предыдущем отчете SRK за 2019 год был принят средний коэффициент $K = \frac{1}{3} * PGA_{max}$. Сейсмические коэффициенты в диапазоне $K = 0,07 - 0,13g$ соответствуют зоне магнитуды 8-9, поэтому было принято значение $K = 0,13g$.

5.3.5 Гидрогеология

Мурунтау/Мютенбай: месторождения характеризуются наличием трещинных подземных вод и трещинно-жильных вод в пределах палеозойской формации БесAPAN. Как наиболее

обводненные структуры выделены зоны смятия и тектонических разломов. В целом, согласно классификации месторождений Н. И. Плотникова по обводненности, Мурунтауское рудное поле определяется как умеренно обводненное.

Была разработана система водоотлива, которая включает ствол (Шахта М) в северном борту и подземную выработку для перехвата основных водоносных структур. На эту систему не повлияли разработанные проекты рудника, и поэтому специалисты SRK в своем отчете 2019 г. сделали заключение, что влияние вод на устойчивость откоса и затраты на водоотлив были должным образом учтены.

Бесапантау: месторождение характеризуется наличием безнапорных трещинных вод, а пополнение происходит за счет фильтрации или гидростатического выдавливания подземных вод по зонам дробления и трещиноватости.

До глубины 40 м карьер проходится в сухой породе, водопритоки образуются только в периоды интенсивных осадков и затяжных дождей. Наличие дренажных канав в бортах карьеров обеспечит отсутствие необходимости в водоотливных устройствах в карьерах до вскрытия горизонта трещинных вод ниже 40 м от поверхности.

Возможен частичный перехват подземных вод Шахтой М, позволяющий снизить водоприток (в зависимости от водоотлива рудника). По степени влияния подземных вод на устойчивость горных пород, особенно в зонах разломов, Бесапантау относится к сложным ввиду пониженной устойчивости за счет интенсивной дислокации и наличия воды в трещинах, разломах и углистых участках.

5.4 Предыдущие исследования

В отчете SRK Consulting 2019 г. была предоставлена оценка минеральных ресурсов и извлекаемых запасов Мурунтау, Мютенбай и Бесапантау. В рамках данного отчета была выполнена оценка устойчивости откосов трех карьеров.

5.4.1 Мурунтау/Мютенбай

Институтом ВНИМИ проводились длительные (1970 – 1992 гг.) геомеханические исследования и испытания обнажений в карьере и керновых проб, по результатам которых определялись прочностные характеристики горных пород. Все данные были обобщены в геомеханической базе данных. Значительные различия в свойствах наблюдались в разных направлениях относительно напластования, и «геологический показатель прочности» GSI оценивался на основе профессионального умозрительного суждения.

На основе исторического картирования были выделены четыре основных разлома, а также мелкие тектонические трещины, которые можно разделить на три типа в зависимости от морфологии: отслоения, отрыва и скола. Ориентация напластований была определена на основе исторических данных и использована в качестве основы для оконтуривания структурных

доменов, на основе чего впоследствии определялась анизотропия массива горных пород для оценки устойчивости откосов карьера.

Параметры проекта карьера 5-й очереди разработаны компанией «Integra Group» (Предварительное ТЭО, 2014 г.). Параметры уступа из этого отчета оценивались по цилиндрической поверхности скольжения, что специалисты SRK посчитали в большой степени условным допущением и сделали вывод, что данный расчет устойчивости должен считаться очень приблизительным.

Из-за низкой геомеханической изученности месторождения Мурунтау на глубине, специалистами SRK была принята максимально допустимая глубина экстраполяции 200 м от текущей поверхности карьера. Перед оценкой устойчивости откоса SRK откалибровали модель на основе существующих откосов, что позволило учесть исторически выявленные обрушения.

Генеральный угол откоса борта проектного карьера, на основе которой SRK выполняли оценку, составлял от 27° до 36°, однако из-за низкой геомеханической изученности были учтены следующие условные допущения:

- Литолого-структурная модель – расположение разломов разных порядков, углеродистых сланцев и зон сдвига в прибортовом массиве;
- Недостаточные данные о прочности и строении горного массива на нижних горизонтах;
- Отсутствие статистических данных по ориентации систем трещин (за исключением напластования).

5.4.2 Бесапантау

Объем базы данных составляет 123 931,2 м бурения и 49 628 проб. Однако, данные документирования скважин и горных выработок включали ограниченный объем литологического описания, геологическая модель была разработана на основе геологической карты Мурунтау, проекций рудных тел Бесапантау и подсчетных разрезов месторождения Бесапантау. Единственным исключением был метасоматит.

Всего было выявлено 14 плоскостей разломов, которые были ориентированы в соответствии с имеющимися линейными структурными данными.

В рамках анализа устойчивости SRK были рассмотрены исторические данные, и для разработки месторождения Бесапантау были предложены следующие параметры, взятые из технико-экономического обоснования (ТЭО) геологоразведочных кондиций для проекта открытой разработки месторождения Бесапантау, 2016 г.:

- Глубина карьера 336м.
- Генеральный угол откоса 46°.
- Параметры уступа: $H = 15\text{м}$, $\alpha = 75^\circ$, $b = 10\text{м}$.
- Ширина съезда 20м.

На месторождении выделено три основных комплекса трещин: трещины напластования, трещины отслоения и трещины отрыва.

Согласно полученным результатам оценки устойчивости откосов, рекомендуемый генеральный угол откоса борта карьера составил 38° до 49° , максимальный генеральный угол откоса - от 42° до 50° . На момент подготовки отчета SRK не было возможности оценить параметры уступа и бермы из-за ограниченного объема данных о трещинах и отсутствия данных о прочности контактов. Было отмечено, что южные уступы, вероятно, будут наименее устойчивыми из-за вскрытия напластования 30° и поэтому должны иметь более широкие бермы.

5.5 МУРУНТАУ/МЮТЕНБАЙ

Отчеты SRK Consulting за октябрь 2022 г. и август 2023 г. охватывают создание геомеханической блочной модели, расчет уступов и последующие проверочные расчеты.

5.5.1 Этап 2.1: Создание литолого-структурной и геомеханической блочной модели

Установлено, что все разломы простираются в северо-восточном направлении, а угол падения плоскостей объединяет их в две основные и две второстепенные системы: основные системы падают в северо-западно-юго-восточном направлении, а вторичные - перпендикулярно основным.

По результатам программы геомеханического бурения 2021–2022 гг. (от GT-SRK-001 до GT-SRK-019), сгруппированным с данными картирования Sirovision, были зафиксированы крутые открытые трещины. В пробах, отобранных для лабораторных исследований, было выявлено шесть литотипов, в том числе три группы сланцев, которые подразделялись по прочности следующим образом:

- Четвертичные выветрелые приповерхностные отложения.
- Метасланцы (до 60 МПа).
- Углистые сланцы (– до 100 МПа).
- Сланцы (<100 МПа).
- Метасоматиты.
- Переслаивание алевролитов и сланцев.

На основе анализа данных определены основные домены построения геомеханической блочной модели. Каркасы были созданы SRK с использованием программного обеспечения Leapfrog, при этом были приняты следующие исходные условия:

- Толща представляет собой частое переслаивание пород
- Количество скважин для построения – 19 шт.
- На месторождении пликативные деформации

- Гранитный батолит находится на большой глубине и не отражается в модели
- Геомеханическими скважинами не были пересечены дайки – они не отражены в модели
- Основная база данных скважин не имеет литологического описания

SRK рекомендовали проводить картирование бортов карьера и подземных горных выработок с замерами слоистости и выявленных разломов, описывать при картировании контакты пород, контакты трещин и разломов, что значительно улучшило бы детализацию блочной модели. Необходимо производить замеры слоистости и трещиноватости, так как существуют предпосылки пологого погружения слоистости в северо-восточном направлении, куда полого погружается минерализация, возможно связанная с минерализацией Мютенбай.

5.5.2 Этап 2.2: Кинематический анализ и проектирование уступов и берм

в рамках кинематического анализа специалистами SRK с использованием программного обеспечения RocScience DIPS были построены стереограммы трещин для каждого домена, включая данные Sirovision и данные буровых скважин. Также было проанализировано расстояние между системами трещин.

На основании проведенных лабораторных испытаний по определению свойств горных пород, в том числе испытаний на сдвиг по контактам трещин (SOJ) и по плоскости распила (SCS), определены следующие обобщенные характеристики остаточной прочности контактов по критерию Мора-Кулона:

- Для естественных трещин (SOJ) – $c' = 0,08$ МПа, $\phi' = 18,7^\circ$.
- Вдоль плоскости распила (SCS) – $c' = 0,05$ МПа, $\phi' = 29,4^\circ$.

В рамках исследования SRK был выполнен кинематический анализ по доменам, как показано на Рис. 5.1 ниже. Анализ устойчивости проводился вдоль основных направлений откосов уступов, показанных красными стрелками.

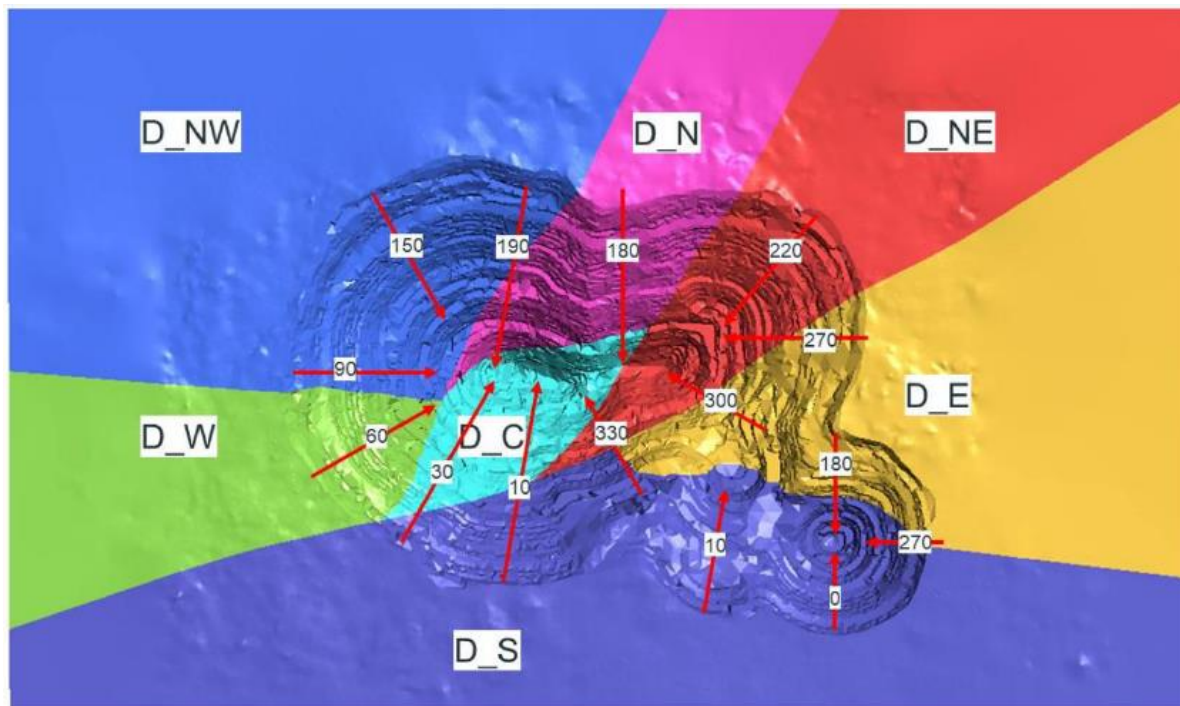


Рис. 5.1 Структурные домены и направления падения откосов месторождения Мурунтау

Результаты кинематического анализа показали наличие возможности плоскостного обрушения в южном, западном, северо-западном, северо-восточном и восточном доменах, клиновидного обрушения - в южном, северном и восточном доменах, обрушения опрокидыванием - в центральных, северо-западных и северных доменах.

Для определения оптимальных параметров уступов и берм были проведены расчеты для уступов высотой 30 м при углах откоса от 45° до 60° с пошаговым увеличением на 5° для разных азимутов направления откосов. Обобщенные параметры уступа, основанные на вероятностных расчетах, представлены в Таб. 5.1 ниже.

Таб. 5.1 Обобщенные параметры уступа по результатам вероятностных расчетов					
Домен	Азимут откоса, (°)	Параметры уступа			
		a (°)	B (м)	H (м)	Угол откоса группы уступов между съездами IRA (°)
D_NW	90 – 150	45	30	10	36.9
	150 – 190	50	30	10	40.5
	90 – 150	55	30	12	42.3
	150 – 190	55	30	12	42.3
D_N	180	50	30	10	40.5
	180	55	30	12	42.3
D_NE	220	50	30	10	40.5
	220	55	30	12	42.3
	300	60	30	12	45.7
	300	50	30	12	38.9

Домен	Азимут откоса, (°)	Параметры уступа			
		a (°)	B (м)	H (м)	Угол откоса группы уступов между съездами IRA (°)
D_E	180	55	30	12	42.3
	270	50	30	10	40.5
	270	55	30	12	42.3
	300	55	30	12	42.3
D_S	0 – 10	45	30	10	36.9
	10	45	30	10	36.9
	180	60	30	12	45.7
	270	55	30	12	42.3
	270	60	30	12	45.7
D_W	60	50	30	12	38.9
	60	55	30	12	42.3
D_C	10	50	30	12	38.9
	10	60	30	12	45.7
	30	45	30	10	36.9
	30	50	30	12	38.9
	30	60	30	12	45.7
	330	60	30	12	45.7

По результатам данного анализа установлены оптимальные параметры уступов и берм для секторов карьера, как показано на Рис. 5.2 ниже.

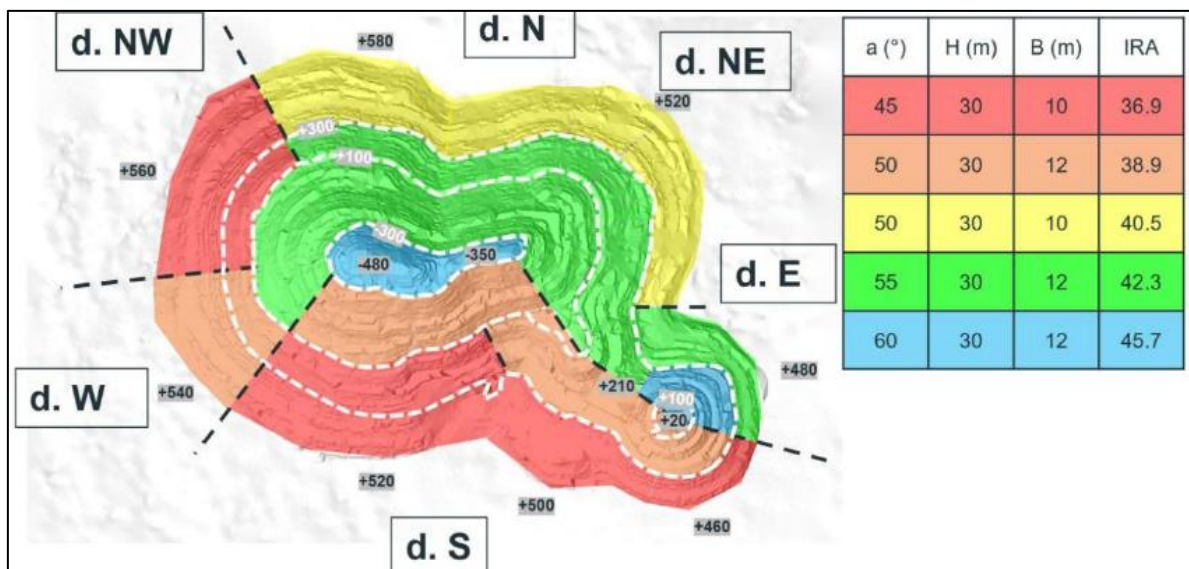


Рис. 5.2 Оптимальные параметры уступов и берм Мурунтау/Мютенбай

5.5.3 Этап 3. Проверочные расчёты устойчивости бортов карьеров Мурунтау, Мютенбай

В рамках исследований специалистами SRK были выполнены проверочные расчеты устойчивости откосов путем анализа физико-механических свойств пород, анализа устойчивости текущего состояния откосов и проектирования окончательного контура карьера.

В ходе анализа свойств пород по пробам из геомеханических скважин установлено, что в южной части карьера присутствуют участки ослабленных пород с пониженными прочностными характеристиками. Испытания на одноосное сжатие показали неоднородность свойств по различным литотипам, при этом метасоматиты, сланцы и метасланцы являются наиболее представительными. Определены обобщенные значения прочностных и деформационных свойств пород месторождения Мурунтау.

Расчеты устойчивости проводились в программе RocScience Slide2 с использованием критерия разрушения Хука-Брауна с функцией анизотропии. Для расчетов были приняты обобщенные свойства по контактам. Анизотропные свойства рассчитаны для разных масштабов откосов и участков откосов (H = 500 м и 200 м), а также для разных типов контактов: напластования, первичных и вторичных систем трещин.

Анализ оползневых деформаций в работе показал, что все они являются контактными оползнями, проявляются в слоистых, падающих в сторону карьера, массивах пород, ослабленных в основании борта пологопадающими тектоническими нарушениями. Анализ показал возникновение крупных деформаций, связанных с Южным и Мютенбайским разломами, при этом деформации активно протекают на южном откосе карьера из-за неблагоприятной плоскостной ориентации напластования.

Расчет устойчивости откосов карьеров был выполнен SRK методом предельного равновесия в программе. Был применен метод Morgenштерна-Прайса и критерий разрушения Хука-Брауна с функцией анизотропии. Расчеты проводились для генерального угла откоса борта и отдельных значений угла откоса между съездами. Результаты показаны в Таб. 5.2 ниже.

Таб. 5.2 Результаты анализа устойчивости откосов карьера Мурунтау/Мютенбай				
Сектор	Генеральный угол откоса (°)	Высота (м)	Коэффициент запаса устойчивости	
			Минимум	Результат
S01	37.7	720	1.3	1.43
S02	32.3	840	1.3	2.81
S03	38.2	317	1.3	2.30
S04	29.1	398	1.3	1.36
S05	28.5	435	1.3	2.63
S06	24.1	269	1.3	1.86
S07	29.8	953	1.3	1.30

S08	30.5	1000	1.3	1.58
S09	33.3	1020	1.3	2.25
S10	35.8	945	1.3	2.49
S11	33.9	798	1.3	1.38

Все полученные коэффициенты запаса устойчивости характеризуют устойчивое состояние откосов ($KЗУ \geq 1,30$).

Для управления рисками при разработке Мурунтау SRK рекомендовало принять следующие меры:

- В местах образования макроблоков вследствие неблагоприятно ориентированных крупных геологических структур, следует осуществлять визуальный и инструментальный мониторинг. При возникновении макроблоков, образованных разломами, следует проводить структурную съемку с ежегодными или периодическими анализами для уточнения местоположения основных структур при отработке уступов карьера.
- Для обеспечения устойчивости уступов необходимо проводить качественные заоткосные работы, чтобы минимизировать воздействие взрывных работ и сохранить прочностные свойства массива.
- Защиту от камнепадов и оползней следует обеспечивать с помощью таких методов, как укрепление откосов и уступов сеткой, барьерами и сетями. Для Мурунтау были спроектированы защитные бермы шириной 25 метров, чтобы улавливать камнепады и предотвращать выпадение вывалов на нижележащие уступы.

Для дальнейшего изучения месторождения специалистами SRK была предложена дополнительная программа геомеханических исследований, которая включала 18 дополнительных скважин, направленных на неблагоприятные локации вокруг карьера: южный откос вдоль Южного Разлома, западный откос Мютенбай и участок Чукукурдук. Скважины были предназначены для вскрытия зон деформации.

В заключении отчета отмечено, что рассмотрено фактическое состояние устойчивости бортов и произошедших деформаций. Наибольшие деформации произошли на южном откосе карьеров Мурунтау и Мютенбай, а также на западном откосе карьера Мурунтау. Основными причинами деформаций явились падение слоистости в сторону выработанного пространства с подсечением откосов, а также наличие зон разломов. Для заверки принятых расчетных свойств были выполнены обратные и калибровочные расчеты устойчивости фактического состояния бортов с учетом произошедших деформаций.

5.6 Беспантау

5.6.1 Этап 2

В рамках инженерно-геологических исследований месторождения Беспантау с целью определения геологических, структурных и литологических особенностей целевых участков

карьера и оценки устойчивости уступов и бортов было пробурено шесть скважин GT-BES1–GT-BES6.

В результате выполненных буровых работ были выявлены выветрелые алевролиты, как правило подстилаемые толщами метасланцев и прослоев сланцев, метасоматитов и кварц-углеродистых сланцев. Падение данной толщи преимущественно составляло от 20° до 50° с переменными азимутами, вызывая благоприятную ориентацию в северо-восточном и южном секторах и неблагоприятную в северо-западном и южном секторах относительно местоположения скважин.

Доломиты выявлены в северо-восточном секторе в благоприятной ориентации с преобладанием системы естественных трещин, реже двух систем. Бесапанский разлом был вскрыт скважиной GT-BES3 в южном секторе и имел неблагоприятное крутое падение на север с зоной дробления мощностью 30 м.

Скважины GT-BES2 и GT-BES5 в восточном и западном секторах указали на ошибку в данных ориентированного керна, показанную в виде кругового распределения измерений. Таким образом, институт ВНИМИ пришел к выводу, что данные ориентации трещин не представляются приемлемыми. У WAI есть некоторая неуверенность в отношении включения этих данных.

5.6.2 Этап 3

Для первоначального анализа устойчивости бортов карьера Бесапантау был использован детерминистический подход. Структурные суб-домены прибортового массива подробно описаны ниже на Рис. 5.3. В Таб. 5.3 представлены результаты расчетов детерминистическим методом для основных секторов карьера с применением более низкого коэффициента запаса устойчивости (1,3) к нижней трети карьера и 1,5 к остальным частям карьера при минимальной ширине бермы безопасности 10м.

Затем был проведен расчет вероятностным методом для основных секторов с приемлемой вероятностью обрушения 25% и КЗУ 1,1. Минимальная ширина бермы безопасности была также принята 10 м, за исключением трех мест, где она была увеличена до 12 м.

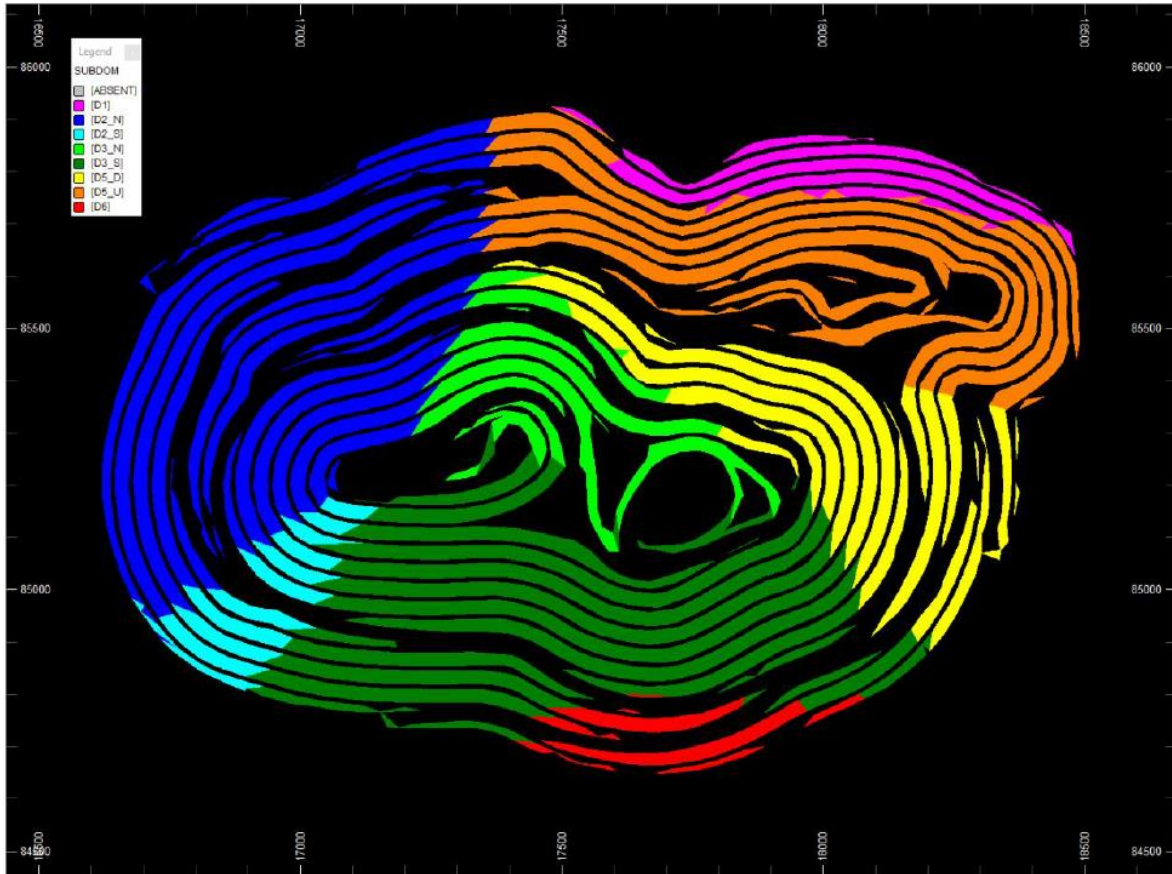


Рис. 5.3 Границы суб-доменов из отчета Института ВНИМИ по 3 этапу

Таб. 5.3 Основные секторы карьеров и соответствующие им углы откоса уступов					
Домен	Суб-домен	Угол откоса рабочего уступа (°)			Угол откоса между съездами (°) при КЗУ = 1.5
		КЗУ = 1.3	КЗУ = 1.5	Вероятность обрушения = 25	
D1	D1	55	65	65	44
D2	D2_N	65	65	65	51
		45	50	60	37
	D2_S	60	65	65	48
		45	45	50	37
D3	D3_N	65	65	65	51
		45	50	55	37
	D3_S	45	45	50	37
D5	D5_U	50	50	60	40
		55	55	65	44
		65	65	65	51
	D5_D	45	50	55	37
		65	65	65	51
		55	55	60	44
		65	65	65	51
		45	50	55	37

Таб. 5.3 Основные секторы карьеров и соответствующие им углы откоса уступов					
Домен	Суб-домен	Угол откоса рабочего уступа (°)			Угол откоса между съездами (°) при КЗУ = 1.5
		КЗУ = 1.3	КЗУ = 1.5	Вероятность обрушения = 25	
D6	D6	55	60	60	44

Устойчивость уступов определялась методом Спенсера в программе RocScience Slide2, а прочностные характеристики горных пород определялись по критерию Хука-Брауна. Результаты показали, что борта карьера имеют достаточный запас устойчивости. Коэффициенты запаса составили от 1,68 до 2,02, что выше рекомендуемого минимального значения 1,3.

В отчете Этапа 3 Института ВНИМИ представлены следующие заключения:

- Предложенные в работе параметры уступов учитывают фактические характеристики трещиноватости. Предложенные углы откосов уступов местами круче ранее приняты на величину до 15°.
- Результаты расчётов устойчивости показывают, что запас устойчивости бортов карьера при представленных значениях будет достаточным. Коэффициенты запаса устойчивости по результатам вычислений составляют от 1.68 до 2.02, что выше рекомендуемого значения $n = 1.3$.
- Численное моделирование подтвердило результаты расчетов устойчивости методом предельного равновесия. Также моделирование показало, какие участки бортов могут быть наименее устойчивы из-за особенностей напряженного состояния и трещиноватости пород.

5.7 Балпантау

На момент составления настоящего отчета каких-либо геотехнических исследований на месторождении Балпантау Заказчиком (или его подрядчиками) не проводилось. Из исторических баз данных были получены значения RQD и информация о структурных разрывах и трещинах, однако какая-либо информация об устойчивости бортов или кинематическом анализе отсутствует.

Заказчиком была предоставлена таблица параметров оптимизации контура карьера (от 21.10.2023), в которой указан генеральный угол откоса борта 41°. Для подтверждения данного значения на последней каркасной модели, предоставленной Заказчиком, специалистами WAI был проведен дополнительный анализ. Результаты анализа показали, что в большинстве локаций карьера генеральный угол откоса борта круче рекомендуемых 41°. Параметры для локаций, показанных на Рис. 5.4, представлены в Таб. 5.4 ниже.

Таб. 5.4 Азимут и угол откоса бортов карьера по участкам		
Участок	Азимут (°)	Угол откоса (°)
1	106.8	38.1
2	177.8	51.1
3	208.4	50.3
4	211	51.9
5	286.8	48.3
6	305.7	45.3
7	335.3	35.2
8	31.0	44.2
9	319.5	40.0
10	30.6	51.2
11	128.0	45.7
12	358.5	49.3
13	101.8	50.9
14	139.5	40.0
15	211.0	44.2
16	31.0	37.8
СРЕДНЕЕ		42.4

Параметры геотехнического проектирования были получены на основе соседних карьеров Мурунтау/Мютенбай и Бесапантау.

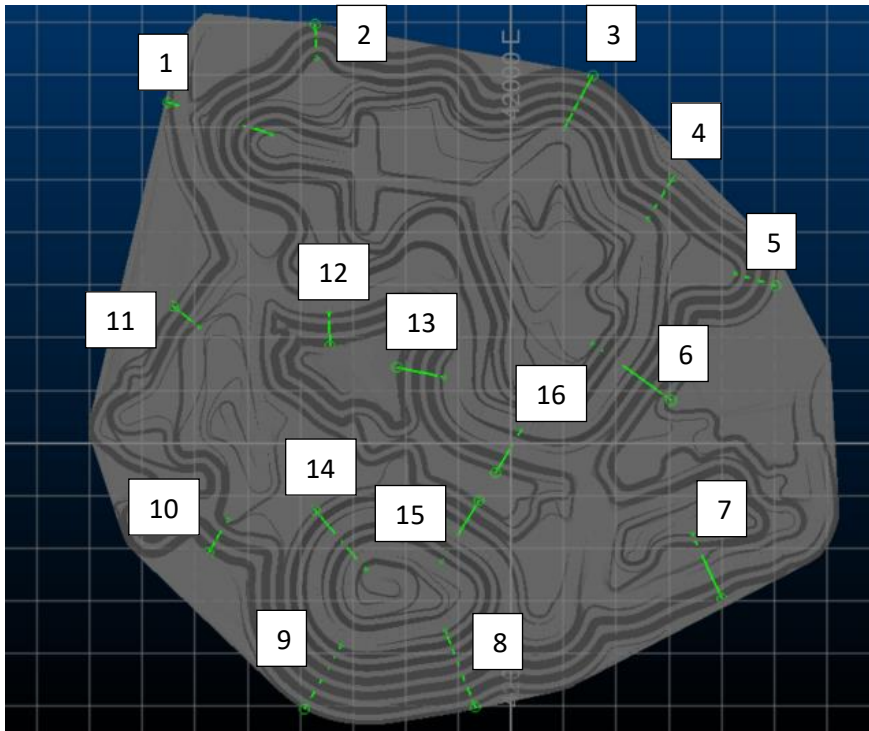


Рис. 5.4 Каркасная модель Балпантау, где показаны локации измерения углов генеральных откосов бортов карьера

5.8 Расчеты WAI

Специалистами WAI были изучены данные, предоставленные Заказчиком, и проведена собственная независимая проверка результатов, представленных в отчетах SRK Consulting по карьерам Мурунтау и Мютенбай и отчетах ВНИМИ по Бесапантау.

5.8.1 Мурунтау/Мютенбай

Карьер Мурунтау/Мютенбай рассматривался в отчете SRK Consulting. Неопределенности, отмеченные SRK в отчете 2019 г., были рассмотрены в более позднем отчете 2022-2023гг.: были собраны статистические данные ориентации систем трещин, доработана литолого-структурная модель. Однако, в данных, представленных в более позднем отчете SRK, специалистами WAI были также выявлены недостатки.

Погрешность данных ориентации является результатом пересечения трещин разной ориентации с траекторией или плоскостью опробования под разными углами. Чем ближе трещина к параллельному расположению, тем меньше угол пересечения и тем реже будет пересекаться плоскость. Угол между плоскостью опробования и трещиной также известен как альфа, α . Это исправляется методом взвешивания по Терцаги.

При определении ориентации структур также могут возникать «слепые зоны». Это когда все сформированные плоскости параллельны линии опробования и могут быть изображены в виде линии, образованной полюсами всех плоскостей, параллельных линии опробования. Обычно они простираются на 5–20° в обе стороны от линии и наблюдается в отдельных скважинах по круговому отсутствию структурных данных вокруг траектории скважины.

При анализе данных по скважинам GT-SRK-001–GT-SRK-019 отмечается «зеркальное отражение» результатов при наличии очевидного раздвоения массива данных, как видно на Рис. 5.5 по Рис. 5.7. Значения записывались в виде углов альфа и бета при документировании трещин по керну скважин, поэтому это может быть результатом «размазывания» значений угла бета при его неправильной записи, что привело к искажению данных. В анализе SRK использовались Данные Siroivision, но не были предоставлены Заказчиком. Таким образом, WAI не может подтвердить надежность результатов ввиду наличия в данных очевидной систематической погрешности.

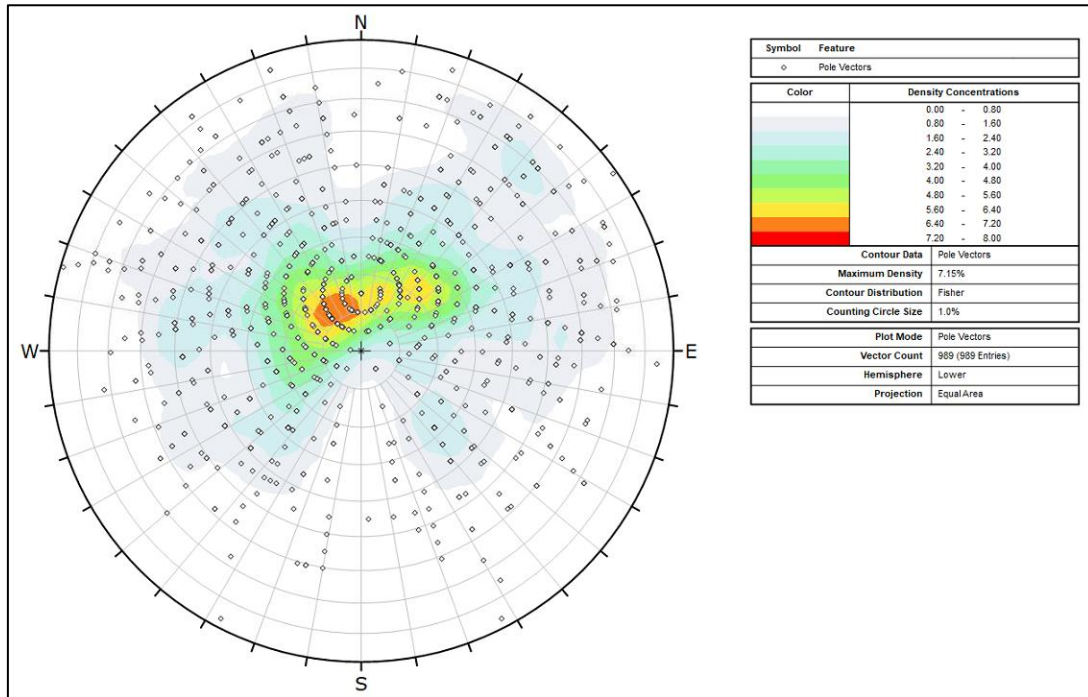


Рис. 5.5 «Размазывание» значений угла бета на стереографической проекции скважины GT-SRK-001 (WAI)

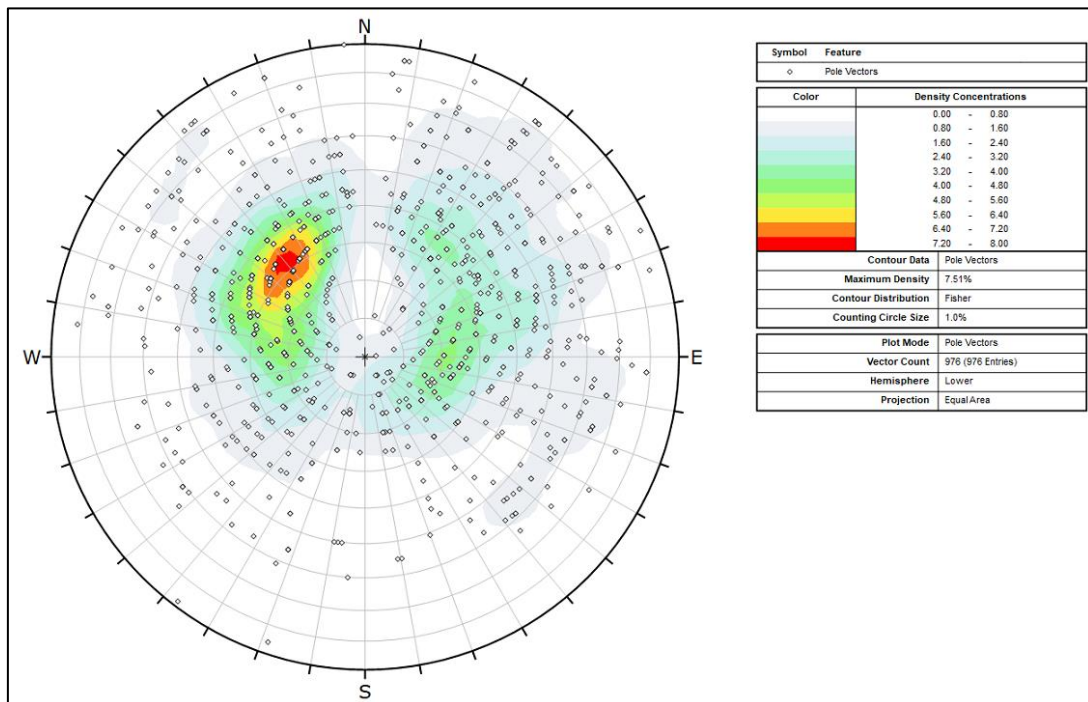


Рис. 5.6 «Размазывание» значений угла бета на стереографической проекции скважины GT-SRK-009

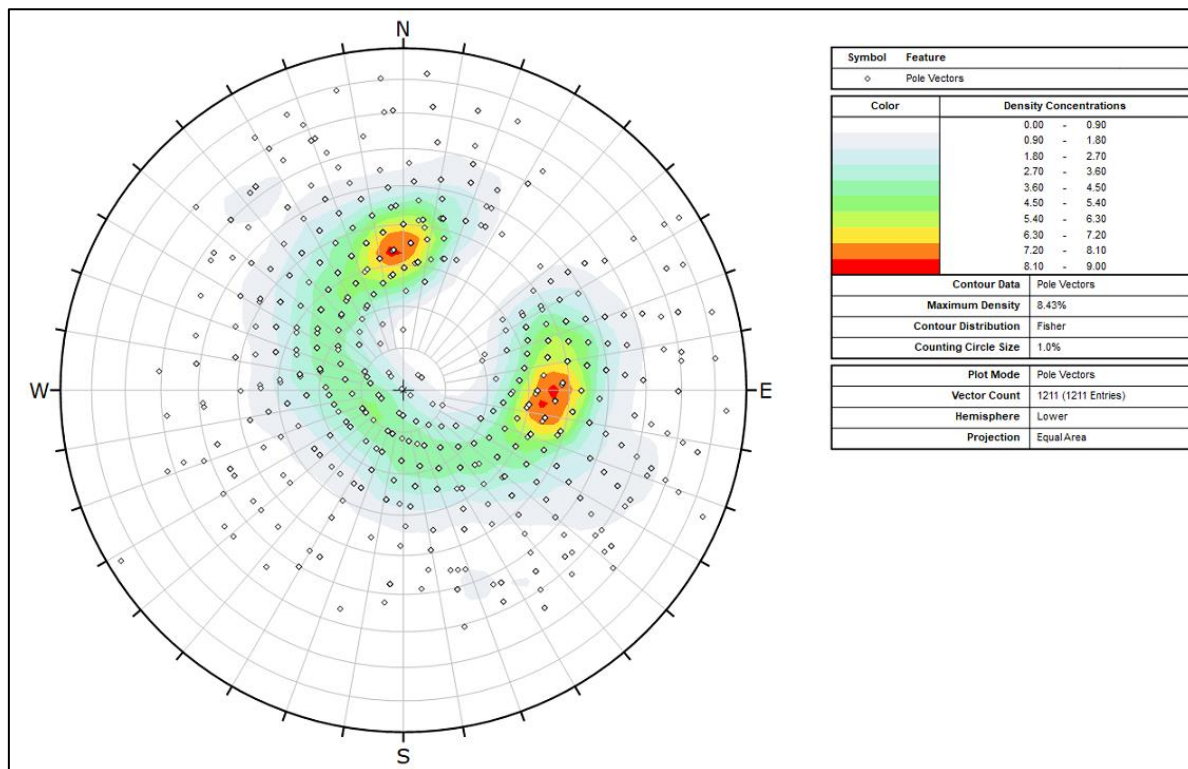


Рис. 5.7 «Размазывание» значений угла бета на стереографической проекции скважины GT-SRK-015 (WAI)

Существующие данные геомеханического документирования скважин не охватывают представительно весь карьер, остаются большие пробелы в данных по южному борту карьера. Этот вопрос был рассмотрен в отчете SRK по Этапу 3, где заказчику рекомендуется проведение программы геомеханического доизучения, направленного на недоизученные области. WAI поддерживает эту рекомендацию.

Следует отметить, что, согласно утверждению Заказчика, для северо-западного борта карьера Мурунтау принят более пологий откос, чем оптимальный, с расчетом на установку конвейерной системы в будущем.

5.8.2 *Беспантау*

Геотехнический анализ месторождения Беспантау был выполнен Институтом ВНИМИ. Объем анализа ограничен, но имеются литологические описания горных пород на глубине, что позволяет построить более точную каркасную модель по сравнению с отчетом SRK 2019 г.

Данные прочности контактов и трещиноватости были определены в рамках геомеханических исследований института ВНИМИ. В двух из шести скважин была обнаружена погрешность в данных ориентирования керн, что привело к получению ненадежных данных ориентации в восточной и западной частях карьера. При графическом представлении имеющихся данных по ориентации трещин использовался метод взвешивания по Терзаги, позволяющий снизить вероятность погрешности ориентации. По всем скважинам было получено ограниченное

количество случаев зеркального отражения результатов за счет «размазывания» значений угла бета.

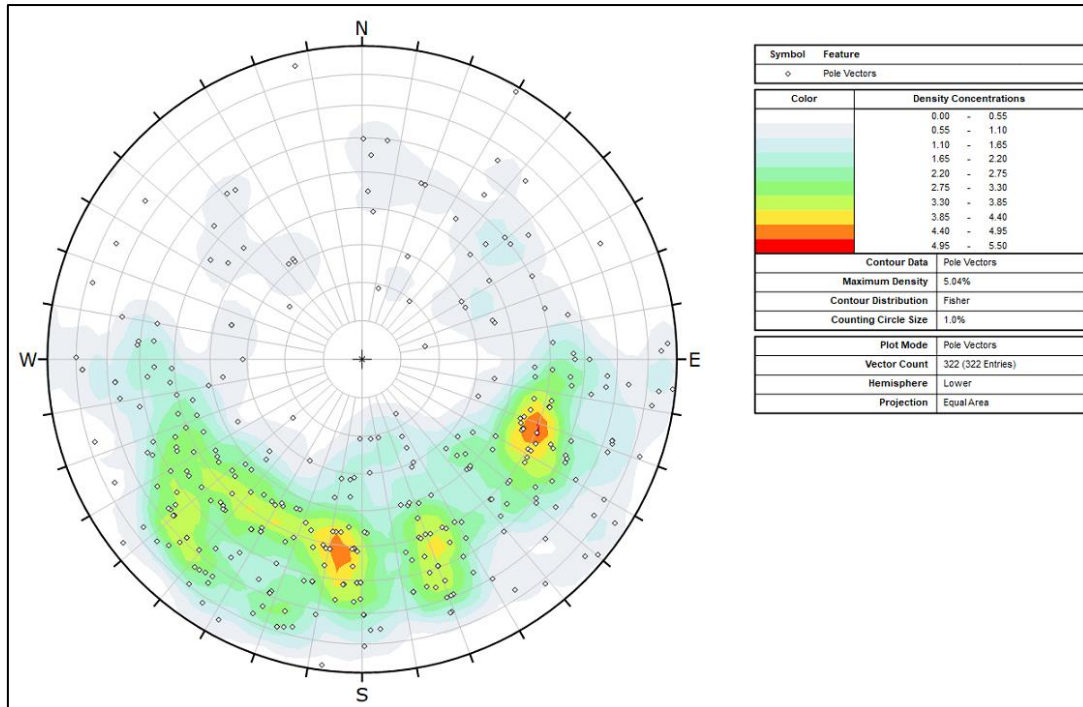


Рис. 5.8 Стереографическая проекция GT-BES1

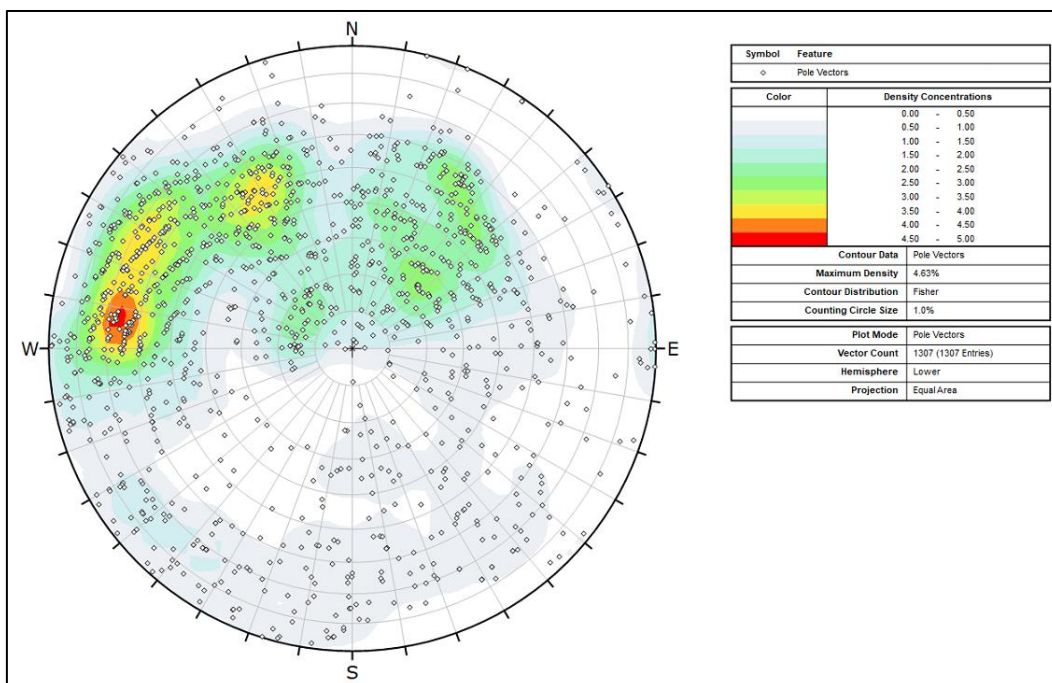


Рис. 5.9 Стереографическая проекция GT-BES5 (WAI)

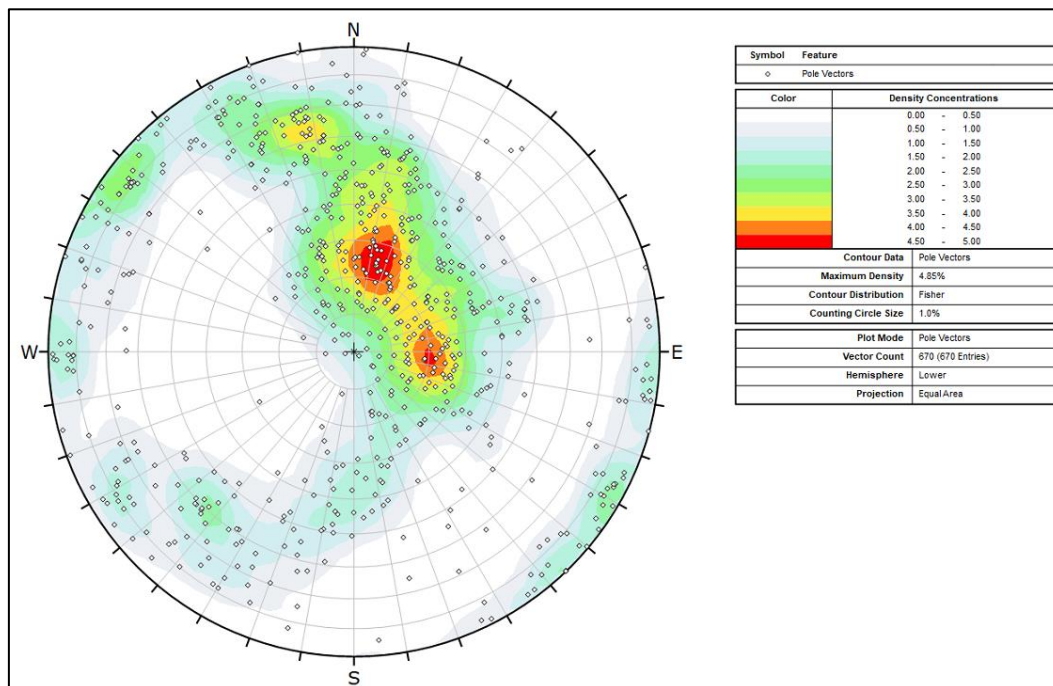


Рис. 5.10 Стереографическая проекция GT-BES6 (WAI)

Геомеханической анализ, представленный в отчете SRK 2019 г., охватывал массив лишь до глубины 360 м, и рекомендовалось проведение дальнейших исследований, чтобы получить достоверные значения для нижних горизонтов карьера. Отчет ВНИМИ предоставил эту информацию по всем участкам карьера, что в сочетании с данными исторического картирования позволило получить более точную каркасную модель.

5.8.3 Балпантау

По мнению WAI, ввиду нехватки геотехнических данных по карьере Балпантау, до проведения дальнейших геомеханических исследований принятое Заказчиком значение 41° может считаться целесообразным. Это значение принято на основе детального анализа соседних месторождений и опыта их эксплуатации, поэтому может считаться подходящим углом откоса для всего карьера. Следует учесть, что это значение не учитывает отличий геомеханических свойств разных между литотипами пород, а также присутствия каких-либо крупных или второстепенных тектонических нарушений, которые могут повлиять на угол откоса борта. Каких-либо дополнительных данных специалистам WAI предоставлено не было.

6 ГИДРОГЕОЛОГИЯ

6.1 Введение

6.1.1 Объем и источники информации

В объем выполненных работ по гидрогеологической части включен анализ предоставленных данных по карьерам Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау и Балпантау. Для целей настоящего отчета месторождения Мурунтау и Мютенбай рассматриваются как одно месторождение. Общее описание рудника, месторождений и геологического контекста, включая соответствующий проект рудника, литологию и структуры, представлено в предыдущих разделах настоящего отчета.

Анализ по гидрогеологической части в рамках подсчета минеральных ресурсов и извлекаемых запасов действующего рудника, где планируется начать новый крупный этап разработки (очередь V, переход от открытой добычи к подземной), сосредоточен на следующих аспектах:

- Насколько охарактеризованы и концептуализированы водоносные горизонты, водоносные зоны и системы контроля подземных вод?
- Насколько текущая изученность гидрогеологических условий месторождений позволяет определить водопритоки в горные выработки?
- Имеются ли какие-либо признаки вероятного неблагоприятного взаимодействия подземных вод с рудником?
- Каковы будут вероятные объемы водопритока и достаточно ли имеющихся сооружений для их контроля?
- Какие могут потребоваться дополнительные меры?

Основными источниками использованной информации являются:

1. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия месторождения Мурунтау (с приложениями), 2017-2018 ГП «НИЦ» (основной автор: Р.А. Болтабаева, издано Ташкент, 2018 г.).
2. Раздел 4 предоставленного заказчиком недатированного отчета под названием: 4. Гидрогеологические и геотехнические условия Бесапантау (также включает Балпантау). Отчет составлен по результатам работ, проведенных в 1986-1998 годах ГП «Узбекгидрогеология» (до 1988 года), затем Кызылкумским государственным геологоразведочным институтом.
3. Разрешение на специальное водопользование технической воды для Мурунтау, выданное Главному рудоуправлению НГМК в июле 2023 года сроком до июля 2028 года.

6.1.2 Гидрологическая обстановка

Климат засушливый континентальный с небольшим среднегодовым количеством осадков. Данные, представленные за период 2001-2013 гг., зарегистрированные метеостанцией в Нурате,

показали, что наибольшее среднемесячное количество осадков выпадает в декабре-мае и составляет 3–143 мм, а самое низкое среднемесячное количество осадков приходится на июнь-сентябрь и составляет 0–143 мм. Наименьшее количество осадков выпадает в сентябре и составляет 28 мм. Зарегистрированное годовое количество осадков в этот период находится в пределах 160-324 мм. Согласно отчету Болтабаевой 2018г., годовое количество осадков в зависимости от ландшафта распределяется неравномерно и редко превышает 100-200 мм.

Средняя температура в январе составляет -8°C с широким внутригодовым диапазоном. Потенциал испарения с поверхности открытых водных объектов был определен упрощенным методом¹ на основе имеющихся данных (температура и влажность) и составил 1400 мм летом, 130 мм зимой, суммарно 2 170 мм в год, что в 18 раз превышает среднегодовую сумму осадков. Однако, поскольку большая часть годовых осадков выпадает в зимний период, когда интенсивность испарения низкая, это означает, что должно быть избыточное количество эффективных осадков, чтобы обеспечить фильтрацию в почву и питание подземных вод в нижележащих породах.

В районе рудника Мурунтау постоянных поверхностные водоемы отсутствуют. Существует сезонный сток поверхностных вод, включая селевые потоки, в периоды обильных осадков, например, во время сильных дождей в марте, апреле и мае. В отчете Болтабаевой 2018 сообщается, что местность на территории Проекта холмистая и расчленена большим количеством небольших долин, образованных временными водотоками.

6.1.3 Региональная гидрогеология

В гидрогеологическом отношении район расположен в юго-восточной части Тамбытауского гидрогеологического массива. На территории развит безнапорный водоносный комплекс трещинно-жильных вод, приуроченный к метаморфизованным песчано-глинистым толщам палеозойских пород, осложненным многочисленными тектоническими нарушениями, зонами трещиноватости и разломами. Техническое и питьевое водоснабжение осуществляется из различных источников, включая реку Амударью (основной источник) и забор подземных вод из Дженгельдинского водоносного горизонта, расположенного примерно в 35 км от предприятия, для водоснабжения объектов карьера Балпантау, а также используется обратное водоснабжение и водоотлив из рудника Мурунтау.

Разрешение на специальное водопользование устанавливает следующие максимальные ежегодные объемы водозаборы для водоснабжения рудника:

- Подземные воды, включая скважины – 5 653 000 м³/год (15,5 млн. л в сутки²);

¹Формула Иванова различается по формату, но может иметь следующий вид: $E_0 = 0,0018 \times (25 + t)^2 \times (100 - f)$. E_0 = сумма потенциального испарения (мм); t = температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$); f = относительная влажность (%) Источник: Оконьевска М. и Шуминска Д., февраль 2020 г. Изменения потенциального испарения в 1952–2018 гг. в северо-западной Польше с точки зрения влияния климатических изменений на гидрологические и гидрохимические условия. Вода, 2020, 12, 877.

²миллионы литров в сутки или мегалитры в сутки.

- Водоотлив Мурунтау – 535 000 м³/год (1 465 м³/сут);

Местный региональный градиент подземных вод направлен с севера на юг. Водоносные зоны, иногда достаточно продуктивные, чтобы их можно было назвать водоносными горизонтами, расположены в структурных единицах с высокой плотностью трещин от глубины 44 до 97 м (около 490 м над уровнем моря) до более чем 600 м.

6.2 Гидрогеологическая характеристика и концептуализация

6.2.1 Общие сведения

Подземные воды на месторождении Мурунтау распределены неравномерно из-за сложной системы разломов и трещиноватости. Водоносный горизонт месторождения Мурунтау представляет собой метаморфизованный песчано-сланцевый комплекс, характеризующийся относительно низкой первичной гидравлической проводимостью, но относительно высокой вторичной пористостью в местах развития трещиноватости. Это может создать проблемы для точного воспроизведения процессов и поведения потока подземных вод.

Метеоусловия с высоким испарением и малым количеством осадков не благоприятствуют пополнению и формированию значительных запасов подземных вод. Современный метод водоотлива через «Шахту М» служит коллективной дренажной системой.

Уровень подземных вод в районе месторождения Мурунтау в открытых ресурсных скважинах находится на отметках 370-550 м над уровнем моря, колебания связаны с дренированием горных выработок.

Гидрогеологические и инженерно-геологические исследования на месторождении Мурунтау проводились в период с 2016 по 2018 год, результаты этих работ изложены в отчете Болтабаевой 2018г. В этом отчете представлен обзор исследований советской эпохи по части поиска источников водоснабжения, проведенных с 1930-х по 1980-е годы. В исследованиях гидрогеологические условия горных работ были классифицированы как «простые» на основании низкой обводненности и незначительных водопритоков, ввиду чего отсутствует необходимость предварительного водопонижения или дренажа перед разработкой рудных месторождений.

В общей гидрогеологической модели потока подземных вод (питание и взаимосвязанные горизонты) выделены гидрогеологические массивы: участки, где пополнение происходит на возвышенностях через трещиноватые и трещиновато-карстовые породы, такие как известняки, доломиты и сланцы, в результате чего образуются пресные и слабосоленоватые подземные воды. На более длинных расстояниях пути потока от точек питания минерализация увеличивается до 3000–4000 мг/л, наряду с изменениями состава и разгрузкой в межгорные бассейны. Это более молодые (мезозойские и кайнозойские) отложения с пластовыми (поровыми) и пластово-трещинными напорными подземными водами (артезианские бассейны).

6.2.2 Результаты исследований, представленных в отчете Болтабаевой 2018 года

В состав работ, выполненных на месторождении в течение двухлетнего периода (Болтабаева, 2018), входило следующее:

1. Изучение исходной информации (геология, журналы бурения и т. д.).
2. Обследование зон инфильтрации на отметках +128м, +78м, +0м и осмотр ствола шахты «М» с ежемесячными посещениями для регистрации дебита и отбора проб воды на анализ. Обследована дренажная канава на горизонте -75м. Всего было зафиксировано 10 точек водопритока.
3. Вторичная информация получена в результате анализа 10 геологоразведочных скважин. Рассмотренная информация касалась глубины появления воды при бурении, потерь бурового раствора и исследования керна.
4. Планировалось переоборудовать скважины в установки гидрогеологического мониторинга, но это не было осуществлено. Только в одной скважине из десяти (№ 12117) была проведена опытно-фильтрационные работы. Остальные скважины оказались непригодными для установки пьезометров, а оценка гидравлических свойств пород была сделана на основе материалов по месторождению-аналогу.
5. Информация о трещинах (ширина, длина, плотность, угол, ориентация и заполнение) фиксировалась на горизонте -75м.

После проведенных работ были получены следующие результаты:

1. Общая гидрогеологическая концептуальная модель региона, при этом подробно не определены такие факторы, как осадки и питание подземных вод.
2. Описание участка Мурунтау, содержащее:
 - a. Сложная антиклинальная складчатая структура с рядом вытянутых на одном крыле разломов, что предопределяет развитие трещинных и трещинно-жильных подземных вод на месторождении.
 - b. Водовмещающие породы представлены песчаниками, алевролитами и сланцами, при этом породы зоны разлома обладают наибольшей трещиноватостью и проницаемостью.
 - c. Ссылка на модуль подземного стока (Ковалев Ю.) $<0,2 \text{ л/с/км}^2$ и интенсивность питания («коэффициент инфильтрации осадков/коэффициент стока подземных вод») 2-5%. Это соответствует интенсивности питания 6,3 мм/год, что соответствует общему годовому количеству осадков от 126 до 315 мм, что, следовательно, находится в пределах расчетного диапазона осадков для данного участка.
3. Ограниченное количество значений, специфичных для данного участка:
 - a. Наблюдаемый водоприток 15 - 20 л/с на глубине 200м. Кратковременные прорывы с дебитами до 20 - 30 л/с и суммарными по рудному полю Мурунтау, Мютенбай до 60 л/с. Отдельные тонкие трещины со средним дебитом до 0,1 л/с.

- b. Водоприток в ствол шахты М стабилизировался в среднем на уровне 42 л/с в период 2001-2002 гг., что ниже, чем на ранних стадиях разработки месторождения, когда водоприток составлял 30-60 л/с (1974-78) и 45 л/с (1999 г.).
 - c. Сообщается, что уровни подземных вод находятся на глубине 32–144 м (что соответствует абсолютной высоте 370–550 м над уровнем моря). Эти значения основаны на данных только двух скважин (5п, 3г). Сообщается, что в результате водоотлива из шахты М возникло локальное водопонижение на 100 м или более, «что соответствует абсолютным отметкам 261–525 м над уровнем моря (скважина 6г)». Неясно, что именно означают эти два значения высоты над уровнем моря. Отмечены небольшие годовые колебания около 1 м, максимальные уровни наблюдаются в период весеннего пополнения.
 - d. Сообщается, что коэффициент фильтрации составляет от 0,005 до 0,15 м/сут. Неясно, как именно были получены эти значения – по результатам испытаний скважин или методом аппроксимации на основе имеющихся зафиксированных значений водопритока.
 - e. Подземные воды солоноватые (3600–6300 мг/л) с повышенным содержанием сульфатов и некоторыми признаками повышенного содержания урана (заявленный максимум 200 мкг/л при нормативном значении для питьевой воды Агентства по охране окружающей среды США (EPA) и Всемирной организации здравоохранения 30 мкг/л).
4. Водопритоки на разных горизонтах составили:
- a. Струйный выход вод из скважин, пробуренных в подземных выработках, с расходом 0,15 - 0,3 л/с.
 - b. Средний водоприток на горизонте +0м = 24 л/с.
 - c. Средний водоприток на горизонте +78м = 9 л/с.
 - d. Средний водоприток на горизонте +128м = 14 л/с.
 - e. Средний водоприток на всех горизонтах (общий по руднику) = 40 л/с.
5. Вскрытие зоны Южного разлома штреком 4-1 привело к временному увеличению водопритока на 124% до максимального значения 23,5 л/с, а затем снова снизилась. Сделан вывод, что водопритоки в шахту М стабилизировались.
6. Разброс уровней воды по всему руднику объясняется скоплениями подвешенных вод, часть которых поступает из шахтных технических вод, зон локальных трещин и обособленных водообильных участков.
7. В отчете отмечается, что обычное предположение о снижении водопроводимости пород с глубиной может оказаться неприменимым для Мурунтау, поскольку движение подземных вод здесь контролируются трещинами и структурными зонами, а по данным геотехнического документирования RQD повсюду наблюдается чередование слаботрещиноватых пород с более устойчивыми. Данные устанавливают, что «водопроницаемые породы залегают даже на различных глубинах, что связано с широким развитием зон дробления и повышенной трещиноватости».

6.2.3 Гидрогеологические работы на месторождении Беспантау

Месторождение Бесапантау является северо-западным продолжением месторождений Мурунтау и Мютенбай и их прямым аналогом. Раздел, описывающий гидрогеологические условия Бесапантау, основан на данных и исследованиях, проведенных более тридцати лет назад (1986-1998 гг.) во время геологоразведочных работ на месторождении, отработка которого планировалась двумя смежными карьерами глубиной 120 и 350 м. Подземные воды были оценены в предпроектном «естественном» состоянии.

Мониторинг проводился в 10 скважинах, пробурены и испытаны на гидравлическую проводимость 6 специализированных гидрогеологических скважин. По общим гидрогеологическим условиям Бесапантау аналогично месторождению Мурунтау тем, что подземные воды региона контролируются гидрогеологическими массивами и бассейнами. Первые сложены палеозойскими породами (представлены известняками). Участок приурочен к северной зоне Тамдытауского массива, контролируемого с юга региональным Бесапанским разломом. Массив нарушен многочисленными разломами. Сопредельные бассейны выполнены мезо-кайнозойскими отложениями. Региональный поток подземных вод направлен с севера на юг. Обобщенный уровень подземных вод на карьере Бесапантау предполагается равным 40м.

Были выполнены испытания на фильтрационные свойства («желонирование») по шести скважинам, в которых водопонижение составило от 7 до 59 метров. Результаты показали низкую водопроницаемость ($\approx 0,001$ м/сут) в большинстве скважин, при этом в одной зафиксировано значение 0,03 м/сут (все еще низкое значение).

Водоприток в Шахту 10 составил $720 \text{ м}^3/\text{сут}$, на основе чего было определено среднее значение водопритока на метр 0,1 л/с (хотя известно, что приток поступает из нескольких отдельных участков). По качеству воды солоноватые, как и на месторождении Мурунтау, 3500–4500 мг/л, также отмечаются радиоактивные составляющие. «Отмечено повышенное содержание элементов группы лантаноидов и некоторых других элементов» и сделан вывод, что воду можно использовать только для технических нужд и полива, хотя для полива может потребоваться дополнительная оценка риска, поскольку все еще может сохраняться путь воздействия на чувствительные компоненты окружающей среды. Остальная часть оценки гидрогеологических условий, а также оценка сопутствующего месторождения Балпантау показывает низкие водопритоки в проектируемые карьеры.

6.3 Существующие меры по контролю подземных вод

Для контроля подземных и поверхностных вод на четырех связанных рудниках Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау и Балпантау в настоящее время применяются следующие меры:

1. Дренажные приповерхностные каналы по периметру для сбора и отведения ливневых вод в верхних 50 м чаши каждого карьера (над уровнем подземных вод).
2. «Шахта М» используется в качестве водоотливного зумпфа, который осуществляет региональный локальный контроль над напором подземных вод, так что в совокупности

шахта отбирает подземные воды всех рудников при объеме водоотлива ≈ 42 л/сек по состоянию на 2018 год.

3. «Шахта М» имеет решающее значение для контроля подземных вод. Любой аспект расширения карьера или разработки подземного рудника должен предусматривать возможность переноса или углубления ствола М и продолжения его функции в качестве точки водоотлива.
4. Система водоотлива под общим названием «Шахта М» расположена на северном борту и представляет собой шахтный ствол с сетью горизонтальных выработок, вскрывающих водоносные объекты. По состоянию на 2019 год по заключению SRK, что инфраструктура по-прежнему была пригодна для нужд водоотлива.

Согласно отчету Болтабаевой 2018г., «отработка глубоких горизонтов месторождения Мурунтау (подземным методом) может сопровождаться трудностями, в связи с возможными прорывами трещинных вод из зон тектонических дроблений и ростом водопритоков, поэтому дальнейшее освоение месторождения должно производиться под дренирующим влиянием шахты-М.

Зафиксированы отдельные притоки в ствол М с горизонтов +78м, +0м, -75м, и в целом водоприток остается стабильным с начала 2000-х годов. Наиболее заметное изменение объема водопритока произошло в период с 1977 по 1978 год, когда он увеличился вдвое с 30 до 60 л/с из-за расширения сети выработок, вскрывающих водовмещающие участки.

В отчете Болтабаевой 2018г. также отмечалось, что снова наблюдается увеличение водопритоков. Так, суммарный водоприток воды в Шахту «М» за период с 2016 по 2018 год повысился с 33 до 45 л/с. Текущие значения водопритоков неизвестны. Также в упомянутом отчете 2018г. утверждается, что «за многолетний период наблюдений за водопритоком в шахту-М, увеличение на данном этапе происходит только за счет вскрытия обводненных зон разломов при проходке выработок на горизонте -75м.»

Из ствола Шахты «М» пройдены горные выработки общей протяженностью $\approx 9\ 000$ м. Упоминается гидрогеологическое исследование глубоких горизонтов северного фланга месторождения Мютенбай, проведенное в 2010 году «Институтом ГИДРОИНГЕО». Этот документ не был предоставлен, но его рекомендуется найти и изучить, чтобы ознакомиться с соответствующими гидрогеологическими описаниями Шахты «М». Согласно отчету Болтабаевой 2018г., в целом «водопроявления носят характер незначительного капежа, увлажнения стенок и кровли выработок. Из скважин, пробуренных в горных выработках, происходит струйный выход подземных вод с расходом от 0,15-0,3л/с. Наиболее обводнены интервалы зон тектонического дробления и повышенной трещиноватости». В упомянутом отчете 2018г. также говорится, что «отмечались сосредоточенные выходы подземных вод с расходами до 1л/с».

6.4 Будущие водопритоки

Хотя в отчете Болтабаевой 2018 г. отмечается, что следует ожидать значительных водопритоков из зон разломов, в нем не приводится какая-либо прогнозная информация, определяющая местоположение таких зон. Кроме того, в этом отчете предлагается: «при прохождении зон тектонических дроблений и разломов, необходимо опережающее бурение наклонных скважин, по которым проводится спуск статистических запасов подземных вод и направление их в водосборники». Другими словами, рекомендуется бурение из подземных выработок опережающих разгрузочных скважин для осушения горизонтов и капитальных выработок из-за стенки выработки. Такое прагматичное решение используется во многих подземных шахтах, однако перед такой рекомендацией для подтверждения достаточности разгрузочных опережающих скважин для осушения и контроля давления подземных вод обычно должно выполняться моделирование потоков подземных вод и полей давления, которые будут вскрываться горными работами.

В отчете Болтабаевой 2018 г. также отмечается, что западная часть карьера имеет обособленную систему подземных вод с более высоким уровнем вод («отметка +10 м»), которая не попадает в зону дренирующего действия горных выработок Шахты «М». Это объясняется тем, что «через обрабатываемую западную часть проходит меридиальный разлом, падающий в противоположную часть от восточной части карьера и препятствует течению подземных вод в восточную часть карьера, которая находится в зоне дренирующего действия горных выработок шахты-М». Опять же, эта концептуализация обособленных водовмещающих и дренажных зон может иметь важное значение, но она не подтверждается какими-либо очевидными данными, поскольку отсутствуют какие-либо измерения уровня подземных вод или предшествующая концептуализация. В отчете говорится, что для контроля подземных вод западной части карьера необходима собственная отдельная система водоотлива.

7 МЕТОДЫ ДОБЫЧИ

7.1 Общие сведения

Карьеры Мурунтауского кластера отрабатываются по традиционной погрузочно-откаточной схеме с использованием экскаваторов с прямой и обратной лопатой для погрузки горной массы в самосвалы грузоподъемностью 130, 180 и 220 тонн различных производителей. Рыхление горной массы осуществляется с помощью буровзрывных работ. На Мурунтау для транспортировки горной массы помимо самосвалов также используется наклонный конвейер.

Руда транспортируется на склады рядовой руды, прилегающие к карьерам, и либо складировается для усреднения, либо транспортируется по железной дороге к дробилкам перерабатывающих комплексов ГМЗ-2, ГМЗ-7 или ЦКВЗ. Пустая порода транспортируется на породные отвалы, которые имеют обширную площадь и расположены по периметру карьеров.

Высота рабочих уступов на карьере Мурунтау-Мютенбай составляет от 15 м, на Балпантау и Беспантау - до 5–15 м, высота нерабочих уступов в заоткоске составляет 30 м.

Суммарный объем перемещения горной массы на руднике Мурунтау-Мютенбай в настоящее время составляет 105 млн м³ в год. Годовой объем добычи на месторождении Беспантау составляет 5 млн. т руды и 39 млн. т породы, на Балпантау - около 3 млн. тонн руды при максимальном суммарном объеме добываемой горной массы 20 млн. т.

7.2 Погрузка и транспортировка

Вскрыша и добыча руды в карьерах осуществляется традиционным открытым способом. В настоящее время в состав парка горного оборудования из погрузочной техники входит 15-20 экскаваторов с прямой и обратной лопатой с объемом ковша 15, 17 и 20 м³, текущее количество самосвалов составляет 110 единиц, а общее количество самосвалов на протяжении всего срока эксплуатации рудника составляет от 70 до 150.

Руда и порода транспортируется в различные точки на бровке карьера, где система наземных конвейеров и штабелеукладчиков перемещает породу на отвалы, руда загружается в железнодорожные вагоны и транспортируется составами из 9-11 вагонов на обогатительные фабрики.

Операция является селективной с точки зрения разделения руды и вскрыши, а степень селективности соответствует типоразмерам горнодобывающего оборудования и характеру минерализации. Размер минимальной выемочной единицы, принятой для карьера Мурунтау-Мютенбай, составляет 30м x 30м x 15м (XYZ), для Беспантау и Балпантау - 12м x 12м x 5м.

В состав парка горного оборудования также входит необходимое вспомогательное оборудование (гусеничные и колесные бульдозеры, автогрейдеры, фронтальные колесные

погрузчики, мобильные мастерские и водовозы) для обслуживания карьерных дорог, погрузочно-разгрузочных площадок и рудных складов.

Руда и пустая порода не всегда визуальнo отличаются на определенных участках карьера, поэтому разграничение руды и породы и выделение рудных блоков осуществляется по результатам анализа проб скважин шламового бурения (RC), которое было недавно введено в качестве усовершенствованного этапа контроля содержаний.

Вскрышные породы используются для строительства или вывозятся на породные отвалы, расположенные на всей протяженности карьера Мурунтау, к западу от карьера Бесапантау и к югу от карьера Балпантау.

7.3 Буровзрывные работы

Крепость пород на месторождении предполагает ведение их добычи с рыхлением буровзрывными работами без возможности отработки прямым копанием. Отбойка руды ведется уступами высотой 5-15 м, контурные скважины бурятся на высоту уступа 30 м. Бурение взрывных скважин осуществляется диаметром 250 мм роторной буровой установкой с электроприводом. В зависимости от типа горной породы, степени окисления и структуры корректируется сеть взрывных скважин, их диаметр и расход ВВ с целью обеспечения оптимального дробления горной массы при взрыве.

Для обеспечения эффективного дробления при взрыве проект взрыва рассчитывается на основе расчетных ЛНС и расстояний между рядами скважин с учетом различных типов горных пород, а также имеющихся и использованных часов работы, необходимого перебура и скорости бурения. Также предусмотрено эксплоразведочное шламовое бурение (RC) для точного оконтуривания руды, при этом контроль содержаний также осуществляется по отбиваемой породе в объеме 10%.

Ежедневно осуществляется несколько взрывов. Взрывчатые вещества и средства взрывания поставляются буровзрывным подрядчиком, у которого на территории предприятия имеются собственные мощности для производства необходимых взрывчатых веществ, а также хранения и выдачи средств взрывания.

7.4 Вспомогательная информация

Потребности в закупке непроизводственного и вспомогательного оборудования, такого как грейдеры, водовозы, осветительные установки, легковые автомобили, шиномонтажные машины, транспортеры для перевозки людей и насосы, определяются соразмерно переменному объему добычи, производственному оборудованию и неизменяемой численности персонала.

Подъездные дороги обслуживаются персоналом НГМК. В ходе отвалообразования предусматривается постепенное погашение откосов породных отвалов до окончательного профиля.

Для освещения рабочих зон карьера в ночное время используются переносные осветительные башни и прицепные дизель-генераторные установки. Обычно осветительные башни используются на рабочей площадке рабочего уступа, погрузочных площадках породных отвалов и других площадках по периметру карьера для обеспечения общего освещения рабочих зон и пересечений съездов. Осветительные вышки также используются буровыми бригадами в ночную смену. В фиксированных местах рядом с источниками питания, например, на площадках рудных складов для работы в ночное время устанавливается постоянное освещение.

Необходимая численность производственного персонала для горной добычи была определена на основе четырехсменной схемы при следующих исходных условиях:

- Переменные требования к каждой единице производственного оборудования в соответствии с планом добычи;
- Фиксированная (неизменяемая) численность для управленческих, технических и некоторых вспомогательных функций, таких как водоотлив и эксплуатация конвейера;
- Отпуска, пропуски и непредвиденные обстоятельства (5%).

8 ПЕРЕРАБОТКА МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

8.1 Введение

Обогатительный комплекс НГМК «Мурунтау-Мютенбай» находится в непрерывной эксплуатации с 1969 года. С тех пор было завершено несколько этапов расширения, и в настоящее время все окисленные зоны руды отработаны, поэтому в настоящее время добывается и перерабатывается только неокисленная руда с основного объединенного карьера Мурунтау-Мютенбай. Руда представлена сложными штокверками с содержанием золота около 1,1–1,2 г/т.

Добыча руды и выемка пустой породы на карьере Мурунтау-Мютенбай ведется традиционным способом – взрывными работами и экскавацией, для транспортировки руды на внутрикарьерную дробильную установку, конвейер либо поверхностные склады используются дизельные самосвалы, откуда руда перевозится по железной дороге на основной гидрометаллургический завод – ГМЗ-2. Пустая порода складировается на внешних отвалах рядом с карьером.

Номинальная проектная пропускная способность ГМЗ-2 составляет 50 млн.т в год, который является крупнейшим золотоперерабатывающим заводом в мире по производительности. Технологическая схема основана на цианидном выщелачивании и технологии «смола в пульпе» (RIP) – это было первое в мире коммерческое применение технологии RIP.

Помимо ГМЗ-2, существуют еще два основных перерабатывающих предприятия: ГМЗ-7 (номинальная производительность 15 млн тонн в год), который перерабатывает старые хвосты кучного выщелачивания Ньюмонта по традиционной технологической схеме «уголь в пульпе» (CIP); и цех кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) – специализированное традиционное предприятие по кучному выщелачиванию бедной руды (номинальная производительность 11 млн тонн в год). В составе общего комплекса площадки имеются и другие перерабатывающие и обогатительные объекты, перерабатывающие материалы других предприятий Навоийской группы, но обсуждение будет ограничено этими тремя основными перерабатывающими предприятиями, включая хвостохранилище.

Руда из месторождения Балпантау, расположенного в 40 км, также поступает на комплекс ГМЗ-2 в объеме 2,5 млн тонн в год и с аналогичным содержанием золота около 1,2 г/т.

В 2024 году также планируется начать подачу руды с месторождения Беспантау, для которой завершены металлургические испытания, в объеме около 3 млн тонн в год. Для этой руды не требуется дополнительная инфраструктура, хотя система водоснабжения фабрики расширяется.

Наконец, существуют значительные ресурсы бедных запасов, хотя, по имеющимся данным, они перерабатываются на заводе ГМЗ-2 с производительностью 5 млн тонн в год с 1974 года, с постоянным содержанием золота в хвостах 0,123 г/т. В этот отчет включена предварительная оценка уровня Scoring для определения наилучшей стратегии переработки данных ресурсов.

8.2 ГМЗ-2

8.2.1 Текущие производственные данные

В **Таб. 8.1** ниже представлены сводные производственные данные с 2020 года, включая первые 9 месяцев 2023 года.

Таб. 8.1: Производственные данные по ГМЗ-2				
	2020	2021	2022	2023*
Млн. тонн	44.578	48.205	51.304	38.690
Au г/т	1.25	1.19	1.13	1.14
Извлечение, %	89.14	89.61	89.86	89.75

*первые 9 месяцев

В период 2013–2019 гг. ежегодно перерабатывалось около 38,4 млн тонн руды при содержании золота 1,36 г/т и извлечении 89,5% для производства примерно 46 тонн металла золота в год (среднее содержание золота в хвостах 0,14 г/т Au).

В 2022 и 2023 годах номинальная пропускная способность в 50 млн тонн в год несколько превышена. Извлечение золота было очень стабильным и составляло около 89-90% при содержании золота около 1,1-1,2 г/т. Это указывает на то, что руда, как правило, легко перерабатывается с хорошим извлечением основного содержания, хотя, как сообщается, существуют некоторые проблемы с углистыми компонентами, которые могут привести к прегробингу. Исходное содержание, похоже, имеет небольшую тенденцию к снижению, поскольку производительность увеличилась.

8.2.2 Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты предоставлены за первые 6 месяцев 2023 г. и за 2022 г.

Таким образом, эксплуатационные затраты за первую половину 2023 г. составили 7.94 долл. США/т рядовой руды и 7,31 долл. США/т за 2022 г. В **Таб. 8.2** представлена разбивка эксплуатационных затрат на первую половину 2023 г.

Таб. 8.2: Данные по эксплуатационным затратам ГМЗ-2	
Пункт	US\$/т рядовой руды
Реагенты и расходные материалы	3.55
Электроэнергия	2.22
Рабочая сила	0.67
Техническое обслуживание	0.57

Прочие (вкл. НЗП и амортизация)	0.93
Итого	7.94

Очевидно, что наибольший вклад вносят затраты на реагенты и расходные материалы, за которыми следуют затраты на электроэнергию.

Следует отметить, что из общей суммы 3,55 долларов США/т на реагенты и расходные материалы наибольший вклад вносят мелющие стальные сферы по цене 1,93 долларов США/т, затем идет цианид по цене 0,52 долларов США/т и тиомочевина по цене 0,25 долларов США/т.

8.2.3 Описание технологического процесса

Гидрометаллургический завод № 2 первым применил технологию RIP (смола в пульпе) в коммерческих целях, и с момента запуска в 1969 году с первоначальной производительностью 12–15 млн тонн в год он постепенно расширялся до текущей номинальной проектной производительности в 50 млн тонн в год. В целом, это было достигнуто путем простого добавления большего количества модулей одного и того же размера с течением времени для соответствия различным этапам расширения. Несмотря на простоту с точки зрения эксплуатации и общих запасных частей от оборудования того же размера, это является неэффективным в отношении энергопотребления, поскольку пропускная способность увеличивается из-за относительно небольшого размера оборудования (лучше использовать меньшее количество модулей с более крупным оборудованием), что приводит к большим затратам на электроэнергию.

Завод расположен в 10,5 км от западного края карьера, по железнодорожной сети руда транспортируется с наземных складов карьера на завод.

В целом производственные цеха представлены цехами дробления, измельчения, гравитации, сгущения, цианирования/RIP и хвостохранилищами.

На ГМЗ-2 работают примерно 3 500 человек.

8.2.3.1 Дробление

Рядовая руда доставляется по железной дороге на дробильную фабрику с максимальным размером крупности 1200–1800 мм, хотя средний размер составляет около 300 мм. Схема дробления состоит из двух конусных дробилок, работающих параллельно, и одной щековой дробилки.

Первая конусная дробилка (ККД № 1) была установлена в 1969 году с проектной производительностью 1840 т/ч (фактическая — 3000 т/ч); вторая конусная дробилка (ККД № 2) была установлена в 1977 году, с той же конструкцией и фактической производительностью.

Конусные дробилки измельчают руду размером от максимального размера 1200 мм до минус 180 мм. Щековая дробилка Nordberg C160, установленная недавно в 2020 году, измельчает руду размером от максимального размера 960 мм до минус 150 мм. Щековая дробилка является частью дробильно-сортировочного комплекса Metso Minerals и включает в себя грохот диаметром 150 мм до щековой дробилки.

Измельченная руда от конусных дробилок транспортируется конвейерами в бункер-накопитель (емкостью 60 700 тонн) контура измельчения «А», а по контуру щековой дробилки через приемный узел № 4 для транспортировки в бункер-накопитель (емкостью 24 000 тонн) цикла измельчения «Б». Конвейеры КЛП (1969 и 2020 гг.) и конвейеры КЛ № 1 и 2 (2020 г.) используются в качестве мобильных ленточных конвейеров для транспортировки измельченной руды наряду с другими ленточными конвейерами. При фактической производительности двух циркуляционных дробилок 6000 т/ч и проектной производительности приемного узла № 4 контура щековой дробилки 1750 т/ч общая производительность составляет, таким образом, 7750 т/ч. Это обеспечивает необходимую проектную производительность 50 млн тонн в год при типовой готовности дробильной установки 75%.

Распределение измельченной руды по питателям бункеров постоянно контролируется операторами цеха.

На второе полугодие 2022 года расход футеровки заявлен на уровне 0,0073 кг/т, расход воды – 0,0164 м³/т, расход электроэнергии – 0,45 кВтч/т руды.

8.2.3.2 Измельчение

Цех измельчения представлен 23 мельничными блоками (циклами), а также циклом МШР-73. Мельничные блоки постепенно добавлялись с 1969 года по мере расширения завода ГМЗ-2, как указано ниже:

- Мельничные блоки 1-10 (1969 г.);
- Мельничные блоки 11-13 (1973 г.);
- Мельничные блоки 14-16+19-20 (1975 г.);
- Мельничные блоки 17-18 (1974 г.);
- Мельничный блок 21 (1981 г.);
- Мельничный блок 22 (1986 г.);
- Мельничный блок 23 (1996 г.);
- Мельничные блоки 24-25 (2001 г.);
- Мельничный блок 26 (2002 г.);
- Мельничный блок 27 (2003 г.);
- Мельничный блок 28 (2007 г.);
- Мельничные блоки 29-30 (2020 г.);
- Мельничные блоки 31-32 (2021 г.); и
- МШР-73 (2020 г.).

Номинальная проектная мощность всех комбинированных мельничных блоков составляет 50 млн тонн в год.

В целом, описание каждого мельничного блока очень похоже и состоит из двухстадийной схемы, первая стадия осуществляется в открытом цикле в мельницах полусамозмельчения и вторая стадия осуществляется в замкнутом цикле в шаровых мельницах с центральной разгрузкой. На первой и второй стадиях используются спиральные и гидроциклонные классификаторы соответственно, а каждый мельничный блок имеет цикл гравитационного обогащения на базе отсадочных машин. Общий расчетный класс крупности составляет 80%–74 микрона.

На Рис. 8.1 представлена общая схема мельничного блока.

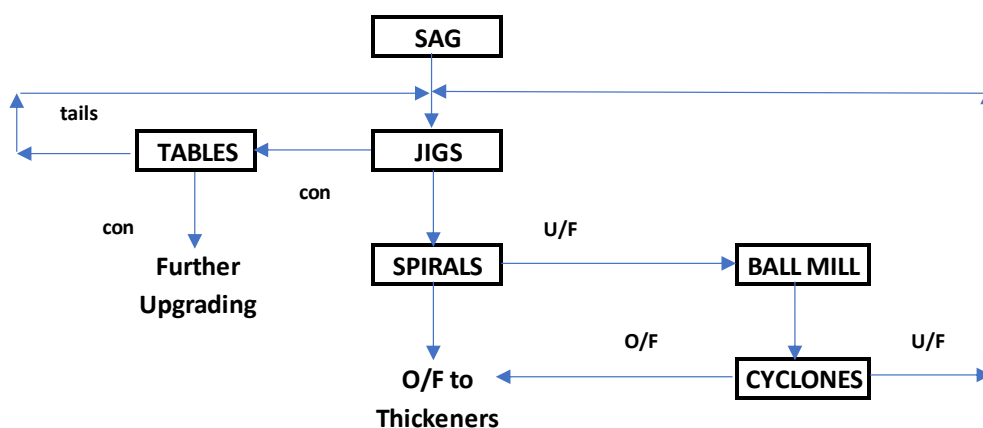


Рис. 8.1: Общая технологическая схема мельничного блока

В целом, каждый мельничный блок состоит из одной первичной мельницы ПСИ и одной вторичной шаровой мельницы. Однако некоторые мельничные блоки также содержат дополнительную шаровую мельницу повторного измельчения. Всего установлено 32 мельницы ПСИ и 45 шаровых мельниц (включая 13 дополнительных шаровых мельниц доизмельчения). Общая установленная мощность составляет 210 МВт для мельниц ПСИ и 182 МВт для шаровых мельниц.

Размер большинства мельниц ПСИ составляет 7,0 x 2,3 м, за исключением блоков 22 и 28–32, размеры которых составляют 9,0 x 3,0 м. Блок МШР-73 не имеет мельниц ПСИ.

Размер большинства шаровых мельниц составляет 4,5 x 6,0 м, хотя есть и другие размеры: 3,6 x 5,0 м и 5,5 x 6,5 м.

Среднее потребление за второе полугодие 2022 года представлено следующим образом:

- Мелющие тела 40 мм: 0,275 кг/т;

- Мелющие тела 60 мм: 0,97 кг/т;
- Мелющие тела 100 мм: 0,91 кг/т;
- Мелющие тела 120 мм: 0,41 кг/т;
- Футеровки мельниц: 0,21 кг/т;
- Потребление электроэнергии: 27 550 кВтч/т;
- Потребление воды: 0,84м³/т рядовой руды.

8.2.3.3 Гравитация

Как отмечено в общей технологической схеме мельничного блока, в каждый из циклов измельчения включен гравитационный цикл. Для переработки разгрузки мельницы ПСИ используются отсадочные машины с последующей доводкой отсадочного концентрата на концентрационных столах для получения конечного концентрата, который отправляется на дальнейшее обогащение в отдельный процесс. Хвосты концентрационных столов возвращаются в цикл отсадки (некоторые мельничные блоки предусматривают дополнительное доизмельчение хвостов вибростола). Хвосты отсадочных машин поступают в спиральные классификаторы.

Согласно предоставленным данным, общее извлечение золота при гравитационном обогащении превышает 20%.

Концентрат, полученный на концентрационном столе, подвергается дальнейшей доводке путем грохочения при 0,5 мм (негабариты отправляются на повторное дробление), а фракция минус 0,5 мм затем обезвоживается для магнитной сепарации. Концентрат магнитной сепарации затем дается на концентрационные столы в три этапа, а конечный концентрат поступает в цех готовой продукции. Хвосты обогащения обезвоживаются и доизмельчаются. Немагнитные хвосты отправляются на перемешивающую магнитную сепарацию, а также немагнитные хвосты отправляются назад в голову цикла доводки. Концентрат магнитной сепарации циклонизируется, при этом верхний продукт отправляется на первичную отсадку. Нижний продукт циклонов отправляется на отдельный участок переработки магнитной фракции для последующей очистки.

8.2.3.4 Сгущение

Цикл сгущения (сгущение перед выщелачиванием) увеличивает плотность пульпы из контура измельчения до 50% содержания твердых веществ по весу для цианидного выщелачивания. Всего используется 28 сгустителей, которые устанавливаются постепенно по мере завершения этапов расширения, как показано ниже:

- Загустители 1-6 (1969 г.);
- Загустители 7-11 (1973 г.);
- Загуститель 12 (2021 г.);

- Загустители 13-14 (1974 г.);
- Загустители 15-16 (1975 г.);
- Загустители 17-18 (1977 г.);
- Загустители 19-20 (1983 г.);
- Загустители 21-22 (1989 г.);
- Загустители 23-24 (2007 г.);
- Загустители 25-26 (2010 г.); и
- Загустители 27-28 (2022 г.).

Всего сгустители 22 имеют центральный привод Ц-50, 3 с периферическим приводом П-50, 2 с центральным приводом типа Ц-36 и 1 с центральным приводом типа Ц-12.

Гашеная известь добавляется в цикл измельчения для контроля pH. В питание сгустителя добавляют полиакриламидный флокулянт (ПАА). Пульпа сгустителя с содержанием твердых частиц 50% подается насосом на барабанный грохот для отделения класса +2 мм с целью удаления технологического мусора (возвращается в цикл измельчения), а пульпа после грохочения подается насосом в зумпф насосной сорбции, где смешивается с подающимся туда же раствором цианида натрия с поддержанием средней концентрации цианида 300 ppm (но может варьироваться от 0,5 до 2 г/л по необходимости).

Раствор слива сгустителя возвращается в процесс в качестве технической воды.

Для производства необходимой гашеной извести из негашеной извести для контроля pH используется отдельный узел гашения извести. Негашеная известь производится в отдельном цикле обжига, в котором известняк (CaCO_3) преобразуется в негашеную известь (CaO), причем негашеная известь служит сырьем для узла гашения извести. Известняк имеет размер -40+5 мм, используется 11 обжиговых печей, установленных в период 1983–2022 гг.

В этот участок завода также входят склады кислоты и щелочей, где хранится серная кислота, соляная кислота, азотная кислота, каустическая сода и гидроксид аммония.

Цианистый натрий (NaCN) поставляется как в виде раствора, так и в твердом виде и хранится на складе NaCN .

Соответствующие циклы подготовки реагентов также относятся к цеху сгущения для смешивания и дозирования цианистого натрия, каустической соды (гидроксида натрия) и флокулянта.

За второе полугодие 2022 года расходы реагентов представлены следующим образом:

- NaCN (100%): 0,34 кг/т;
- Негашеная известь (70%): 1,95 кг/т;
- Каустическая сода (100%): 0,125 кг/т;
- H₂SO₄ (100%): 0.20 кг/т;
- HCl: 0.0035 кг/т;
- HNO₃: 0.017 кг/т;
- PAA: 0.024 кг/т;
- (аммиачная вода NH₄OH не нормируется);
- Техническая вода: 0,13м³/т;
- Электроэнергия: 1 466 кВтч/т.

8.2.3.5 Цианидное выщелачивание и RIP

В процессе «смола в пульпе» (RIP) (первое коммерческое применение на НГМК) используется ионообменная смола AM-2B, которая представляет собой анионную смолу на базе сильных оснований со стандартным расходом 8,7 г/т. RIP, аналогичный процессу CIL (уголь в щелоке), может быть более эффективным по сравнению с CIL для руд с природной сорбционной активностью и, согласно предоставленным данным, на Мурунтау руды с природной сорбционной активности из-за содержания углеродистого материала. Несмотря на то, что смола более дорогая по сравнению с активированным углем, она не требует термической регенерации, что значительно снижает капитальные и эксплуатационные затраты, а более высокое извлечение золота из руд с природной сорбционной активностью может быть достигнуто благодаря более высокой скорости насаждения на смолу и, как следствие, меньшему требуемому времени осаждения.

Процесс RIP происходит в резервуарах Пачука, которых в настоящее время после последовательных расширений насчитывается 210, каждый объемом 450 м³. Резервуары имеют высоту 17 метров и диаметр 5,5 метров. Резервуары оснащены воздушным перемешиванием и внутренними пневматическими подъемниками для подачи смолы и пульпы на установленные снаружи сита из плетеной проволоки из нержавеющей стали с размером ячеек 0,5 мм. Таким образом, насыщенная смола отделяется от пульпы, которая возвращается в резервуар и перемещается противотоком потока пульпы в следующий расположенный выше резервуар, при этом смола постепенно насаждает больше золота. pH поддерживается на уровне 10,8–11,2, что необходимо для защиты цианида, используемого для растворения золота (цианид диссоциирует до газообразного HCN при низком pH).

Насыщенную смолу (золото, растворенное в цианиде, адсорбируется на смоле) затем элюируют путем десорбции в течение 8 часов кислым раствором тиомочевины. Затем смолу регенерируют с использованием каустической соды при атмосферном давлении и температуре 55–60°C и возвращают в последний резервуар в цикле RIP.

Затем насыщенный раствор тиомочевины подвергается традиционному электролизу и плавке для производства золота Доре.

Точная конфигурация и количество резервуаров Пачука и связанных с ними циклов десорбции, электролиза и регенерации по отношению к каждому блоку мельницы, а также время контактного осаждения не известны.

На 2022 год соответствующие расходы реагентов составили:

- АМ-2В: 0,01 кг/т;
- СN (100%): 0,5-2 г/т;
- Электроэнергия: 0,245 кВтч/т.

8.2.3.6 Цех готовой продукции

Цех готовой продукции введен в эксплуатацию в 1979 году.

Специально для завода ГМЗ-2 товарный регенерат, катодные отложения, гравитационные концентраты, а также золото Доре подвергаются дальнейшему аффинажу с получением золотых слитков чистотой 99,99 %, а также слитков серебра чистотой 99,99 % и палладиевого порошка чистотой 99,90 %.

Помимо аффинажа продуктов конкретно из завода ГМЗ-2, также имеется центральный цех извлечения металлов, эксплуатируемый ГМЗ-2, в котором обогащается насыщенная смола, шлам электролиза, катоды и осадки из циклов Меррилла-Кроу других золотоизвлекательных заводов группы НГМК, которые также производят отдельные аффинированные золотые и серебряные слитки и палладиевый порошок.

Переработка и выпуск готовой продукции серебра ведется на участке производства серебра отделения производства мерных слитков и серебра.

Основной аффинажной операцией золота и серебра является электролиз с использованием растворимых анодов из черного металла. Полученное катодное золото после растворения кислотой плавят для получения слитков золота с содержанием 99,99%. Черновое серебро получают из шламов электролиза золота и растворов кислотной обработки продуктов. Из отработанного электролита золота извлекают палладиевый концентрат методом аммиачно-кислотного осаждения, с получением аффинированного палладия в порошке.

Товарный регенерат представляет собой золотосодержащий раствор сульфата тиомочевины из цеха регенерации смол. Конечный продукт представляет собой гидратный осадок, полученный методом осаждения металлов из растворов их солей каустической содой при pH 9,5–11,5 при воздушном перемешивании. Затем гидратный шлам обжигается и обрабатывается кислотой с

дальнейшей переработкой полученных твердых веществ и растворов для производства черного золота и серебра соответственно для дальнейшего аффинажа.

Гравиконцентраты также обрабатывают кислотой, полученные растворы перерабатываются для получения черного серебра, как и гидратный шлам, а твердые вещества подвергаются дальнейшей переработке после обжига для производства черного золота и дальнейшего аффинажа.

8.3 Цех кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ)

8.3.1 Текущие производственные данные

В Таб. 8.3 представлены текущие последние производственные данные по кучному выщелачиванию с 2020 года, включая прогноз на 2023 год.

	2020			2021	2022	2023*
Складировано, млн.т	11.378			11.485	11.339	11.222
Au г/т	0.74			0.66	0.59	0.56
Извлечение, %	58.07			56.00	50.63	53.33

*прогноз

На период 2020–2023 годов номинальная пропускная способность в 11 млн тонн в год несколько превышена. Извлечение золота в целом снизилось с уменьшением исходного содержания золота за этот период с 58% при исходном содержании 0,74 г/т Au в 2020 году до 51% при исходном содержании 0,59 г/т Au в 2022 году.

Достигнутое извлечение золота является приемлемым для исходных содержаний, учитывая, что руда представляет собой мелко измельченную неокисленную породу.

8.3.2 Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты представлены только за первые 6 месяцев 2023 года.

Таким образом, эксплуатационные затраты в первом полугодии 2023 года составили 5,68 долларов США/т руды. В Таб. 8.4 представлена разбивка эксплуатационных затрат за первое полугодие 2023 года.

Параметр	US\$/т рядовой руды
Реагенты и расходные материалы	1.95

Электроэнергия	0.82
Трудовые ресурсы	0.91
Техническое обслуживание	2.60
Прочее (включая незавершенное производство и амортизацию)	-0.60
Итого	5.68

Затраты на техническое обслуживание являются самой высокой статьёй затрат, за ней следуют реагенты и расходные материалы. Затраты на электроэнергию и рабочую силу относительно низкие. Из общей стоимости реагентов и расходных материалов наибольшую долю затрат составляет цианид (1,04 доллара США/тонну), за которым следуют футеровки из полиэтилена высокой плотности (0,26 доллара США/тонну).

8.3.3 Описание процесса

Цех введен в эксплуатацию в 1995 году с проектной производительностью 2300 т/ч и питанием, представленным забалансовыми рудами с максимальной крупностью сырья 1200 мм.

8.3.3.1 Дробление

Руда бульдозерами подается в приемный бункер пластинчатого питателя, который питает мобильную дробильно-сортировочную установку. На первом этапе дробления руда подвергается грохочению (140 мм), а негабариты измельчаются в щековой дробилке С160. Руда после грохочения и дробления транспортируется по конвейерам на штабель. В данном цикле применяется молот.

На втором этапе дробления руда подвергается грохочению при 50 мм, а негабариты дробятся в конусных дробилках MP1000. На третьем этапе дробления руда просеивается при размере ячеек 12,5 мм, а негабариты дробятся в конусных дробилках 2 x MP1000. На заключительном четвертом этапе дробления руда подвергается грохочению при размере ячеек 3,35 мм, а негабариты дробятся в 16 ударных дробилках, работающих в закрытом цикле (дробилки Вармас и Сетсо V-96).

Конечный продукт дробленной руды - 97%—3,35 мм.

8.3.3.2 Реагенты, агломерация и штабелирование

Негашеная известь и портландцемент являются основными реагентами, добавляемыми для контроля pH (цианидное выщелачивание) и производства агломерата соответственно. Эти два реагента доставляются на участок железнодорожным и автомобильным транспортом в приемные бункеры. Известь дополнительно дробится ударным способом до -3,35 мм до размещения в приемный бункер. Роторные питатели с контурами пневмотранспорта и

пылеулавливания предназначены для транспортировки цемента и дробленой извести в отдельные бункеры для хранения извести и цемента. Затем реагенты подаются сжатым воздухом на наземный конвейер ОЛ-1 с максимальной производительностью 4,5 т/ч и 2,4 т/ч по цементу и извести соответственно. Конвейер ОЛ-1 имеет производительность 2228 т/ч.

Для агломерации измельченной неокисленной руды используется ленточная агломерация, а не барабанный агломератор, а на конвейере ОЛ-1 установлены пять смесителей для перемешивания руды с известью и цементом. Кроме того, в бункеры последующих мобильных конвейеров добавляется 25-30 м³/ч обеззолоченного раствора (содержащего цианид) для завершения процесса агломерации.

Частично агломерированная руда из ОЛ-1 поступает на конвейеры ОЛ-2 и ОЛ-3, причем последний включает передвижную перегрузочную тележку для подачи на подъемные конвейеры, которых используется до 15. Последний подъемный конвейер передает руду на передвижные конвейеры, а затем на поперечный передвижной конвейер. С поперечного конвейера руда поступает на самоходный горизонтальный конвейер, а оттуда на штабелер. Штабелер имеет 6-метровый выдвижной конвейер длиной 42 м.

Штабелерно-конвейерная система позволяет укладывать на высоте 10,5 м при ширине карты (подушки) 85 м. Длина карты составляет 950 м для первого яруса, и уменьшается по мере увеличения количества ярусов. Максимальное количество ярусов — девять, при общей высоте кучи 94,5 м.

Перед началом орошения поверхность уложенной агломерированной руды выравнивается бульдозером. рН поддерживается на уровне 10–11, а расход негашеной извести (70%) и цемента в 2017–2019 годах составил 1,50 кг/т и 2,30 кг/т соответственно.

8.3.3.3 Орошение

Как правило, гидроизоляционный слой площадки кучного выщелачивания представлен полиэтиленом высокой плотности толщиной 1,5 мм на утрамбованной глине с уклоном 1,5–2,0%. Дренажный слой состоит из перфорированных полиэтиленовых труб, покрытых гранулированным гравием.

Орошение проводится капельным методом, а не воблерами, с начальной нормой расхода раствора 18-20 л/ч/м², снижающейся до 8-10 л/ч/м² на заключительных этапах орошения.

Бетонные коллекторы со шлюзовыми затворами регулируют самотечный поток раствора по трубопроводам к различным прудам, отстойникам и насосным станциям.

Выщелачивание проводится в четыре отдельных цикла с общей продолжительностью выщелачивания обычно 240–300 дней (обычно 60 + 90 + 60 + 60 = 270 дней). В результате

получаются растворы «продуктивный», «обогащенный», «рециркулирующий» и «обеззолоченный». Подробная информация об этих решениях представлена в Таб. 8.5.

Раствор	Au, г/т	NaCN, ppm	pH	м ³ /ч	Пруд, м ³
Продуктивный	>0,35	150-170	10,3-10,5	1660	35500
Обогащенный	≥0,08	>170	10,3-10,5	3100	66685
Рециркулирующий	0,15-0,30	>220	10,3-10,5	3100	178835
Обеззолоченный	≤0,03	>150	10,3-10,5	1660	2624

Кроме того, имеется ливневой пруд объемом 126 000 м³.

Орошение обогащенного раствора осуществляется на только что уложенную руду в течение 60 дней и при более высокой норме расхода раствора 18–20 л/ч/м². Полученный раствор затем поступает в пруд рециркуляционного раствора.

Затем рециркулирующий раствор орошает свежевыщелоченную руду (и частично выщелоченную руду, при необходимости) в течение 90 дней с более низкой нормой расхода раствора 12–15 л/ч/м². Раствор из только что уложенной руды отправляется в пруд с продуктивным раствором. Раствор из частично выщелоченной руды поступает в пруд обогащенного раствора (или обратно в пруд рециркуляционного раствора).

Продуктивный раствор поступает на фабрику Merrill-Crowe для извлечения золота и полученный обеззолоченный раствор поступает в пруд обеззолоченного раствора.

Обогащенный раствор, а также вновь складированная руда используется для дальнейшего орошения частично выщелоченной руды в течение 60 дней при норме расхода раствора 10–12 л/ч/м². Полученный раствор поступает либо в пруды обогащенного, либо в пруды рециркуляционного раствора.

Наконец, обеззолоченный раствор используется для орошения выщелоченной руды в течение следующих 60 дней при норме расхода раствора 8–10 л/ч/м². Полученный раствор поступает либо в пруды обогащенного, либо в пруды рециркуляционного раствора.

Использование нескольких циклов выщелачивания, как описано выше, с использованием раствора, уже частично насыщенного золотом, приводит к более высокой концентрации золота в продуктивном растворе и, следовательно, к экономии капитальных затрат за счет меньшей требуемой фабрики Merrill-Crowe.

8.3.3.4 Фабрика Merrill-Crowe

На этой фабрике перерабатываются 1550-1660м³/ч продуктивного раствора из пруда продуктивного раствора. Фабрика представляет собой традиционную фабрику Merrill-Crowe. К

питаю добавляется по мере необходимости щелочь и цианид, после чего проводится осветление раствора с помощью четырех фильтров, покрытых диатомитовой землей в виде 5%-ной суспензии. После осветления раствор деаэрируют с удалением кислорода с помощью вакуум-насосов. Затем добавляют цинковую пыль для осаждения золота из осветленного деоксигенированного раствора и с добавлением раствора нитрата свинца. Цинковая пыль с содержанием золота затем фильтруется из раствора, также с использованием диатомита, для получения цинкового шлама.

Наконец, насыщенный цинковый шлам прокаливают при температуре 750°C в течение 12–15 часов, добавляют соответствующие флюсы (бур, селитру и соль) и переплавляют смешанную шихту в электродуговой печи. Полученные слитки Доре подвергаются дальнейшему аффинажу, как описано ранее, на заводе ГМЗ-2 (отдел готовой продукции).

8.3.3.5 Локальная сорбционная установка (ОПУ ЛСУ)

Помимо фабрики Merrill-Crowe, продуктивный раствор из штабеля № 1 (куча-1) также обогащается в отдельной локальной сорбционной установке (ЛСУ) с производительностью 950м³/ч. Этот раствор может также повторно подаваться на кучу № 2. Для этой установки используется традиционный цикл «уголь в растворе» с соответствующими циклами десорбции и элюирования для получения золота Доре.

8.4 ГМЗ-7

8.4.1 Текущие производственные данные

В Таб. 8.6 представлены производственные данные с 2020 года, включая прогнозные данные на 2023 год.

Таб. 8.6: Производственные данные ГМЗ-7				
	2020	2021	2022	2023*
Млн.т	3.306	12.110	15.881	15.871
г/т Au	0.53	0.47	0.47	0.45
Извлечение, %**	60.0	68.7	75.6	78.8

*Прогноз

**Пересчитанное извлечение

Завод был введен в эксплуатацию в 2020 году, и с тех пор производительность выросла и к 2022 году немного превышена проектная производительность в 15 млн тонн в год. За этот период исходное содержание немного снизилось с 0,53 г/т Au до 0,45 г/т Au в 2023 году.

Извлечение увеличивается с каждым годом и составляет в среднем 77,2% за последние два года работы на проектной мощности. Это извлечение является разумным, исходя из содержания в хвостах материала, ранее подвергнутого кучному выщелачиванию.

8.4.2 Эксплуатационные затраты

Эксплуатационные затраты представлены за только первые 6 месяцев 2023 года.

Таким образом, эксплуатационные затраты на первое полугодие 2023 года составили 6,11 долларов США/т руды. В Таб. 8.7 кратко представлена разбивка эксплуатационных затрат за первую половину 2023 года.

Таб. 8.7: Данные по эксплуатационным затратам ГМЗ-7	
Параметр	долл. США/т руды
Реагенты и расходные материалы	2.44
Электроэнергия	1.35
Рабочая сила	0.67
Техническое обслуживание	0.83
Прочие (включая незавершенное производство и амортизацию)	0.82
Итого	6.11

Реагенты и расходные материалы являются крупнейшим источником затрат, за ними следует электроэнергия. Затраты на техническое обслуживание и рабочую силу относительно низкие. Что касается реагентов и расходных материалов, то стальные мелющие тела являются крупнейшим источником затрат (0,93 доллара США/тонну), за ним следует цианид (0,92 доллара США/тонну).

8.4.3 Описание технологического процесса

Завод введен в эксплуатацию в 2020 году и работает по традиционной технологии CIP. В качестве питания для завода используются старые хвосты кучного выщелачивания, оставшиеся с тех пор, когда Newmont Gold ранее эксплуатировала рудник, и, согласно предоставленным данным, для переработки имеется более 200 млн тонн материала.

Хвосты сначала бульдозерами сбрасываются в сторону площадки завода и загружаются фронтальными погрузчиками на сортировочную установку, где материал размером более 20 мм удаляется и транспортируется на отвал. Фракция -20 мм затем транспортируется на склад для подачи в цикл измельчения. Известь (СаО при 70%) добавляется для достижения правильного рН для цианирования.

Первая стадия измельчения состоит из шести шаровых мельниц (МШЦ 55 x 75), каждая с двигателем мощностью 4 МВт, работающих в замкнутом цикле с батареями гидроциклонов. Вторая стадия измельчения состоит из двух шаровых мельниц (МШЦ 40 x 70), также работающих в замкнутом цикле с батареями гидроциклонов.

Часть слива нижнего продукта гидроциклона первой стадии поступает на вторую стадию в гидроциклоны. Верхний продукт второй (и первой) стадий гидроциклонов объединяется в качестве конечного измельченного продукта 80%–74 мкм. Оставшаяся часть нижнего продукта первой стадии возвращается на первую стадию измельчения, нижний продукт второй стадии гидроциклонов подается в качестве питания для мельниц второй стадии, при этом разгрузка мельницы объединяется с частью нижнего продукта первой стадии циклонирования в качестве питания циклонов второй стадии.

В качестве мелющих тел используются стальные шары диаметром 68 мм и 40 мм.

Затем измельченная пульпа просеивается для удаления мусора (древесной щепы, пластика и т. д.) и затем поступает в цикл сгущения предварительного выщелачивания. Он состоит из шести сгустителей, каждый диаметром 36 м, с добавлением флокулянта для достижения плотности нижнего потока сгустителя 50% твердых частиц по массе.

NaCN добавляют в пульпу в виде 20–30% раствора для первичного цианидного выщелачивания с концентрацией цианида около 600 ppm. Затем пульпа поступает в цикл адсорбции (CIP). Имеется три параллельные стадии выщелачивания/адсорбции со временем выщелачивания 14 часов для каждой производственной линии. Каждая производственная линия состоит из одного (1) резервуара для выщелачивания объемом 1500 м³ и восемнадцати (18) адсорбционных резервуаров (чанов) объемом 400 м³.

Хвосты из последних адсорбционных резервуаров после просеивания пульпы для улавливания угля поступают в хвостохранилище как отвальные хвосты.

Насыщенный уголь из первых адсорбционных резервуаров перерабатывается в традиционном цикле элюирования по технологии Zadra под давлением, при этом для десорбции используется только щелочь (без использования цианида). Катоды, полученные электролизом, отправляются на завод ГМЗ-2 для дальнейшего аффинажа. Обеззолоченный уголь после десорбции перерабатывается с использованием 31–33% раствора HCl, а затем термически регенерируется перед возвратом в цикл адсорбции.

Возвратная вода из хвостохранилища и сливная вода сгустителя возвращаются в резервуар технологической воды для использования на заводе.

Кроме того, возвратная вода хвостохранилища предварительно очищается на адсорбционных колоннах CIS (уголь в растворе) для дополнительного извлечения золота (локальная сорбционная установка). Отработанный электролит после электролиза также подвергается

переработке путем колоночного адсорбционного выщелачивания для дополнительного извлечения золота.

8.5 Хвостовое хозяйство

Построено два хвостохранилища. Хвостохранилище-1 находится в 1,8 км от перерабатывающего комплекса ГМЗ-2, но практически заполнено, хотя, согласно предоставленным данным, оно по-прежнему используется в течение одного месяца каждый год в качестве аварийного.

В настоящее время используется хвостохранилище 2, расположенное в 25 км к востоку от хвостохранилища 1 (35 км к юго-востоку от ГМЗ-2) и состоящее из двух карт: карта 1 и карта 2. Карта 2 является новой картой, которая постепенно заменяет карту 1 этого хвостохранилища.

Однако предполагается, что хвостохранилище 1 и хвостохранилище 2 (обе карты) будут расширены и построены для размещения хвостов ГМЗ-2 и ГМЗ-7 как минимум до 2034 года.

Текущие работы по наращиванию южного борта хвостохранилища 2 карты 2 до высоты гребня 323 м должны были быть завершены к концу 2023 года и обошлись примерно в 84 тыс. долларов США (они продолжались на момент посещения объекта). Данные работы включают в себя строительство яруса южной дамбы до высоты гребня 323 м, строительство бермы на откосе южной дамбы ниже по течению на высоте 320 м, строительство распределительных пульпопроводов, строительство четырех аварийных резервуаров для приема пульпы хвостов при необходимости осушения хвостопровода и расширение системы водоотлива надосадочной воды в зоне водозабора.

В отчете о проектировании расширения хвостохранилища до 2034 года общая капитальная стоимость составляет около 134 миллионов долларов США и включает строительство карт 7-8 для хвостохранилища-1 (включая незначительные работы по картам 3-4 и 5-6), строительство отгораживающей, северной, восточной, южной и разделительной дамб карты 1 хвостохранилища-2, а для карты 2 хвостохранилища-2 - строительство западной, северной и южной дамб.

В проектной документации указано, что «в связи с ускорением ввода в эксплуатацию перерабатывающих мощностей ГМЗ-2 и ГМЗ-7 на существующих хвостохранилищах ГМЗ-2 образовался дефицит полезных емкостей. **К середине 2024 года созданные сейчас емкости будут полностью исчерпаны.**»

Само хвостохранилище-2 расположено в незаселенной пустынной местности, и, по предоставленным данным, для дополнительных ярусов используется метод строительства вверх по течению.

Высотная отметка расположения ГМЗ-2 – 600 м, тогда как высотная отметка гребня хвостохранилища 2 составляет 323 м, поэтому для складирования хвостов требуется только

самотек, т. е. нет необходимости в откачке. Хвосты ГМЗ-2 и ГМЗ-7 в настоящее время складированы в карте 2 хвостохранилища 2.

Две карты хвостохранилища 2 занимают очень большую площадь: 22 км² для карты 1 и 23 км² для карты 2, при общей площади 45 км².

В целом, согласно предоставленным данным, минимальное расстояние до пляжа от бортов дамбы составляет 12 метров, а мониторинг осуществляется круглосуточно и без выходных.

Для транспортировки хвостовой пульпы на хвостохранилище 2 с ГМЗ-2 и ГМЗ-7 используются два хвостопровода. Имеется дополнительный хвостопровод, который можно использовать в качестве резервного при необходимости. Общая длина хвостопроводов составляет 35 км, а стальные трубопроводы диаметром 1020 мм опираются на бетонные блоки. Скорость потока пульпы хвостов составляет 6000 м³/ч на хвостопровод.

Если потребности в воде ГМЗ-2 и ГМЗ-7 обеспечивают две водозаборные станции из реки, только в последние три года реальная обратная вода хвостохранилища использовалась для пополнения запасов воды только на завод ГМЗ-7. Для подачи оборотной воды на ГМЗ-2 ведется строительство второго водопровода оборотной воды. В соответствии с предоставленными данными, высокий уровень испарения надсадочной воды ранее препятствовал перекачке оборотной воды обратно на заводы. Таким образом, низкий уровень оборотной воды является постоянной проблемой и влияет на важность водозаборных установок.

В системе оборотной воды используются два насоса производительностью 700м³/час. Около 15 кг золота ежемесячно производится на специальной установке RIP (локальной сорбционной установке или ЛСУ), очищающей оборотную воду. Эта установка расположена перед второй насосной станцией карты 1.

Пульповыпуски используются для подачи пульпы в карты. Распределительные трубопроводы расположены вдоль Северной, Южной, Западной и Восточной дамб, а также разделительного борта между картами 1 и 2.

8.6 Металлургические испытания руд месторождения Бесапантау

В отчете от 19 апреля 2023 года представлены данные по испытаниям, проведенным на трех пробах руды, отобранных на месторождении Бесапантау. Пробам присвоены названия ТП К 810–1, ТП К 7019–2 и ТП К 385–3. Материал, место отбора и представительность проб не указаны. По результатам анализов содержание золота в этих трех пробах составило 1,05 г/т, 0,95 г/т и 2,7 г/т соответственно.

Диагностические испытания на выщелачивание показали, что содержание золота, которое может быть выщелачено цианидом, составляет от 88,6% до 91,1% и, таким образом, может считаться легко обогащаемым.

Гравитационные испытания на лабораторном концентраторе Кнелльсона показали степень извлечения гравитации в диапазоне от 14,3% до 40,4%.

Цианидное выщелачивание хвостов гравитации дало извлечение от 82,4% до 89,6%.

Таким образом, общий объем извлечения золота, достигнутый за счет гравитационного обогащения и цианидного выщелачивания гравитационных хвостов, был следующим:

- ТП К 810-1: 90,8%;
- ТП К 7019-2: 86,4%;
- ТП К 385-3: 91,1%.

8.7 Склады бедной руды

Согласно предоставленным данным, по состоянию на 1 января 2024 года имеется **127 млн тонн** бедной руды («исчисленные» и «предполагаемые» ресурсы) со средним содержанием **0,46 г/т Au**, содержащих 1,9 млн унций золота.

В этом разделе отчета кратко рассматриваются возможные варианты переработки этой бедной руды.

8.7.1 Кучное выщелачивание

Согласно уравнению регрессии, разработанному на основании существующих производственных данных цеха по кучному выщелачиванию золота, извлечение золота = $(35,582 \times \text{исходное содержание}) + 31,882$. Таким образом, при исходном содержании золота 0,46 г/т прогнозируемое извлечение составляет 48,3%.

Для концептуальной производительности в **11 млн тонн в год** (для простоты такой же, как для текущего процесса кучного выщелачивания) можно предположить те же эксплуатационные затраты, т. е. **5,68 долларов США/тонну** переработки. Предусматривается срок эксплуатации в **11,5 лет**, исходя из тонн ресурсов в 127 млн тонн.

Используя сравнительные данные WAI, капитальные затраты на цех кучного выщелачивания золота производительностью 11 млн тонн в год оцениваются в **141 млн долларов США**.

8.7.2 Выщелачивание на уголь (CIL)

На основании полученных данных по «постоянному содержанию золота в хвостах» 0,123 г/т по ГМЗ-2 (уравнение регрессии не было разработано на основе производственных данных для ГМЗ-7 (CIL) из-за продолжительного этапа повышения производительности), при исходном содержании 0,46 г/т Au, расчетное извлечение составляет 73,3% (на ГМЗ-2 используется технология «смола в пульпе» (RIP)). Прогнозное извлечение для ГМЗ-7 (технология CIL) на 2023 год составило 78,8% для содержания золота 0,45 г/т. На ГМЗ-2 применяется технология RIP,

тогда как на заводе ГМЗ-7 применяется технология CIL, который был введен в эксплуатацию недавно в 2020 г., хотя и перерабатывает старые хвосты кучного выщелачивания.

Таким образом, для содержания золота **0,46 г/т** среднее извлечение **76%** считается разумным для использования в сравнительных целях.

Для концептуальной производительности **11 млн тонн в год**, по сравнению с вариантом кучного выщелачивания, описанным выше, эксплуатационные затраты на ГМЗ-7 в 2023 году составили **6,11 долларов США/тонну**, исходя из производительности 15 млн тонн в год. Таким образом, для производительности 11 млн тонн в год предполагается увеличение удельной себестоимости на 5% до 6,41 доллара США/тонну (на основе данных сравнительного анализа). Однако применяются дополнительные затраты в размере 1,0 доллара США за тонну на цикл дополнительного дробления, необходимого для переработки рядовой руды, а не хвостов кучного выщелачивания. Таким образом, общие расчетные эксплуатационные затраты составляют **7,11 долларов США/т**. Также применяется тот же срок эксплуатации – **11,5 лет**.

Используя сравнительные данные, капитальные затраты на **завод CIL мощностью 11 млн тонн в год** оцениваются в **334 млн долларов США**. Предполагается, что нынешнее хвостохранилище будет использоваться для хранения хвостов. На основе текущего плана по расширению существующих хвостохранилищ для размещения хвостов ГМЗ-2 и ГМЗ-7 с 2024 по 2032 год при совокупной мощности 65 млн тонн в год и капитальных затратах на весь срок эксплуатации около 134 млн долларов США, затем для 127 млн тонн дополнительной мощности и с использованием правила 6/10 капитальные затраты на необходимое расширение хвостохранилища оцениваются примерно в **54 млн долларов США**. Таким образом, общая предполагаемая капитальная стоимость составляет **388 миллионов долларов США**.

8.7.3 Сравнительный расчет чистой приведенной стоимости (NPV)

Был проведен простой сравнительный расчет чистой приведенной стоимости для сравнения новой установки кучного выщелачивания и CIL для переработки отвалов бедной руды с использованием параметров, описанных выше. Этот расчет просто учитывает доход по каждому варианту, рассчитанный на основе соответствующих тонн, содержания и извлечения, с использованием цены золота 1650 долларов США за унцию. Эксплуатационные затраты – это просто тонны, умноженные на соответствующие эксплуатационные затраты в долларах США/тонну. Упрощенный годовой денежный поток затем рассчитывается как выручка от процесса минус эксплуатационные расходы процесса. Концептуальная пропускная способность в 11 млн тонн в год применима к обоим вариантам при сроке эксплуатации 11,5 лет (на 12-й год предполагается переработка 7 млн тонн в год при общих ресурсах 127 млн тонн).

Стоимости транспортировки руды не учитывается, поскольку она считается одинаковой для обоих вариантов (обычно около 1 доллара США за тонну). Никакие другие затраты по проекту не включены, поскольку предполагается, что они одинаковы для обоих вариантов.

Для обоих вариантов предполагается ставка дисконтирования 10%.

В Таб. 8.8 кратко представлены результаты простого сравнительного расчета NPV.

Таб. 8.8: Сравнительный расчет NPV		
	Кучное выщелачивание	CIL
Ставка дисконтирования	10%	10%
Общие капитальные затраты	141,0 млн. \$США	388,0 млн. \$США
NPV	590,9 млн. \$США	1231 млн. \$США

Результат ясно показывает, что новая установка CIL является значительно лучшим вариантом, чем новая установка кучного выщелачивания для переработки запасов бедных руд, исходя из допущений, обсуждавшихся выше.

9 ИНФРАСТРУКТУРА

Месторождения Мурунтау и Мютенбай разрабатываются с 1960-х годов, поэтому имеются все критически важные объекты инфраструктуры. Месторождение Бесапантау расположено вблизи завода ГМЗ-2, на прямой линии между месторождением Мурунтау и заводом, и для разработки Бесапантау не требуется строительства каких-либо дополнительных объектов инфраструктуры.

Месторождение Балпантау, расположенное примерно в 40 км от карьера Мурунтау-Мютенбай и обогатительной фабрики ГМЗ-2, эксплуатируется как месторождение-спутник, а руда доставляется напрямую на ГМЗ-2 по железной дороге. Железнодорожная инфраструктура на Балпантау уже создана. Также имеются некоторые дополнительные инфраструктурные объекты (мастерские, склады, административные здания).

10 ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И СОЦИАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ, ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

10.1 Введение

10.1.1 Объем исследований

В этой главе рассматриваются экологические, социальные аспекты, аспекты охраны здоровья и труда (ESHS) проекта Мурунтау, который включает в себя несколько объектов, перечисленных ниже, находящихся в ведении Центрального рудоуправления (ЦРУ), подразделения Навоийского горнометаллургического комплекса (АО «НГМК»), 100% государственного предприятия. Содержание этой главы основано на анализе предоставленной документации и посещении объектов, проведенном WAI в ноябре 2023 года. Посещение объектов включало в себя ознакомление с проектом и совещания с некоторыми соответствующими руководителями и персоналом на объектах.

В состав рассматриваемого проекта «Мурунтау» входят следующие объекты, которые рассматривались как отдельно, так и вместе в случаях, когда либо политики и процедуры Центрального рудоуправления относятся ко всем объектам, либо политики и процедуры АО «НГМК» касаются всех подразделений и департаментов НГМК:

- Месторождение Мурунтау – открытая добыча, разработка ведется с 1967 года;
- Обрабатываемое месторождение Мютенбай;
- Месторождение Балпантау, разработка начинается в 2023 г.;
- Месторождение Бесапантау, добыча еще не начата;
- Склады бедной руды и хвосты кучного выщелачивания;
- Гидрометаллургический завод № 2 (ГМЗ-2), расположенный в пределах промплощадки Бесопан;
- Гидрометаллургический завод № 7 (ГМЗ-7), перерабатывающий хвосты кучного выщелачивания;
- Цех кучного выщелачивания (ЦКВЗ).

Анализ экологических и социальных аспектов выполнен в объеме предоставленных данных, а также на основе информации, полученной в ходе посещения объектов, а также на основе информации, полученной в ходе посещения объектов и общедоступных данных. Проведены обсуждения со специалистом по ESG НГМК; начальником Центральной лаборатории контроля условий труда и охраны окружающей среды; руководителями по ОТ и ТБ и другими сотрудниками различных отделов. Во время посещения объектов специалистами WAI ведущий эколог и эколог Центрального рудоуправления отсутствовали. В течение выездного аудита специалист по экологическим и социальным аспектам WAI посетил головной офис НГМК, ЦРУ, рудник Мурунтау, ГМЗ-3, ЦКВЗ, а также Центральную лабораторию мониторинга условий труда и охраны окружающей среды.

В целом, в этой главе кратко описываются и рассматриваются следующие аспекты:

- Состояние окружающей среды;
- Статус текущих разрешений;
- Социальный контекст и развитие местного населения;
- Управление отходами и водными ресурсами;
- Энергопотребление и управление выбросами парниковых газов;
- Закрытие (ликвидация) производства, восстановление и рекультивация нарушенных земель.

10.1.2 Изученная информация

Ниже представлен перечень проанализированных документов при подготовке настоящей главы:

- Заключение государственной экологической экспертизы на проект предельно допустимых выбросов, разработанный для промплощадки «Бесопан» от 03.03.2021.
- Заключение государственной экологической экспертизы по ОВОС строительства рудника на базе месторождений Балпантау и Тамдыбулак от 04.02.2020 г.
- Заключение государственной экологической экспертизы по ОВОС строительства дробильно-сортировочной фабрики и промышленной добычи известняка на промплощадке «Бесопан» для НГМК от 08.04.2020 г.
- Заключение государственной экологической экспертизы по ОВОС на проект отработки месторождения Чукуркудук от 07.09.2020 г.
- Заключение государственной экологической экспертизы по оценке воздействия на окружающую среду на основании технико-экономического обоснования (ТЭО) разработки месторождения Чукуркудук от 19.06.2020 г.
- Статистическая отчетность. Отчет об охране окружающей среды за 2022 год. Образование, использование и утилизация отходов.
- Заключение государственной экологической экспертизы по оценке воздействия на окружающую среду карьера «Мурунтау» (V этап) от 15.10.2020 г.
- Информация за I квартал 2023 года о реализации Программы экологического мониторинга на 2021-2025 годы на основании Положения к Постановлению Кабинета Министров Республики Узбекистан от 03.06.2021 г.
- Отчет за I квартал о выполнении мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов в рамках основной деятельности Центрального рудоуправления от 04.02.2023 г.
- Отчет Управления охраны окружающей среды Центрального рудоуправления за 2022 г.
- Заключение государственной экологической экспертизы на проект экологических нормативов образования и размещения отходов, разработанный для промплощадки «Бесопан» Центрального рудоуправления Навоийского горнометаллургического комбината. От 17 августа 2018 г.
- Заключение государственной экологической экспертизы на проект экологических норм образования и размещения отходов, разработанный для промплощадки Мурунтау Центрального рудоуправления Навоийского горнометаллургического комбината. От 17 августа 2018 г.

- План мероприятий по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов Центрального рудоуправления от 01.07.2023 г.
- График проверки соблюдения законодательных и нормативных требований в области охраны окружающей среды, обращения с отходами и экологии в подразделениях Центрального рудоуправления на 2023 год от 01.07.2023 г.
- Карта процесса «Система экологического менеджмента» от 16.12.2022 г. и действительна по 16.12.2027 г.
- Политика Центрального рудоуправления АО «НГМК» в области качества окружающей среды, экологии, охраны здоровья и безопасности труда от 03.10.2023 г.
- Отчет GRI по устойчивому развитию за 2021 г.
- Переоценка извлекаемых запасов месторождений Мурунтау, Мютенбай и Бесапантау в соответствии с Кодексом JORC, декабрь 2019 г., SRK.
- Muruntau_JORC_2911 – Переклассификация минеральных ресурсов и извлекаемых запасов Мурунтауского рудного кластера в соответствии с Кодексом JORC.
- Пояснительная записка. Разработка заявления о воздействии на окружающую среду. Разработка месторождения Чукуркудук. Техничко-экономическое обоснование, Книга II, Центральное рудоуправление НГМК, 2020 г.
- Пояснительная записка. Разработка заявления о воздействии на окружающую среду. Строительство рудника на базе месторождений Балпантау и Тамдыбулак. Техничко-экономическое обоснование, Книга II, Центральное рудоуправление НГМК, 2020 г.
- Сокращенная промежуточная финансовая отчетность за шесть месяцев до 30 июня 2023 г. (неаудированная).
- Заключение государственной экологической экспертизы по оценке воздействия на окружающую среду от строительства комплекса по добыче и переработке минеральных отходов ЦКВЗ № 18/1265з от 9 ноября 2017 года.
- Центральное рудоуправление НГМК. Строительство комплекса по переработке минеральных отходов, площадки кучного выщелачивания золота. Глава «Оценка воздействия на окружающую среду». Разработка заявления о воздействии на окружающую среду. Пояснительная записка 12-М-ПТ-86742-ПЗ, 2018 г.
- Ежемесячные данные мониторинга воды с карьера Мурунтау с января по декабрь 2023 г.
- Сопроводительное письмо по мониторингу воздуха ГМЗ-2.
- Данные мониторинга воздуха (неорганическая пыль) для ЦКВЗ ежемесячно с января по декабрь 2023 г.
- Данные мониторинга воздуха, шума и вибрации на границе санитарно-защитной зоны рудника «Мурунтау» ежемесячно с января по декабрь 2023 г.
- Расчет для учёта обязательств по выбытию активов (ARO) для площадок НГМК. SRK Consulting (Россия), 2020 г.
- Таблица Excel: ТКOP_1.3_ARO_2023 vA_GMZ-2_GMZ-7_TSkvz.
- Финальный отчет о соответствии Принципам ответственного подхода к добыче золота и Международному кодексу по обращению с цианидами, Навои, Узбекистан, SRK Consulting (Россия) Ltd, январь 2024 г.

10.2 Состояние окружающей среды

10.2.1 Расположение и доступ

В административном отношении проект, включающий три месторождения золота, три перерабатывающих объекта, а также склады бедной руды и хвосты кучного выщелачивания, расположен в Тамдымском районе Навоийской области. Район имеет хорошо развитую дорожную сеть, доступ на объекты доступен круглый год.

Рудник Мурунтау расположен в 31 км к востоку от города Зарафшан, а город Навои - в 170 км к юго-востоку. Ближайший к руднику поселок — Мурунтау расположен в 2 км к северу.

ГМЗ-2 расположен в 6 км западнее рудника Мурунтау на промплощадке Бесопан. Ближайшие жилые дома города Зарафшан находятся в пределах 21 км к западу от промплощадки Бесопан.

Автомобильная дорога Навои-Учкудук-Нукус проходит в 7 км к юго-западу от карьера Мурунтау. Ближайшая железнодорожная станция находится в 2,1 км к западу от объединенных карьеров Мурунтау и Мютенбай. Месторождение Бесопантау расположено в 6,5 км к северо-востоку от карьера Мурунтау.

Цех кучного выщелачивания золота расположен к юго-западу от карьера Мурунтау и граничит с дамбой хвостохранилища I очереди ГМЗ-2 на юге и пульпопроводом ГМЗ-2, а также с дорогой Навои-Зарафшан на западе и ближайшим поселком Мурунтау, который находится в 8 км к северо-востоку.

Месторождение Балпантау расположено в 8 км к юго-востоку от села Тамбы и в 27 км к северу от карьера Мурунтау. Ближайшие населенные пункты – село Тайман и село Кизикташ, расположенные в 2 км и 2,3 км соответственно от месторождения Балпантау.

В городе Навои есть международный аэропорт, а недалеко от города Зарафшан расположен внутренний аэропорт Зарафшан.

10.2.2 Исторические сведения

Проект Мурунтау имеет долгую историю, начавшуюся с открытия месторождения золота Мурунтау в 1958 году.

Поселок Мурунтау возник в 1959 году как рабочий поселок в связи с геологоразведочными работами на месторождении Мурунтау.

Город Навои основан в 1958 году. Создан как центр горнодобывающей промышленности по добыче редкоземельных элементов, драгоценных металлов и урана, там же расположен головной офис Навоийского горнометаллургического комбината.

Центральное рудоуправление и город Зарафшан были основаны в результате открытия рудного поля Мурунтау. Центральное рудоуправление было основано в 1964 году. Строительство города Зарафшан началось в начале 1960-х годов, при этом официальным годом основания города

считается 1965 год. Первоначально город строился как городок для рабочих, обслуживающих промышленные золотодобывающие предприятия, расположенные на месторождении Мурунтау и промплощадке Бесопан, где в 1967 году началось строительство Гидрометаллургического завода № 2 (ГМЗ-2). В 1969 году ГМЗ-2 выпустил первый золотой слиток.

В 2020 году введен в эксплуатацию Гидрометаллургический завод №7 (ГМЗ-7) для переработки хвостов цеха кучного выщелачивания золота.

В настоящее время в Мурунтауский кластер входят: месторождения Мурунтау, Мютенбай, Балпантау, Бесопантау и Чукуркудук, а также другие ближайшие рудники, гидрометаллургические заводы, цех кучного выщелачивания, водопровод Амударья-Зарафшан, железная дорога.

В экологическом и социальном плане за эти 65 лет территория расположения Кластера претерпела существенные изменения, подробные данные представлены в соответствующих разделах ниже.

10.2.3 Климат

Климат района резко континентальный, пустынно-засушливый, с сухим воздухом и небольшим количеством осадков (в среднем до 110 мм в год) с преобладанием ветров северного и северо-восточного направлений со средней скоростью 2,4–3,6 м/сек. Сильные ветры в пустыне сопровождаются пыльными и песчаными бурями. Зима относительно холодная, средняя температура января -8°C, лето продолжительное и жаркое, средняя температура в июле +28-30°C. Среднегодовая температура +13,5°C с абсолютным минимумом -26°C и максимумом +48°C. Продолжительность безморозного периода – 200 дней.

Среднегодовое количество осадков составляет 141 мм, которые выпадают преимущественно в холодный период в виде дождя. Снежный покров непостоянный, толщина снежного покрова составляет 4 см. Иногда зимы бывают бесснежными. Уровень влажности низкий. Испарение превышает количество осадков в летний период в 18–20 раз.

Таким образом, территория Проекта характеризуется средней скоростью ветра, низким уровнем осадков и высокими температурами теплого сезона, а также приземной инверсией, что приводит к повышенной естественной запыленности.

10.2.4 Топография, землепользование и земельный покров

Объекты проекта расположены в Центральном-Кызылкумском горнодобывающем районе в южной части гор Тамдытау. Рельеф пустынный с высотными отметками от 10 до 150 м при абсолютных отметках от 300 до 700 м на разных участках. В настоящее время топография территории претерпела значительные изменения в результате антропогенного воздействия. Основными рельефообразующими единицами являются искусственные карьеры Мурунтау и Мютенбай. Большое влияние на формирование рельефа также оказывают отвалы пустой породы, бедной руды, а также другие объекты горнодобывающей промышленности.

В целом объекты Проекта расположены в пределах пустынной территории, поверхность представлена типичными для этого региона почвами, а именно высокогипсованными, засоленными, пустынными, песчаными и серо-коричневыми почвами, бедными элементами плодородия, такими как гумус, азот и фосфор. Почва бесструктурная и рыхлая. Природные условия местности характеризуются крайней засушливостью, что приводит к развитию очень тонкого и уязвимого биологического слоя. Почва в районе карьера Мурунтау и соответствующих объектов нарушена в результате горных работ, в том числе складирования вмещающих пород, бедной руды и воздействия автотранспортом.

Почвы используются ограниченно из-за низкого плодородия и недостатка воды. Таким образом, земли непригодны для сельскохозяйственного использования. Тем не менее, земли вокруг объектов Проекта используются местным населением в качестве пастбищ, несмотря на отсутствие соответствующего растительного покрова и воды.

НГМК предоставлены лицензии на землепользование для дополнительных земель, изъятых из резервных пастбищ для расширения работ на карьерах Мурунтау и Мютенбай, датированные 2017 годом, в дополнение к историческим лицензиям на землепользование, выданным НГМК в 1966 году, которые считаются действительными, как срок окончания действия не указан.

10.3 Воздействие на окружающую среду

10.3.1 Качество окружающего воздуха и выбросы в атмосферу

Основными загрязнителями горнодобывающей и перерабатывающей деятельности являются неорганическая пыль, SO₂, CO, NO₂. Национальные нормативы (предельно допустимые концентрации) качества воздуха указаны в СанПиН 0293–11 и приведены ниже в сравнении с международными нормами (нормы ВОЗ).

Таб. 10.1 Национальные стандарты качества воздуха Узбекистана и международные стандарты ВОЗ		
Параметр	Национальные стандарты	Международные (рекомендованные ВОЗ)
Диоксид азота	40 µg/m ³ среднее за год 60 µg /m ³ среднее за сутки	10 µg/m ³ среднее за год 25 µg/m ³ среднее за сутки
Монооксид углерода	3000 µg/m ³ среднее за год 4000 µg/m ³ среднее за сутки	4000 mg/m ³ среднее за сутки
Диоксид серы	50 µg/m ³ среднее за год 200 µg/m ³ среднее за сутки	40 µg/m ³ среднее за сутки
PM _{2.5}	-	5µg/m ³ среднее за год 15µg/m ³ среднее за сутки
PM ₁₀	50 µg/m ³ среднее за год 300 µg/m ³ среднее за сутки	15µg/m ³ среднее за год 45µg/m ³ среднее за сутки

В настоящее время Узбекистан находится в процессе установления правовых пределов как для PM_{2.5}, так и для PM₁₀, в СанПиН 0293–11 уже включены нормативы для PM₁₀. Нормативы для PM_{2.5} еще не разработаны.

Учитывая долгую историю горных работ на территории проекта Мурунтау, можно полагать, что воздушная среда ухудшилась за время существования рудника. Кроме того, еще одним существенным фактором, влияющим на качество воздуха, являются кратковременные пыльные бури пустыни Кызуйлкум, вызывающие высокую концентрацию твердых частиц в воздухе.

WAI проведен анализ предоставленной информации о качестве воздуха и выбросах в атмосферу по объектам Проекта, более детальные данные представлены ниже.

Мурунтау

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха, как указано в Заключение государственной экологической экспертизы, являются буровзрывные работы, горнотранспортное оборудование, приемный пункт дробилки забалансовой руды, узел пересыпки дробленой руды на конвейер, погрузка вскрышной породы, приемный бункер дробилки (породы с отвала), перегрузочные узлы и т.д. В общей сложности на руднике Мурунтау зафиксировано 73 источника выбросов в атмосферу и 35 видов загрязняющих веществ.

Балпантау

За время разработки и эксплуатации Балпантау ожидается 19 видов загрязняющих веществ из 11 источников выбросов (из них 9 неорганизованных и 2 стационарных). Основной вклад внесут выбросы неорганической пыли (с содержанием 20–70% SiO₂), диоксида азота, диоксида серы, оксида углерода, неорганической пыли (с содержанием менее 20% SiO₂), углеводороды, сажа и оксиды азота.

Бесапантау

В заявлении о воздействии на окружающую среду в качестве основных источников загрязнения атмосферного воздуха предусмотрены карьер, вскрышные отвалы, погрузочные площадки, автозаправочная станция, дизельный генератор. Основными загрязняющими веществами являются неорганическая пыль (содержащая 20-70% SiO₂), диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода, неорганическая пыль (содержащая менее 20% SiO₂), углеводороды, сажа и оксиды азота.

Гидрометаллургический завод №2 (ГМЗ-2)

ГМЗ-2 расположен на территории промплощадки Бесопан, где также расположены центральный ремонтный цех, центральная материально-техническая база, центральная лаборатория контрольно-измерительных приборов и автоматики, отдел технического контроля, автобаза № 7, а также хвостохранилище № 1 и хвостохранилище № 2.

В составе ГМЗ-2 шесть основных технологических цехов, а именно:

- крупного дробления,
- рудоподготовки,

- измельчения,
- гравитационного обогащения,
- сорбции и регенерации,
- сгущения с известковым участком и готовой продукции.

Выбросы в атмосферу рассчитаны и отражены в Заключении государственной экологической экспертизы по всем объектам промплощадки Бесопан. В Заключении указаны 33 вида выбросов из 190 источников промплощадки Бесопан, в том числе 69 стационарных источников выбросов и 121 неорганизованный источник как газообразных выбросов, так и выбросов твердых частиц. Наибольший вклад в валовые выбросы вносят известковая пыль (53,7 %), рудная пыль (21,6 %), CO (6,1 %), NO₂ (6,1 %), SO_x (1,3 %), неорганическая пыль (1,2 %) и HCN (0,93%). Общий объем выбросов в атмосферу от всех источников составляет 6 926,204 тонны в год.

Цех кучного выщелачивания золота и гидromеталлургический завод № 7 (ГМЗ-7)

В соответствии с Проектом ОВОС основными источниками выбросов в атмосферу и загрязняющих веществ являются:

- Промежуточный склад, где в результате погрузочных работ (с конвейера и в транспортное средство) в воздух выбрасываются пыль хвостов и выхлопные газы;
- Узел цианирования и сорбции – выбросы цианистого водорода и сернокислого железа;
- Узлы подготовки железного купороса и полиакриламида – выбросы сульфата железа и полиакриламида;
- Узел десорбции – выбросы паров соляной кислоты;
- Узел подготовки гашеной извести – выбросы известковой пыли;
- Экспресс-лаборатория – выбросы цианистого водорода при анализах;
- Аналитическая лаборатория – выбросы кислот, паров аммиака и пыли хвостов.

Мониторинг воздуха

Мониторинг качества воздуха ведется у источников выбросов и в точках мониторинга в пределах санитарно-защитной зоны.

В санитарно-защитной зоне рудника Мурунтау имеется 8 точек мониторинга, где осуществляется замер и контроль пыли (SiO₂ 10-70%), NO и CO. Представленные на рассмотрение отчеты мониторинга СЗЗ за 2023 год не выявили превышений за 2023 год.

В цехе кучного выщелачивания имеется 7 источники выбросов неорганической пыли, мониторинг которых ведется ежемесячно. На рассмотрение предоставлены отчеты о мониторинге за 2023 год.

Всего на промплощадке Бесопан имеется 29 станций пылегазоочистки, некоторые источники выбросов оборудованы скрубберами (18) для улавливания рудной и известняковой пыли, другая источника оборудованы системами пенной очистки газов (3) для улавливания аммиака, паров серной кислоты, цианистого водорода, оксида углерода, диоксида азота, оксидов серы и

соляной кислоты, а также с циклонами для улавливания древесины и известковой пыли (8). Предельно допустимые выбросы рассчитаны для каждого источника и утверждены заключением государственной экологической экспертизы. Насколько известно WAI, на промплощадке Бесопан предлагается установить дополнительные системы очистки воздуха, а мониторинг воздуха проводится как у источников выбросов, так и на рабочих местах. Однако WAI не были предоставлены данные мониторинга атмосферного воздуха, чтобы сделать вывод об эффективности реализованных мероприятий на ГМЗ-2.

Судя по обсуждениям в ходе выездного аудита, в источниках выбросов иногда происходят превышения выбросов в атмосферу. Эти проблемы решаются посредством платежей за выбросы сверх предельно допустимых значений в соответствии с требованиями законодательства. Данные мониторинга качества воздуха на складах бедной руды и ГМЗ-7 не предоставлялись для анализа. Также мониторинг качества воздуха не проводится ЦРУ в поселке Мурунтау.

10.3.2 Шум и вибрация

Мониторинг шума осуществляется в соответствии с Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах (СанПиН РУз №0325-16), а контроль вибрации – в соответствии с Санитарными нормами общей и локальной вибрации на рабочих местах (СанПиН РУз №0326-16).

Измерения шума и вибрации проводит Центральная лаборатория мониторинга условий труда и охраны окружающей среды.

Допустимые пределы шума и вибрации на СЗЗ составляют 80 дБ и 84 дБ соответственно. Ежемесячные отчеты по замерам шума и вибрации на СЗЗ (8 точек мониторинга) не выявили превышения этих уровней.

Согласно информации, обсужденной во время посещения объектов шум и вибрация в пределах и за пределами СЗЗ не превышают 40 дБ. Основными реципиентами воздействия являются персонал, работающий у источников шума и вибрации. СИЗ предоставляются всем работникам и посетителям и являются обязательными для ношения.

10.3.3 Водные ресурсы

10.3.3.1 Поверхностные воды

Гидрографическая сеть района очень бедна, на территории Проекта отсутствуют поверхностные воды, а также ирригационные сети и орошаемые земли. Однако весной можно наблюдать кратковременные водотоки.

10.3.3.2 Подземные воды

В гидрогеологическом отношении район расположен в юго-восточной части Тамбытауского гидрогеологического массива. На территории развит безнапорный водоносный комплекс

трещинно-жильных вод, приуроченный к метаморфизованным песчано-глинистым толщам палеозойских пород, осложненным многочисленными тектоническими нарушениями, зонами трещиноватости и разломами. Глубина залегания трещинно-жильных уровней воды в природных условиях в зависимости от рельефа колеблется от 44 до 97 м (абсолютные отметки от +486 до +490 м). Направление движения – с севера на юг. Водоносный комплекс трещинно-жильных вод развит на глубину более 600 м.

Благоприятными условиями для накопления подземных вод в палеозойских породах являются сильное дробление горных пород на складки и развитие в них разломов. Кроме того, наибольшее количество осадков выпадает в период минимального испарения, что обеспечивает интенсивную фильтрацию в трещиноватых палеозойских породах. Грунтовые воды на территории участка отсутствуют. Однако в результате конденсации испарений и фильтрационных потерь из водоносных коммуникаций промышленных объектов горнометаллургического комплекса наблюдается появление грунтовых вод типа «верховодки».

10.3.3.3 *Водоснабжение и водоотведение*

Амударья является основным источником водоснабжения объектов рудника Мурунтау и объектов промплощадки Бесопан, а также города Зарафшан и села Мурунтау. Забор воды осуществляется в пункте Даль-Даль Амударьи, расположенном в селе Сарымай Хорезмской области в 210 км от города Заравшан. Эту воду используют для технических нужд, орошения, пожаротушения и питьевых целей.

Дополнительными источниками водоснабжения являются водозаборные скважины Карак-ата, Жингельды, Янгиказган, шахтные воды Мурунтау и карьерные воды Мурунтау, которые собираются и используются в качестве технической воды. Забираемая из скважин вода в полном объеме используется объектами промплощадки Бесопан для пылеподавления, орошения уступов, орошения отвалов и других бытовых нужд.

Источником водоснабжения карьерных объектов Балпантау являются подземные воды Дженгельдинского водоносного горизонта; расстояние от карьера до водозабора около 35 км. Часть воды из подземного водозабора Дженгельды поступает на водоочистные сооружения для получения воды питьевого качества. Питьевую воду используют для санитарно-бытовых и питьевых целей.

Согласно полученным устным данным во время выездного аудита, имеется система оборотного водоснабжения, вода и сточные воды не сбрасываются в окружающую среду.

Сбросы сточных вод в водные объекты, оросительные поля и другие канализационные системы с объектов Центрального рудоуправления отсутствуют.

Технологическая вода и сточные воды всех объектов промышленной площадки Бесопан, за исключением хвостохранилища ГМЗ-2, сбрасываются канализационную линию ГМЗ-2, где в соответствии с Критериями технологического проектирования вода добавляется в хвостовую пульпу для облегчения транспортировки пульпы по пульпопроводу и ее распространение по

картам. Эта вода накапливается в прудах-отстойниках, а затем перекачивается в хвостохранилища.

Стоки из хвостохранилища ГМЗ-2 перекачиваются в пруд-накопитель, объемы воды незначительны и испаряются за счет интенсивного испарения. Таким образом, в соответствии с местным законодательством нет необходимости утверждать предельно допустимые нормы таких объемов стоков.

Шахтная вода Мурунтау перекачивается в «водосборное озеро», после чего технологической водой снабжается цех кучного выщелачивания золота. Стоки цеха кучного выщелачивания золота также сбрасываются в это накопительное озеро для дальнейшего использования на узлах ЦКВЗ и ГМЗ-7. Лимиты количества воды, используемой для объектов Проекта, представлены ниже в разделе 10.6.

10.3.4 Биоразнообразие и экосистемные услуги

10.3.4.1 Охраняемые территории

В пределах расположения Проекта территории заповедников или национального парка отсутствуют. Длительная история добычи полезных ископаемых уже привела к изменениям в окружающей среде, включая ландшафт, флору и фауну.

10.3.4.2 Флора и фауна

На территории Мурунтау, включая карьеры Мурунтау, Мютенбай и Чукуркудук, фауна представлена характерными для Навоийской области видами млекопитающих, птиц и насекомых, адаптированными к условиям этого региона.

На территории месторождения Балпантау фауна представлена пустынными видами, среди которых преобладают пресмыкающиеся, грызуны и птицы. Проведенные на месторождении Балпантау геологоразведочные работы оказывают локальное воздействие на фауну района и не влияют на численность видов в региональном масштабе в соответствии с информацией, полученной из заключения государственной экологической экспертизы по месторождению Балпантау. Однако за этим следует следить по мере продвижения горнодобывающих работ. Преобладающий тип растительности в пустынной зоне - сообщество гипсофитных кустарников и кустарников полыни и солянки. Кроме того, значительная роль в формировании почвенного покрова и степени его закрепления принадлежит эфемерам и эфемероидам. Древонасаждения отсутствуют.

Судя по предоставленным данным, на территории проекта отсутствуют виды растений, занесенные в Красную книгу Международного союза охраны природы и Республики Узбекистан, а также не проводятся мероприятия, направленные на сохранение и защиту растений. Редких видов диких животных, находящихся под угрозой исчезновения или чувствительных к результатам деятельности человека, не зарегистрировано.

WAI не известно о каких-либо действующих планах действий по сохранению биоразнообразия. Однако, согласно данным Отчета GRI по устойчивому развитию за 2021 год, НГМК в соответствии с национальной инициативой Президента по сохранению природных ресурсов и разнообразия окружающей среды «Яшилъ Макон» разработал программу, призванную внести существенный вклад в сохранение биоразнообразия и восстановление земель. В рамках проекта НГМК подготовил план мероприятий по посадке саженцев деревьев и кустарников в рамках инициативы «Долзарб 40 дней».

10.3.5 Управление отходами

Мурунтау

При разработке и эксплуатации карьеров Мурунтау образуются следующие виды отходов: вскрышные породы, лом черных металлов, отходы нефтепродуктов, изношенные конвейерные ленты, ртутные лампы, изношенные шины, отработанные аккумуляторы, отработанный электролит, промасленная ветошь, древесный лом, изношенная спецодежда, бытовые отходы и другие. В проекте экологических нормативов образования и размещения отходов указано, что всего на руднике Мурунтау образуется 35 видов отходов, в том числе 2 вида первого класса опасности, а именно: отработанные ртутные лампы и люминесцентные лампы; 5 видов второго класса опасности; 5 видов третьего класса опасности; 9 видов четвертого класса опасности; и 14 видов пятого класса опасности. Согласно предоставленным данным, все отходы, образующиеся в результате эксплуатации рудника Мурунтау, утилизируются надлежащим образом. Имеется полигон с восемью картами, шесть из них предназначены для захоронения промышленных отходов и 2 из них для захоронения бытовых отходов, образующихся на промплощадках Мурунтау и Бесопан.

Балпантау

В ходе разработки и эксплуатации Балпантау будет образовываться 20 видов отходов со 2-го по 5-й классы опасности. Отходы различного вида опасности временно собираются на территории рудника Балпантау и затем отправляются на дальнейшую утилизацию. Проектом не предусмотрено размещение отходов за пределами территории рудника. Таким образом, воздействия на почву и ландшафт не ожидается.

Мютенбай и Беспантау

В заключении государственной экологической экспертизы по ОВОС разработки карьера Мурунтау, которое также включает в себя разработку карьеров Мютенбай и Беспантау в рамках V этапа, обобщены требования к НГМК по разработке Заключения о воздействии на окружающую среду отдельно как для Мютенбая, так и для Беспантау, в том числе в отношении образования и утилизации отходов.

Гидрометаллургический завод №2 (ГМЗ-2)

На промплощадке Бесопан, где расположен ГМЗ-2, в результате деятельности образуется 45 видов отходов, в том числе 6 видов первого класса опасности; 5 видов второго класса опасности; 5 видов третьего класса опасности; 15 видов четвертого класса опасности; и 14 видов пятого класса опасности. Заключение государственной экологической экспертизы установлено, что обращение с отходами осуществляется и размещается в соответствии с требованиями законодательства в объемах, рассчитанных для конкретного вида отходов.

Установка кучного выщелачивания золота и Гидрометаллургический завод №7 (ГМЗ-7)

Установка кучного выщелачивания и ГМЗ-7 производят следующие виды отходов:

- Отвальные хвосты;
- Осадки очистных сооружений;
- Отсев (+10мм);
- Лом черных и цветных металлов;
- Отработанные конвейерные ленты;
- Контейнеры для реагентов;
- Изношенные СИЗ;
- Промасленная ветошь;
- Отработанные лампы;
- Пищевые и бытовые отходы;
- Смет с территорий.

Центральное рудоуправление представляет в соответствующие органы ежегодные статистические отчеты об образовании, повторном использовании и размещении отходов, в которых указываются объемы опасных и неопасных отходов, образующихся в результате эксплуатации объектов ЦРУ. Копия отчета за 2022 год была предоставлена на рассмотрение WAI. Отчет содержит информацию об объемах отходов, хранящихся, повторно используемых и/или размещаемых как на собственных объектах хранения/захоронения ЦРУ, так и передаваемых специализированным подрядчикам.

WAI не известно о каких-либо существенных нарушениях, связанных с учетом, хранением и/или утилизацией отходов.

10.3.6 Управление цианидом

WAI не проводился цианидный аудит в рамках данного исследования. Таким образом, в этом разделе кратко представлена информация, предоставленная НГМК в отношении экологической экспертизы и экспертизы ОТ и ТБ. НГМК не является подписантом Кодекса по обращению с цианидами (ICMC) и, соответственно, не имеет обязательств по соблюдению требований ICMC.

Тем не менее, НГМК поручил SRK Consulting подготовить отчет о соблюдении АО «НГМК» Принципов ответственной добычи золота и Международного кодекса управления цианидами,

окончательный отчет которого был выпущен в январе 2024 года. Отчет SRK содержит выводы, касающиеся обращения с цианидами, их транспортировки и управлению, и приходит к выводу, что существующие системы обращения с цианидами недостаточно эффективны для предотвращения всех потенциальных аварий, в том числе:

- недостаточный объем вторичных защитных резервуаров вокруг резервуаров с цианидами;
- недостаточная подготовка работников;
- недостаточные меры безопасности при транспортировке цианида;
- отсутствие понимания концентраций цианидов в различных зонах хвостохранилищ; и
- недостатки в работе систем безопасности.

10.4 Состояние социальной среды

10.4.1 Местное население

Ближайшим населенным пунктом к объектам Проекта является поселок Мурунтау, расположенный в 2 км к северу от карьера Мурунтау.

Поселок Мурунтау был основан в 1960-х годах сначала как поселок геологов и горняков. Рядом с поселком Мурунтау находится небольшой поселок Солнечный. Сейчас поселок Мурунтау с населением около 5000 человек административно подчинен городу Заравшан, связанному автобусным сообщением. В поселке имеется станция на железнодорожной линии от станции Кызылкудук. Большинство местных жителей обоих сел – узбеки; в поселке также проживают русские, казахи, украинцы и представители других национальностей. В селе Мурунтау есть музыкальная и средняя школы, медицинский центр, библиотеки, спортивный комплекс. Земли вокруг объектов Проекта используются местным населением в качестве пастбищ.

Несмотря на общую поддержку деятельности НГМК населением, в открытом доступе имеются жалобы жителей села Мурунтау на пыль, образующуюся при взрывах на карьере Мурунтау.



Фото 10.1 Вид на поселок Мурунтау и карьер Мурунтау³

Другими ближайшими населенными пунктами являются Тамбы, Тайман и Кизилташ, расположенные в 8 км, 2 км и 4,8 км соответственно от месторождения Балпантау. Однако ни в проектах ОВОС, ни в открытых источниках информации об этих населенных пунктах нет.

10.5 Управление энергопотреблением и выбросами парниковых газов

Согласно предоставленным WAI данным, что Центральная оперативно-диспетчерская служба энергетики управляет всеми объектами энергоснабжения и контролирует режимы их работы. Энергетические подразделения и Центральная энергетическая оперативно-диспетчерская служба подотчетны главному энергетическому директору компании. Компания на постоянной основе контролирует реализацию мероприятий по энергоэффективности.

Используя благоприятные климатические условия и потенциал солнечной энергетики Узбекистана, НГМК разработал и реализовал проекты по использованию солнечной энергии для обеспечения горячего водоснабжения посредством солнечных электростанций.

На объектах НГМК используются солнечные электростанции, в частности, они эксплуатируются Центральным рудоуправлением, сертифицированным по стандарту ISO 50001 – Энергоменеджмент.

³ Фото взято из открытого источника:

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Uzbekistan_photographs

НГМК использует солнечные электростанции для выработки энергии. Энергия, вырабатываемая из возобновляемых источников энергии, используется только для собственных нужд компании.

Кроме того, НГМК осуществляет мониторинг выбросов парниковых газов и проводит качественную оценку выбросов Объем 1 от объектов компании.

Основными источниками прямых выбросов парниковых газов (CO₂) являются:

- Электростанции, выделяющие парниковые газы при сжигании углеводородного топлива;
- Двигатели транспортных средств, выделяющие парниковые газы при внутреннем сгорании бензина, дизельного топлива, сжатого природного газа и сжиженного газа.

В соответствии с Отчетом об устойчивом развитии GRI за 2021 год Центральное рудоуправление НГМК отчиталось о 626 930,4 тонны CO₂ при снижении выбросов CO₂ на 14,391 тонны по всем бизнес-подразделениям НГМК по сравнению с данными 2020 года. Хотя выбросы CO₂ значительны, WAI понимает, что НГМК прилагает усилия по сокращению выбросов углекислого газа.

На основании предоставленной информации в среднесрочной перспективе НГМК планирует провести оценку климатических рисков отдельно по каждому подразделению с учетом тенденций изменения климата в регионах своего присутствия, а также оценить выбросы парниковых газов Объем 2, и провести инвентаризацию поставщиков и их отчетов о выбросах парниковых газов для расчета выбросов Объем 3.

10.5.1 Поддержание чистоты, пожарная безопасность и охрана

Общий порядок содержания на посещенных территориях хороший, все производственные помещения содержатся в хорошем состоянии. Основная проблема – пыль, особенно на карьерах, хвостохранилищах и отвалах. Пылеподавление проводится регулярно. Однако из-за высокой испаряемости и описанных выше региональных особенностей это не решает проблему с концентрацией пыли.

В ходе посещения объекта начальник Центральной лаборатории мониторинга условий труда и охраны окружающей среды сообщил, что использовалась также сульфатно-спиртовая барда в качестве пылеподавляющего реагента, помимо водного орошения. Однако результаты показали отрицательную эффективность. Более того, в целом на описываемой территории ощущается нехватка воды, которую можно было бы использовать экологичным образом.

Пожарная безопасность на объектах Проекта обеспечивается силами пожарно-спасательных и аварийно-спасательных служб. Имеются пожарные машины и вся необходимая противопожарная техника. Все рабочие помещения объектов Проекта оснащены первичными средствами пожаротушения, такими как порошковые огнетушители.

Для постоянной охраны объектов имеются сотрудники службы безопасности; безопасность обеспечивается компанией-подрядчиком.

10.6 Разрешения

10.6.1 Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС)

Деятельность Проекта регулируется законами, постановлениями, руководящими принципами и Деятельность Проекта регулируется законами, постановлениями, руководящими принципами и стандартами Республики Узбекистан. Процедура ОВОС в Узбекистане осуществляется в соответствии с Законами, Постановлениями Президента Республики Узбекистан, Постановлениями Кабинета Министров Республики Узбекистан, руководящими документами, стандартами, строительными нормами и правилами, отраслевыми нормативными актами, приказами Государственного Комитета экологии Республики Узбекистан и регулируется:

- Законом об экологической экспертизе;
- Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 09.07.2020 № 541 «О дальнейшем совершенствовании механизма оценки воздействия на окружающую среду».

В соответствии с указанным выше Постановлением все объекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду, разделены на четыре категории по уровню воздействия:

- I категория – высокий риск;
- II категория – средний риск;
- III категория – низкий риск;
- IV категория – локальное воздействие.

Большинство горнодобывающих работ, включая геологоразведочные, относятся к I категории. Оценка воздействия на окружающую среду проводится поэтапно, где I этап – это разработка заявления о воздействии на окружающую среду, II этап – составление заключения о воздействии на окружающую среду (осуществляется в случаях, когда проект заключения о воздействии на окружающую среду не отражает в полной мере все возможные воздействия на окружающую среду и требует проведения дополнительных исследований для получения заключения государственной экологической экспертизы о воздействии намечаемой деятельности). Этап III – Заключение об экологическом воздействии – это заключительный этап Оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) от предполагаемых работ.

реконструируемых объектов разрабатываются проекты заключений о воздействии на окружающую среду; на строящиеся объекты разрабатываются проекты экологического воздействия; для эксплуатируемых объектов разрабатываются экологические нормативные проекты (ПДВ, ПДС, ПДВ).

НГМК предоставлены Проекты заключения о воздействии на окружающую среду для месторождений Балпантау и Чукуркудук, подготовленные в 2020 году; для ЦКВЗ (включая Гидрометаллургический завод №7) от 2018 года и проекта отработки месторождения Мурунтау V очередь от 2018 года, а также заключения государственной экологической экспертизы по

ОВОС и проекты экологических нормативов для соответствующих рассматриваемых объектов Проекта, как указано в 10.1.2.

Представленные на экспертизу документы одобрены Государственной экологической экспертизой и являются действительными, с указанием дополнительных требований, которые необходимо выполнить НГМК для соблюдения законодательства, в том числе по разработке проектов ликвидации и рекультивации рудников и более эффективному обращению с отходами.

10.6.2 Специальные экологические разрешения и лицензии

Центральное рудоуправление НГМК имеет специальное разрешение на водопользование для потребления воды из природных водных источников, выданное в июле 2023 года и действующее до июля 2028 года. Источниками воды, указанными в разрешении, являются река Амударья и гидрологическая скважина для добычи подземных вод. Воду используют ЦРУ, а также город Зарафшан, поселки Солнечный и Мурунтау. Воду Амударьи используют для технологических, ирригационных, противопожарных и хозяйственно-питьевых целей. Грунтовые воды из гидроскважин используются для технологических нужд, в том числе для переработки руды, подготовки буровых растворов в карьерах, орошения внутрикарьерных дорог, забоев, отвалов и погрузочных площадок, а также для хозяйственно-питьевых нужд промплощадки Бесопан.

Разрешение на специальное водопользование предусматривает следующие максимальные расчетные объемы использования воды Центральным рудоуправлением по источникам в год:

- Основной поверхностный источник воды (река Амударья) – 105 173,11 тыс. м³;
- Всего подземных вод с учетом скважин – 5 653,09 тыс. м³;
- Всего шахтных вод – 896,0 тыс. м³;
- Вода со дна карьера Мурунтау (грунтовые воды) – 535,0 тыс. м³;
- Общий объем оборотной воды (хвостохранилища, канализация) – 13 219,0 тыс. м³;

Общий объем использованной воды из поверхностных и подземных источников воды составляет 110 826,5 тыс. м³. Общий объем воды в системах оборотного водоснабжения составляет 113 123,0 тыс. м³, предполагаемый объем использования воды из поверхностных и подземных источников, включая повторное использование очищенных сточных вод, составляет 124 045,8 тыс. м³.

10.7 Управление окружающей средой

10.7.1 Процедуры управления и персонал

Предполагается, что экологические аспекты рассматриваемых активов в настоящее время находятся в ведении Центрального рудоуправления, расположенного в городе Зарафшан. Экологический отдел состоит из главного инженера-эколога и инженера-эколога, а также двух специалистов-эколога на ГМЗ-2. На рудниках нет отдельных специалистов-экологов.

Инженеры-экологи ЦРУ несут ответственность за:

- предупреждение, выявление и контроль нарушений требований законодательства в области охраны окружающей среды и нерационального использования природных ресурсов;
- мониторинг состояния окружающей среды, выявление ситуаций, которые могут привести к загрязнению окружающей среды и нерациональному использованию природных ресурсов;
- обеспечение эффективности природоохранной деятельности и определение соответствия экологическим требованиям планируемой или осуществляемой хозяйственной и иной деятельности;
- а также соблюдение прав и законных интересов горнодобывающих предприятий, выполнение ими обязанностей в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Мониторинг качества воздуха, подземных вод и почвы осуществляет Центральная лаборатория по контролю условий труда и охраны окружающей среды, открытая в 1990 году и аккредитованная в соответствии с требованиями законодательства Узбекистана. Лаборатория измеряет шум и вибрацию, проводит химические анализы по 15 элементам, проводит комплексные и целевые испытания, а также мониторинг грунтовых вод, сточных вод и других выбросов.

Проект получил бы больше преимуществ от привлечения большего количества специалистов в области охраны окружающей среды/экологов, которые смогут обеспечить постоянное повседневное управление, контроль и отчетность по экологическим проблемам на объектах.

10.7.2 Экологическая политика и подход компании

Политика Центрального горнодобывающего управления в отношении качества, окружающей среды, охраны здоровья и безопасности была представлена на рассмотрение. Политика представляет миссию ЦРУ, политические, экономические, социальные и экологические приоритеты, стратегические цели, особенно в области EHS, для соответствия международным стандартам ISO (например, ISO 14001:2015; ISO 45001:2018). Последнее обновление Политики было сделано в 2022 году.

В Центральном рудоуправлении НГМК внедрена Система экологического менеджмента. WAI провела проверку Интегрированной системы управления качеством, охраной окружающей среды, здоровья и безопасности от марта 2023 года. Целью этой интегрированной системы управления является снижение негативного воздействия деятельности ЦРУ на окружающую среду; сохранение биоразнообразия в местах расположения объектов и активов ЦРУ и проведение мероприятий по восстановлению, обеспечивающих сохранение регенеративных способностей окружающей среды под воздействием горнодобывающей деятельности.

Все подразделения Центрального рудоуправления обязаны соблюдать требования законодательства по охране атмосферного воздуха и почвы, а также сбросам, проводить

экологический мониторинг, соблюдать нормы образования отходов, нормативы сбросов и выбросов, а также в соответствии с установленными планами и графиками, представлять отчеты о выполненных работах и проводить инвентаризацию отходов, сбросов и выбросов.

WAI проведен анализ Плана мероприятий ЦРУ по охране окружающей среды (ПМООС) на 2023 год, который включает перечень мер по предотвращению воздействия на окружающую среду, включая такие аспекты, как водные ресурсы, воздух, землю и почвы, а также промышленные и бытовые отходы. В дополнение к ПМООС имеется график экологического мониторинга. В данном графике указаны подразделения ЦРУ и даты проведения планового экологического контроля.

10.7.3 Экологический мониторинг, соблюдение требований и отчетность

Экологический мониторинг, соблюдение требований и отчетность являются неотъемлемой частью международных стандартов передовой практики. Экологическое законодательство Узбекистана предусматривает проведение природопользователями производственного экологического мониторинга для получения показателей качества окружающей среды и обеспечения соблюдения экологических требований.

WAI рассмотрел предоставленный отчет по экологическому мониторингу за I квартал 2023 года. Программа включает ежемесячный мониторинг воздуха (включая содержание пыли, загрязняющих веществ, радиацию), ежеквартальный мониторинг сброса вод, мониторинг почвы два раза в год и ежемесячный мониторинг грунтовых вод. Отчет за I квартал 2023 года подтверждает, что объекты Проекта не превышают установленные лимиты выбросов.

Кроме того, WAI рассмотрел внутренний отчет по экологическому контролю за 2022 год, в котором описаны мероприятия, проведенные на 2022 год в области охраны окружающей среды, а именно реализованные меры по снижению выбросов в атмосферу, совершенствованию водоочистки, пылеподавлению. По мнению WAI, работы ведутся удовлетворительно, однако могут быть выявлены некоторые нарушения, связанные с охраной окружающей среды, такие как правильное распределение и утилизация отходов, своевременное устранение разливов и т.д., которые можно избежать путем найма на объект дополнительных специалистов-экологов (специалистов по ООС).

10.7.4 Проведение обучения, готовность к чрезвычайным ситуациям и реагирование

Центральное рудоуправление проводит формализованную политику готовности и реагирования на чрезвычайные ситуации. Департамент по чрезвычайным ситуациям разрабатывает и актуализирует План реагирования на чрезвычайные ситуации по локализации и ликвидации аварий, проводит обучение и проверку сотрудников, а также проводит оценку риска возникновения чрезвычайных ситуаций. План реагирования на локализацию и ликвидацию аварий разрабатывается сроком на 3 года и незамедлительно корректируется в случае необходимости в соответствии с требованиями законодательства или изменениями, вносимыми в производственные процессы.

Противоаварийная подготовка проводится по утвержденному графику для достижения целей наращивания потенциала и предотвращения аварий на объекте. WAI проанализированы журналы по обучению персонала во время посещения объекта и есть веские основания полагать, что обучение проводится на надлежащем уровне.

10.8 Управление социальными аспектами и местным населением

10.8.1 Диалог с заинтересованными сторонами и механизмы рассмотрения жалоб

WAI понимает, что деятельность НГМК хорошо воспринимается местным населением, проживающим рядом с объектами компании. Предприятия НГМК считаются крупными работодателями и налогоплательщиками.

Заинтересованные стороны определены и привлечены в объеме, предусмотренном законодательством Узбекистана.

В целом в НГМК реализован механизм рассмотрения жалоб. Отдел рассмотрения жалоб от населения НГМК отвечает за рассмотрение жалоб, запросов и обращений местного населения. Реализуются следующие способы работы с общественностью:

- Работа с населением на объектах;
- Встречи в офисе НГМК;
- Виртуальная приемная;
- День открытых дверей.

Ежемесячно проводятся встречи с генеральным директором и/или специалистами отдела корпоративной социальной ответственности для представителей местных сообществ с целью информирования о последних событиях в деятельности НГМК, а также для решения возникших проблем и вопросов.

Поступающие индивидуальные и коллективные обращения рассматриваются в течение 15 дней с публикацией ответов на сайте НГМК или предоставлением по телефону в порядке, предусмотренном законодательством Узбекистана.

В НГМК имеется Гендерный совет, отвечающий за повышение осведомленности о гендерном равенстве. Для женщин проводятся отдельные встречи. На основе информации, предоставленной в ходе выездного аудита, в начале 2023 года была составлена программа, ориентированная на женщин-сотрудниц компании.

Известных социальных проблем или проблем в отношениях с местным населением, которые могли бы оказать негативное влияние на НГМК, не имеется.

10.8.2 Социальные инициативы и развитие местного населения

НГМК и Центральное горнодобывающее управление поддерживают прилегающие населенные пункты, предоставляя рабочие места и профессиональное обучение, а также вносят вклад в

поддержание местной инфраструктуры и благосостояние своих сотрудников, включая вклад в развитие и содержание жилья, больниц, транспортных услуг, отдыха и других социальных потребностей в географических районах, в которых компания осуществляет свою деятельность.

Общая сумма социальных обязательств Компании за июль – ноябрь 2023 года составила 17 млн долларов США, все они выплачены в соответствии с данными, представленными на сайте НГМК.

10.9 Охрана труда и техника безопасности

По данным WAI, культура охраны труда и техники безопасности на посещенных объектах находится на хорошем уровне. Все объекты оборудованы соответствующими указателями, сотрудники носят соответствующие СИЗ. Все новые сотрудники и посетители объектов проходят инструктаж по охране труда. Каждую неделю проводятся курсы повышения квалификации для инженерно-технического персонала и рабочих рудников.

Вопросы охраны труда и техники безопасности контролируются отделом охраны труда и техники безопасности, а также Центральной лабораторией мониторинга условий труда и охраны окружающей среды. Отдел охраны труда и техники безопасности отвечает за обучение на испытательном сроке, обучение по вопросам охраны труда, ежегодные проверки знаний сотрудников, ежедневные вводные инструктажи, соблюдение требований к СИЗ, аккредитацию сотрудников, инструктаж по пожарной безопасности, оценку рисков, разработку и внедрение мер безопасности. А Центральная лаборатория мониторинга условий труда и охраны окружающей среды контролирует здоровые условия труда и измеряет шум, вибрацию, уровень радиации, выбросы в атмосферу на рабочих местах, а также другие параметры, требуемые законодательством Узбекистана.

Несчастные случаи фиксируются в соответствии с требованиями законодательства.

10.10 Закрытие и рекультивация

В Единых правилах разработки месторождений полезных ископаемых Узбекистана указаны общие требования к закрытию и консервации горнодобывающих объектов, включающие разработку недропользователем «специального проекта», который должен быть готов на момент завершения горнодобывающих работ или на момент признания добычных работ нецелесообразными или невозможными и до начала мероприятий по ликвидации или консервации, а также этот проект должен быть утвержден соответствующими органами.

Закон Республики Узбекистан «О недропользовании» № 2018-XII также предусматривает требование о проведении мероприятий по ликвидации или консервации в следующих случаях (статья 31):

- “истечение сроков на пользования недрами;
- досрочное прекращение прав пользования недрами;
- полная отработка балансовых запасов полезных ископаемых при отсутствии перспектив их прироста и невозможности вовлечения в эксплуатацию забалансовых запасов;

- экономическая нецелесообразность дальнейшей разработки месторождения или его участка;
- возникновение угрозы затопления или разрушения горных выработок, а также подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых, предотвращение которых технически невозможно или экономически нецелесообразно, и т.д.”

Закон Республики Узбекистан «Об охране окружающей среды» № 754-XII предусматривает рекультивацию земель, затронутых при освоении полезных ископаемых (статья 18).

Кроме того, в Заключении государственной экологической экспертизы по Мурунтау V этап ОВОС содержится требование разработать программу рекультивации нарушенных земель и утвердить ее в Управлении по экологии и охране окружающей среды Навоийской области, а также представить ее на государственную экологическую экспертизу в составе заключения о воздействии на окружающую среду.

В 2020 году, по запросу НГМК, SRK Consulting разработана смета стоимости обязательств по активам (ARO) для объектов НГМК. Кроме того, для ГМЗ-2, ГМЗ-7 и цеха кучного выщелачивания золота разработана отдельная таблица ARO, в которой указаны обновленные затраты на ликвидацию этих трех активов по состоянию на 2023 году.

Однако, в соответствии с передовой практикой закрытия горнодобывающих производств, планирование ранее планирование считается крайне важным, поскольку оно определяет стратегии и процедуры безопасного закрытия, а также обеспечивает смягчение воздействия на окружающую среду, решение социальных проблем и ответственное управление мониторингом после добычи. Кроме того, этот процесс способствует соблюдению нормативных требований и обеспечивает основу для эффективного взаимодействия с заинтересованными сторонами, способствуя прозрачности и подотчетности. Планы закрытия и восстановления нарушенных земель для рассматриваемых объектов еще не разрабатывались.

11 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА

11.1 Предисловие

Экономическая оценка выполнялась WAI на основе предоставленных Заказчиком ограниченных данных по капитальным затратам (на поддержание производства и на развитие). Таким образом, все представленные выводы основаны на финансовых результатах, полученных на основе имевшихся у WAI данных на момент подготовки отчета.

11.2 Методика

Был выполнен экономический анализ методом дисконтированного денежного потока (DCF) для определения чистой приведенной стоимости (NPV) инвестированного капитала и годовых денежных потоков. Большая часть затрат была предоставлена Заказчиком в узбекских сомах, результаты настоящего финансового анализа представлены в долларах США (\$США) по обменному курсу 12 000 сум/\$ США.

Результаты настоящего экономического анализа получены на основе информации прогнозного характера. Достоверность полученных результатов зависит от исходных данных, которые подвержены неучтенным рискам, неопределенностям и другим факторам, которые могут привести к существенному расхождению фактических результатов от представленных в настоящем разделе. Информация прогнозного характера включает оценку извлекаемых запасов, цены на продукцию, предлагаемый календарный график добычи, показатели извлечения, а также предлагаемые оценки капитальных и эксплуатационных затрат. Расчет общих затрат производился на основе общего объема добычи, однако в расчете суммы доходов участвовали только ресурсы категории «выявленные» ввиду недостаточной геологической надежности ресурсов категории «предполагаемые».

Финансовая модель была разработана с учетом налогов и охватывает 33 года эксплуатации для карьера Мурунтау, 27 лет для карьера Мютенбай, 15 лет для Бесапантау и 16 лет для Балпантау. На настоящий момент в расчетах не учитывались затраты на будущую ликвидацию рудника и пост-ликвидационные мероприятия по рекультивации.

В соответствии с отраслевыми стандартами для анализа методом дисконтированного денежного потока была принята ставка дисконтирования 10%.

11.3 Краткие сведения о плане добычи

Общий объем добычи за весь срок существования рудника на четырех рассматриваемых карьерах составляет 1 614 млн. т извлекаемых запасов категории «вероятные» со средним содержанием золота 1,08 г/т Au в первичных рудах и 0,91 г/т Au в окисленных. Из расчета среднего извлечения при переработке первичных руды 89,02% и окисленных 62,6%, и с учетом обновленного календарного плана добычи WAI, общий расчетный объем добычи золота составляет 48,8 млн унций, из которых около 83% приходится на карьер Мурунтау.

11.4 Цена на металл

Авторами настоящей экономической оценки была принята фиксированная (реальная) цена на золото в размере 1785 долларов США за унцию. Эта долгосрочная цена в реальном выражении представляет собой среднее значение прогноза из имеющихся на рынке источников (Таб. 11.1) Цена золота выросла на 13% с начала календарного года на момент написания настоящей главы. В сочетании с недавним повышением цен долгосрочные прогнозы цен на золото, например, опубликованные Edison Investment Research (Таб. 11.1), также указывают на тенденцию к росту. Таким образом, WAI рассматривают цены, принятые в настоящем экономическом анализе, как консервативные.

Таб. 11.1: Долгосрочные прогнозы цен на золото (Источник: Edison Investment Research)			
Год	Единица	Реальный прогноз на 2023 год в \$ США	Номинальный прогноз на 2023 год в \$ США
2024e	\$США/унция	1822	1896
2025e	\$США/унция	1851	2004
2026e	\$США/унция	1869	2105
2027e	\$США/унция	1912	2239
2028e	\$США/унция	1722	2098
2029e	\$США/унция	1596	2023
2030e	\$США/унция	1725	2274

11.5 Экономическая оценка

Экономический анализ проекта обработки месторождений Мурунтауского кластера был выполнен методом дисконтированных денежных потоков (DCF), который предусматривает применение к будущим предполагаемым денежным потокам на протяжении всего срока эксплуатации рудника ставки дисконтирования. Для настоящего анализа была принята ставка дисконтирования 10%. Чистая приведенная стоимость проекта после уплаты налогов, полученная по результатам проведенной экономической оценки составила 7 842 млн. \$ США. Ввиду отсутствия значительных капиталовложений, не было получено значительной внутренней нормы доходности (IRR). Краткие показатели экономической обоснованности модели с разбивкой по каждому месторождению представлено в Таб. 11.2 ниже. Необходимо отметить, что чистая приведенная стоимость 7 842 млн. \$США в таблице ниже включает централизованные затраты, которые не включены в эквивалентные расчеты по отдельным карьерам.

Таб. 11.2: Сводные результаты экономического анализа		
	Ставка дисконтирования	Значение (млн. \$США)
Мурунтауский кластер	10%	7 842
Мурунтау	10%	6 670
Мютенбай	10%	524
Бесапантау	10%	464
Балпантау	10%	382

12 ЗАЯВЛЕНИЕ ОБ ИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСАХ

Оценка и классификация извлекаемых запасов (рудных запасов) золотых месторождений Мурунтауского кластера была выполнена и оформлена в соответствии с Австралийским кодексом отчетности о результатах геологоразведочных работ, минеральных ресурсах и рудных запасах (Кодекс JORC 2012 г.).

Результаты оценки рудных запасов по состоянию на 1 января 2024 года приведены в таблице Таб. 12.1 ниже.

Таб. 12.1: Результаты оценки рудных запасов Мурунтауского кластера по состоянию на 01 января 2024г. (WAI)					
Месторождение	Категория	Извлекаемые запасы (млн.т)	Содержание (г/т Au)	Количество золота в руде	
				(млн.унц)	(т)
Мурунтау	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	1 210	1.09	42.3	1 316
	Итого	1 210	1.09	42.3	1 319
Мютенбай	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	92.8	0.99	3.0	92.1
	Итого	92.8	0.99	3.0	92.1
Бесапантау	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	62.1	0.98	2.0	61.0
	Итого	62.1	0.98	2.0	61.0
Балпантау	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	37.5	1.05	1.3	39.3
	Итого	37.5	1.05	1.3	39.3
Рудные склады	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	33.5	0.54	0.6	18.1
	Итого	33.5	0.54	0.6	18.1
Всего	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	1 436	1.06	49.2	1 527
	Итого	1 436	1.06	49.2	1 527

Примечания:

1. Рудные запасы классифицированы в соответствии с требованиями Кодекса JORC (2012г.);
2. Подсчет рудных запасов выполнен по состоянию на 1 января 2024;
3. Результаты подсчета рудных запасов приводятся по бортовому содержанию золота при добыче 0.5г/т для месторождений Бесапантау, Балпантау, Мютенбай и Мурунтау.
4. Рудные запасы ограничены контуром оптимизированного карьера при цене на золото 1650 \$ за унцию на основе соответствующих экономических, горных и металлургических параметров;
5. Себестоимость добычи и переработки, административные затраты приняты на основе фактических значений;
6. Рудные запасы приводятся при доле владения 100%;
7. Все значения округлены в соответствии с относительной точностью подсчета, округление может привносить погрешность при суммировании значений
8. В русской версии настоящего документа используются следующие варианты перевода терминологии кодекса JORC

Ore Reserves		Mineral Resources		
<i>рудные запасы</i>		<i>минеральные ресурсы</i>		
Proven	Probable	Measured	Indicated	Inferred
<i>доказанные</i>	<i>вероятные</i>	<i>измеренные</i>	<i>выявленные</i>	<i>предполагаемые</i>

Насколько известно авторам, на приведенные результаты не оказывают существенного влияния какие-либо известные экологические, разрешительные, юридические, правовые, налоговые, социально-экономические, маркетинговые, политические или другие соответствующие факторы. На данный момент нет известных горнодобывающих, металлургических, инфраструктурных или других факторов, которые могли бы оказать существенное влияние на результаты настоящей оценки рудных запасов.

13 ЗАКЛЮЧЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

13.1 Общие сведения

Мурунтауский Кластер включает три карьера с совокупными подсчитанными рудными запасами свыше 1,5 млрд тонн руды, содержащей около 49 млн. унций золота, и с расчетной чистой приведенной стоимостью (NPV_{10}) более 7 млрд. \$ США.

Рудник Мурунтау-Мютенбай представляет собой крупный современный рудник, ведущий добычу бедных руд с их переработкой по схеме "уголь в растворе" CIL и кучного выщелачивания.

На основе результатов аудита имеющихся данных и посещения объекта, специалистами WAI сделано заключение, что на исследуемом предприятии существуют соответствующие системы по оптимизации контуров карьера, проектирования и календарного планирования горных работ и определения модифицирующих факторов, что позволяет выполнить оценку рудных запасов для Мурунтауского кластера.

13.2 Геология и минеральные ресурсы

13.2.1 *Заключения*

Специалистами WAI был проведен аудит подсчета минеральных ресурсов золоторудных месторождений Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау и Балпантау, расположенных в Мурунтауском кластере, разрабатываемом НГМК. Месторождение Чукуркудук было исключено из данного исследования до получения результатов текущих работ по заверочному бурению.

Мурунтауский Кластер расположен в Узбекистане на территории Кызылкумского золоторудного района, в западной части орогенного пояса Южного Тянь-Шаня. Золотая минерализация имеет гидротермальную природу и контролируется сложными жильными массивами и штокверками, обычно развитыми согласно напластованию в складчатых и тектонически нарушенных нижней и средней подсветах метаосадочной бесапанской свиты.

Оценка минеральных ресурсов была выполнена НГМК на основе баз данных буровых скважин и геологических моделей, разработанных геологической группой НГМК и ее субподрядчиками. Аудит подсчета минеральных ресурсов выполнялся WAI при активном вовлечении обратной связи от Заказчика, благодаря чему у Заказчика была возможность проработать выявленные замечания и предоставить доработанные и откорректированные модели ресурсов до выпуска окончательного отчета о результатах аудита. Оптимизированные оболочки карьеров для ограничения минеральных ресурсов с целью «обоснования наличия объективных перспектив последующего рентабельного извлечения» подсчитываемых минеральных ресурсов были созданы WAI на основе параметров, предоставленных Заказчиком.

При проведении аудита специалистами WAI был выявлен ряд замечаний по части качества данных, связанных с аналитической точностью и прецизионностью (воспроизводимостью),

недостаточным охватом и объемом контроля качества опробования и лабораторно-аналитических работ, определением сухого объемного веса и выходом керна/шлама в период работ предшественников. Эти проблемы были частично смягчены за счет усовершенствования применяемых методик и получаемых результатов контроля в последние годы, а также заверочных работ и исключения из базы данных скважин, непригодных для моделирования и оценки ресурсов.

Оценка минеральных ресурсов была выполнена преимущественно на основе данных колонкового алмазного бурения, в меньшей степени – шламового бурения RC, а также данных опробования подземных выработок и канав. Содержания были проинтерполированы в блочную модель отдельно в каждый рудный домен. Интерполяция содержаний проводилась методом ординарного кригинга, контрольная проверка проинтерполированных содержаний производилась методом сравнения общих средних содержаний, локально и визуально. На основе принятых допущений о себестоимости добычи и переработки, а также долгосрочных цен на металл были выделены те части блочных моделей, которые имеют перспективы будущего рентабельного извлечения. Результаты подсчета минеральных ресурсов указаны в оптимизированных оболочках карьеров при бортовом содержании золота 0,3 г/т.

Сверка геологической модели с данным эксплоразведки и добычи является ключевым инструментом для оценки общей существенности любых остаточных ошибок в исходных данных и интерполяции содержаний, связанных с принятым методом интерполяции и плотностью сети данных. Выполненная сверка ресурсной и эксплоразведочной моделей в рамках годового объема добычи на месторождениях Мурунтау и Мютенбай показала, что отклонения по тоннажу, содержанию и количеству металла, как правило, значительно ниже общепринятого в отрасли максимально допустимого передела $\pm 15\%$ для «выявленных» ресурсов.

Месторождения Бесапантау и Балпантау характеризуются более разрозненными рудными зонами и большей пространственной сложностью. С учетом первоначального эксплоразведочного бурения и результатов сверки, а также более плотной сети бурения и более высокой доли новых скважин, степень разведанности этих месторождений представляется достаточной для отнесения ресурсов к категории «выявленные». Однако, присвоенные категории должны пересматриваться по мере развития горных работ и поступления новых эксплоразведочных данных.

Суммарные проаудированные минеральные ресурсы Мурунтауского кластера составляют 3 995 млн. тонн при содержании 0,89 г/т и количестве металла 113,6 млн. унций. Все месторождения открыты для расширения по простиранию и/или на глубину.

По итогам выполненного аудита WAI предлагает следующие рекомендации:

13.2.2 Геологоразведка и бурение

- Продолжить капиталовложения в геологоразведку и развитие ресурсной базы для реализации имеющегося существенного потенциала для дальнейшего прироста минеральных ресурсов и извлекаемых запасов;
- Увязать проект и календарный график буровых работ с долгосрочным планом отработки, включая все имеющиеся источники руды;
- Рассмотреть возможность использования технологии бурения многоствольных скважин для снижения затрат на бурение и повышения эффективности бурения на глубину;
- Использовать шарошечное бурение или другие виды бескернового шламового бурения только для целей поисковых работ первого прохода;
- Опережающее эксплоразведочное бурение на Мурунтау «в шахматном порядке» между существующими профилями колонкового бурения для снижения дублирования данных и повышения плотности итоговой совмещенной буровой сети.

13.2.3 Документирование керна, отбор и анализ проб

- Выполнить документирование выхода шлама и/или собрать данные веса проб для мониторинга выхода шлама при бурении RC;
- Повысить согласованность документирования за счет внедрения упрощенной/оптимизированной библиотеки кодов документирования (где это уместно) и проверки журналов документирования по каждой скважине на соответствие существующим скважинам и геологическим моделям;
- Выполнить выборочное повторное документирование на участках, где в существующих журналах присутствуют противоречия в отношении оконтуривания окисленных пород, литологических разностей или тектонических структур;
- Внедрить электронную систему полевого сбора данных для более надежного и эффективного сбора данных, встроенные протоколы контрольной проверки и оперативное обновление базы данных и моделей;
- Экспериментальные системы (например, данные внутрискважинной съемки телевьюером в сравнении с данными ориентирования керна) для сбора пространственно ориентированных структурных данных по выборочным скважинам в качестве вспомогательной исходной информации при моделировании оруденения и планировании геологоразведочного бурения;
- Осуществлять сбор результатов регулярных измерений сухого объемного веса для формирования базы данных объемного веса, которая учитывает пространственную и геологическую изменчивость всех месторождений;
- Повысить точность пробирного анализа до 2 десятичных знаков за счет усовершенствования существующей методики гравиметрических измерений или внедрения технологии пробирного анализа со спектрометрическим завершением (масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой ICP-MS);
- Снизить порог гамма-активационного анализа, принятого для выбора проб м. Мурунтау-Мютенбай, отправляемых на пробирный анализ, для сокращения риска некорректного отнесения материала к руде и пустой породе при бортовых содержаниях, принятых для оконтуривания рудных доменов и представления результатов подсчета ресурсов.

- Рассмотреть возможность анализа всех проб м-ний Бесапантау и Балпантау пробирным методом;
- Внедрить сертифицированный эталонный материал, близкий к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов и представления результатов подсчета ресурсов. Самое низкое содержание используемых в настоящее время эталонных проб составляет 0,97 г/т Au;
 - Предусмотреть в процедуре контроля качества (QAQC) применение полевого дубликата, неизмельченного дубликата и неизмельченной холостой пробы;
 - Осуществлять внешний контроль путем отправки дубликатов истертых аналитических проб во внешнюю сертифицированную лабораторию;
 - Оптимизировать долю контрольных проб, включаемых в партии рядовых проб, таким образом, чтобы доля эталонных проб составляла 5%, дубликатов - 5% и холостых проб - 5%;
 - На регулярной основе осуществлять мониторинг поступающих данных контроля и при получении превышений допустимой погрешности оперативно исследовать причины возникшей погрешности. Партии рядовых проб, где погрешность до данным контроля возникла не по причине пересортицы или ошибочной маркировки проб, должны отправляться на повторный анализ до получения положительных результатов контроля;
 - Внедрить «систему управления лабораторной информацией» маркировки и отслеживания проб в электронном формате;
 - Проанализировать и оптимизировать движение проб между лабораторными станциями для сведения к минимуму перемещения проб;
 - Провести дополнительный независимый аудит лаборатории с привлечением соответствующего подрядчика.

13.2.4 Заверочные работы

- Завершить текущую программу заверочных работ на м-нии Чукуркудук для прирезки дополнительных минеральных ресурсов и запасов в пределах объединенного карьера Мурунтау-Мютенбай-Чукуркудук;
- Провести дополнительное заверочное бурение на всех участках Мурунтауского кластера, охваченных буровыми работами только исторического периода, чтобы проверить надежность данных по этим участкам. Работы на заверяемых участках должны быть запланированы в порядке приоритетности в соответствии с принятым стратегическим планом развития горных работ;
- Осуществить бурение заверочных сдвоенных скважин для всех периодов бурения, на которые приходится основная часть базы данных скважин для каждого месторождения;
- Включить результаты контроля качества лабораторно-аналитических работ бурения заверочных скважин в отчет НГМК о минеральных ресурсах.

13.2.5 Оценка минеральных ресурсов

- Создать и активно обновлять модели окисленной зоны для всех месторождений, насколько это позволяет объем геологического документирования;
- Создать и активно обновлять подробные литолого-структурные модели для всех месторождений, насколько это позволяет объем геологического документирования;
- Уточнить значения объемного веса, присвоенные в блочной модели на основе геологических моделей и расширенной базы данных объемного веса;
- Регулярно проверять и оптимизировать рудные домены на основе результатов сравнения с эксплоразведочными данными;
- Регулярно анализировать и оптимизировать параметры урезки ураганных содержаний по рудным доменам на основе результатов сравнения с данными эксплоразведочного моделирования и данными добычи, при их наличии;
- В пределах рудных зон выделить «структурные зоны», т.е. блоки, имеющие общую пространственную ориентацию и геологические характеристики, разделенные по границам разломов, и создать уникальные модели вариограмм отдельно для каждой выделенной «структурной зоны»;
- Рассмотреть возможность уточнения параметров кригинга путем согласования анизотропии поиска с геометрической анизотропией, определенной при вариографическом моделировании, с помощью «Кригингового анализа соседства» (KNA) для оптимизации минимального и максимального количества проб и определения уникальных параметров поиска для каждого рудного домена;
- Включить коды доменов во все экспортируемые модели для облегчения проведения независимых проверок;
- Использовать декластеризованное среднее значение содержания при контрольной проверке модели путем статистического сравнения средних значений;
- Разработать и внедрить более полную систему сверки данных, охватывающую весь производственный цикл, где основное внимание должно уделяться сопоставлению моделей с показателями обогатительного производства. Помимо сверки в пределах годовых объемов добычи, также должна производиться сверка по квартальным и месячным объемам;
- Классификацию Балпантау и Бесапантау следует пересматривать по мере развития горных работ и поступления данных для сверки. Категория ресурсов на участках, на которых при сверке будет получено совпадение ниже установленного порога, должна быть понижена до дальнейшего уплотнения сети бурения;
- Исследовать влияние и целесообразность осуществления классификации независимо от прогона интерполяции, чтобы избежать эффекта «пятнистой собаки», проявляющегося в некоторых частях месторождений;
- Выполнить анализ плотности буровой сети методом симуляции для дальнейшей перепроверки и оптимизации существующих принципов классификации и критериев плотности разведочной сети;

- Осуществлять регулярную съемку отработанных пространств, рудных складов и породных отвалов, и вводить полученные данные в блочные модели Мурунтауского кластера при каждом обновлении моделей.

13.3 Метод отработки и календарное планирование горных работ

В состав Мурунтауского Кластера входит три карьера, для которых была выполнена оценка извлекаемых запасов на основе различных "модифицирующих факторов", таких как цена на золото, технологическое извлечение металла при переработке руд, геотехнические параметры, затраты, разубоживание и потери при добыче, а также прирост и убытие запасов за счет геологоразведочных работ и погашения запасов.

Подсчет извлекаемых запасов осуществляется методом «оптимизации карьера» на основе определенных исходных параметров. Этот метод предусматривает построение серии вложенных друг в друга оболочек, которые позволяют оценить пригодность существующих проектных карьеров в качестве основы для проектирования и календарного планирования горных работ.

Оптимизация карьера — это общепризнанный метод, предусматривающий создание различных оболочек карьера на основе предоставленной модели геологических блоков ресурсов и заданных пользователем экономических и эксплуатационных параметров. Компания WAI провела работы по оптимизации с использованием признанного в отрасли программного обеспечения Datamine NPV Scheduler, которое предлагает различные возможности для календарного планирования горных работ и построения оптимальных контуров карьера.

По результатам оптимизации, выполненной на основе принятых параметров, теоретическое (расчетное) бортовое содержание руды, отправляемой на обогатительную фабрику, составило 0,2-0,35 г/т Au. Однако, в настоящее время принятое на руднике бортовое содержание золота при добыче составляет **0,50 г/т**, поэтому для подсчета извлекаемых запасов использовалось это значение.

Календарное планирование добычи для Мурунтауского кластера выполнялось с помощью специализированного программного обеспечения «Datamine Studio NPVS» на основе промежуточных контуров, построенных специалистами WAI внутри предельных контуров, разработанных и предоставленных заказчиком.

В расчет календарного графика добычи, принятого для подсчета извлекаемых запасов, в качестве сырья для перерабатывающих комплексов были вовлечены минеральные ресурсы всех трех категорий, включая «измеренные», «выявленные» и «предполагаемые». Однако, в экономической оценке учитывался доход из расчета только «измеренных» и «выявленных» минеральных ресурсов, которые были переведены в извлекаемые запасы категорий «вероятные» и «доказанные», при этом для ресурсов категории «предполагаемые» была принята себестоимость добычи как для пустой породы.

Карьеры Мурунтауского кластера обрабатываются по традиционной погрузочно-откаточной схеме с использованием экскаваторов с прямой и обратной лопатой для погрузки горной массы в самосвалы грузоподъемностью 130, 180 и 220 тонн различных производителей. Рыхление горной массы осуществляется с помощью буровзрывных работ. На Мурунтау для транспортировки горной массы помимо самосвалов также используется наклонный конвейер.

Руда транспортируется на склады рядовой руды, прилегающие к карьерам, и либо складировается для усреднения, либо транспортируется по железной дороге к дробилкам перерабатывающих комплексов ГМЗ-2, ГМЗ-7 или ЦКВЗ. Пустая порода транспортируется на породные отвалы, которые имеют обширную площадь и расположены по периметру карьеров.

Высота рабочих уступов на карьере Мурунтау-Мютенбай составляет от 15 м, на Балпантау и Беспантау - до 5–15 м, высота нерабочих уступов в заоткоске составляет 30 м.

Суммарный объем перемещения горной массы на руднике Мурунтау-Мютенбай в настоящее время составляет 105 млн м³ в год. Годовой объем добычи на месторождении Беспантау составляет 5 млн. т руды и 39 млн. т породы, на Балпантау - около 3 млн. тонн руды при максимальном суммарном объеме добываемой горной массы 20 млн. т.

13.4 Геотехнический анализ

На рисунках и таблицах ниже показан независимый анализ, проведенный WAI, который заключается в сопоставлении генерального угла откоса борта, принятого в предоставленных Заказчиком актуальных каркасах каждого из карьеров, с результатами расчетов из отчета SRK Consulting 2021-2022 гг. по карьере Мурунтау-Мютенбай и отчета Института ВНИМИ по Беспантау 2020 г.

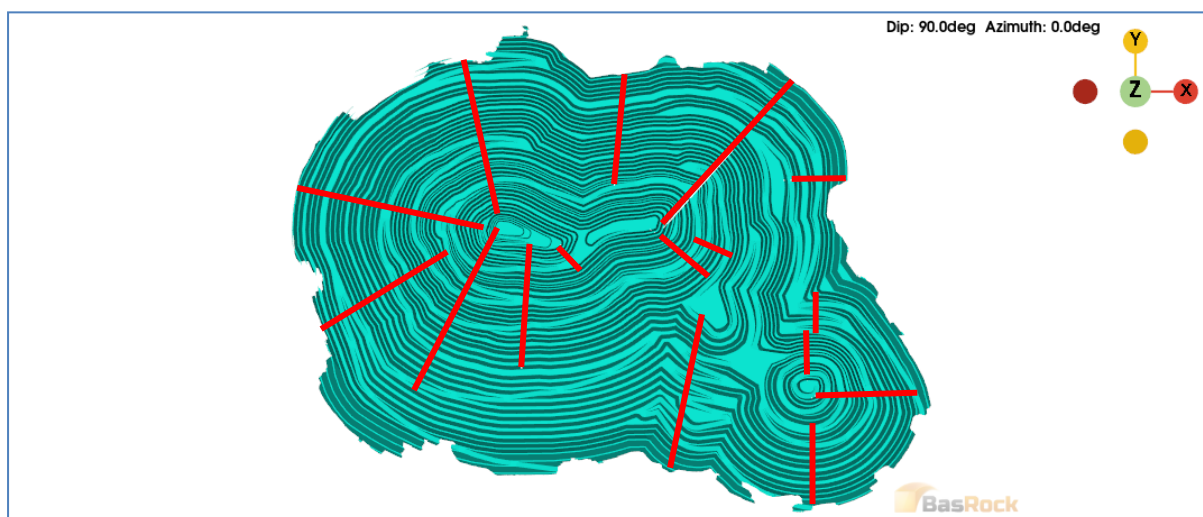


Рис. 13.1 Каркасная модель Мурунтау/Мютенбай с местами измерения доменов

Таб. 13.1 Углы откоса группы уступов между съездами, взятые из GEM4D

Домен	Азимут откоса (°)	Угол откоса группы уступов между съездами ВНИМИ (°)	Угол откоса группы уступов между съездами GEM4D (°)
D_NW	168 (150-190)	40.5	34.9
	103 (90-150)	36.9	33.9
D_N	184 (180)	40.5	37.7
D_NE	222 (220)	40.5	29.6
	300 (300)	38.9	36.8
D_E	180 (180)	42.3	26.0
	269 (270)	40.5	29.0
	294 (300)	42.3	28.3
D_S	0 (0-10)	36.9	29.0
	12 (10)	36.9	21.2
	179 (180)	45.7	39.5
	269 (270)	42.3	29.5
D_W	60 (60)	38.9	32.2
D_C	5.5 (10)	38.9	33.2
	28 (30)	36.9	32.6
	324 (330)	45.7	42.6

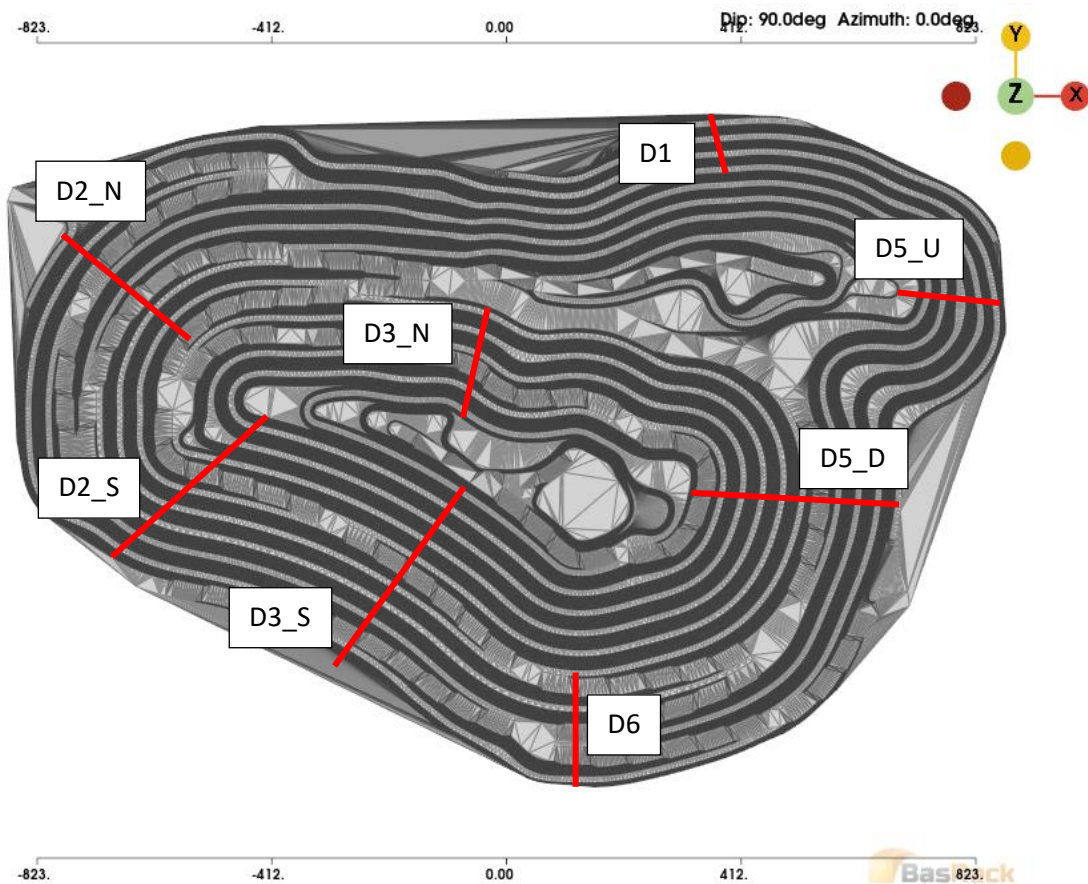


Рис. 13.2 Каркасная модель Бесапантау с точками измерения доменов

Таб. 13.2 Сравнение углов откоса между съездами по ВНИМИ и GEM4D			
ДОМЕН	СУБ-ДОМЕН	Угол откоса между съездами (КЗУ = 1,5)°	Угол откоса между съездами (GEM4D°)
D1	D1	44	43.97
D2	D2_N	37 – 51	32.09
	D2_S	37	34.31
D3	D3_N	37 – 51	34.3
	D3_S	37 – 51	36.45
D5	D5_U	37 – 51	36.56
	D5_U	33 – 51	43.55
D6	D6	33 - 51	28.14

По заключению WAI, учитывая уровень детальности исследований SRK Consulting по месторождениям Мурунтау и Мютенбай, значения, представленные в отчетах SRK, являются достаточно надежными. Анализ имеющейся каркасной модели месторождения Бесапантау показывает, что углы откосов в доменах, указанных в отчете института ВНИМИ, меньше значений, указанных ВНИМИ с учетом фактора неопределенности и запаса устойчивости откосов. Значение 41°, принятое для карьера Балпантау, при сравнении с актуальной каркасной моделью для целей оценки извлекаемых запасов может считаться целесообразным до более точного определения геомеханических свойств этого карьера, при условии принятия во внимание, что отсутствие фоновых данных, характерных именно для этого месторождения, приводят к повышенному профилю риска.

13.5 Гидрогеология

13.5.1 Гидрогеологическая характеристика и концептуализация

По современным стандартам, общепринятым в горнодобывающей промышленности, имеющиеся данные характеризуются низким качеством. Можно отметить следующие основные замечания:

1. Низкий уровень охарактеризованности гидрогеологических условий. На Мурунтау установлена только одна специальная наблюдательная скважина для подземных вод. Последние пробуренные гидрогеологические скважины находятся на Бесапантау, они были пробурены до начала добычи, примерно 30 лет назад, и, возможно, не сохранились. В рамках гидрогеологической программы на Мурунтау в 2016-2018 гг. была установлена только одна наблюдательная скважина, хотя это и было предусмотренной целью работ.
2. Хотя до настоящего времени рудником осуществлялось эффективное управление зарегистрированными водопритоками в шахте «М», а общая гидрогеология региона, по-

видимому, имеет низкую или умеренную водопроницаемость и питание, отсутствие эффективного мониторинга не позволяет осуществлять надежное прогнозирование. Например, ввиду отсутствия пьезометров влияние водопонижения вокруг шахты «М» неизвестно. Согласно отчету Болтабаевой за 2018 год водопонижение составляет 100 м, а согласно отчету по Бесапантау — 300 м. Таким образом, можно сделать вывод, что оба значения являются умозрительными, и реальные обособленные водовмещающие структуры, гидростатические напоры, давления и водопритоки в подземные выработки на данный момент неизвестны и неопределены.

3. Последняя работа, представленная в отчете Болтабаевой 2018 г., была выполнена путем расчетов на основе вторичных данных. Обычно для рудника такого масштаба с умеренным потенциалом подземных вод ожидается минимальный объем пакерных испытаний скважин, пьезометрии, мониторинга уровня вод, внутрискважинного геофизического каротажа, установки струнных вибрационных пьезометров (VWP), а также, где позволяют условия, долгосрочных опытных откачек на водопонижение и восстановление уровня с использованием сетей наблюдения.
4. Учет факторов риска, связанных с химическим составом вод, наличием в ее составе радионуклидов и другими гидрогеохимическими элементами, является недостаточным.

13.5.2 Текущие меры по контролю подземных вод

Система водоотлива в настоящее время эффективно функционирует, но ее эффективность в будущем при расширении рудника и понижения горных работ требует дополнительного подтверждения. В имеющихся материалах представлена неоднозначная информация, поскольку утверждается, что водопритоки стабильны, но при этом также говорится об их увеличении на 36% за два года с 2016 по 2018 год. Подробные актуальные данные о водопритоках отсутствуют.

Форма зоны влияния водопонижения, вызванного водоотливом из Шахты «М», неизвестна. Рекомендуется провести более тщательный анализ Шахты «М» для определения зоны ее влияния. В отчете Болтабаевой 2018г. отмечается, что «наибольшей степенью водопроницаемости обладают молодые тектонические зоны, имеющие, в основном, субширотное простирание с падением на север. Такие зоны расположены преимущественно поперек направления движения потока подземных вод и не могут служить путями транзита из области питания (водораздел гор Тамдытау) в область разгрузки (артезианский бассейн) скорее всего, по ним может происходить переток в более глубокие зоны дробления палеозойского водоносного комплекса. Таким образом, при отработке месторождения Мурунтау на более глубокие горизонты возможны значительные водопритоки из зон разломов и межразломных блоков пород (до 10л/с)»⁷.

Это утверждение вызывает беспокойство, поскольку не указан источник данных для обоснования этой модели, хотя четко указано, что возможны значительные водопритоки из зон разломов.

13.5.3 Будущие водопритоки

Предложенная модель и принятые меры по контролю подземных вод (прогнозирование зон повышенного водопритока, использование опережающих разгрузочных скважин и отдельная западная система для учета обособленных водовмещающих зон) представляются целесообразными, но недостаточно обоснованы задокументированными данными, расчетами и моделированием, чтобы считаться надежными. Необходима тщательно продуманная программа гидрогеологических исследований, анализа и моделирования, которая бы позволила спроектировать систему с достаточной пропускной способностью для будущих водопритоков, которые будут возникать по мере развития горных работ.

Без дальнейших испытаний и расчетов получение ответов на последние три пункта в разделе 6.1.1. в настоящее время не представляется возможным.

Также необходимо отметить представленное в отчете Болтабаевой (2018) заключение о возможном ухудшении качественных характеристик подземных вод по мере углубления и расширения рудника. Это означает, что потенциальная инфраструктура управления водными ресурсами должна быть пересмотрена, поскольку изменение качества воды может привести к невозможности применения существующих вариантов ее повторного использования в будущем.

13.6 Переработка минерального сырья и металлургические испытания

13.6.1 ГМЗ-2

Перерабатывающий комплекс ГМЗ-2 является крупнейшим в мире по производительности (50 млн тонн в год) и первым в коммерческом масштабе применил технологию RIP (смола в пульпе). В целом, извлечения относительно постоянны 89–90% при исходном содержании примерно 1,1-1,2 г/т Au, также эти извлечения обоснованы для относительно низкого исходного содержания и допускают характеристики природной сорбционной активности из-за присутствия углистого материала. Использование RIP по сравнению с CIL является преимуществом в этом отношении. Модульная технологическая схема относительно проста и традиционна и включает в себя цикл гравитации, на долю которого приходится значительная часть общего производства золота.

Эксплуатационные затраты на переработку в размере 7,94 долл. США/т руды в первом полугодии 2023 года кажутся разумными для производительности в 50 млн тонн в год на основе сравнительных данных.

Постепенное расширение предприятия на протяжении многих лет, начиная с 1969 года, в основном основывалось на повторении оригинального модульного оборудования, и это понятно с точки зрения упрощения эксплуатации, стандартизации запасных частей и т. д. Однако с точки зрения энергоэффективности он не является оптимальным, что приводит к относительно высоким затратам на электроэнергию и, как следствие, к высокой стоимости мелющих стальных

сред. Тем не менее, общая стоимость переработки является разумной для такой производительности

Касательно извлечения посредством гравитации, возможно, стоит рассмотреть возможность использования центробежных гравитационных концентраторов, таких как концентратор Knelson и концентратор Falcon, в зависимости от количества и количества гравитационно-извлекаемого золота (GRG), присутствующего в различных типах руды. Использование отсадочных машин максимально обосновано, но не всегда возможно хорошо извлечь золото более мелкой фракции. Максимальное извлечение гравитацией и получение более тонкого класса крупности в мельничных блоках может потенциально снизить расход реагентов и, следовательно, эксплуатационные затраты на дальнейшие циклы.

Производственные данные показывают, что извлечение незначительно улучшилось при несколько более низком исходном содержании, что может указывать на непрерывные условия оптимизации.

13.6.2 Цех кучного выщелачивания золота

Общее извлечение золота в первом полугодии 2023 года, составившее около 53% при содержании Au 0,56 г/т, считается разумным, исходя из тонкого дробления до -3,35 мм неокисленной породы. Это хорошо согласуется с аналогичными сравниваемыми производствами. Поскольку неокисленная порода, как правило, непористая, извлекаемое золото ограничено золотом, доступным на границах зерен измельченной породы, и, следовательно, требуется как можно более тонкое дробление для максимального извлечения золота (в зависимости от экономики). Это также обычно приводит к быстрому выщелачиванию имеющего золота на поверхности.

Несмотря на то, что процесс явно работает хорошо, цикл выщелачивания (4 цикла) кажется относительно сложным, а фактическое время выщелачивания, составляющее около 270 дней, также относительно велико, но это вполне разумно для достижения максимального извлечения золота. Однако, исходя из предположения, что неокисленная порода непористая и что имеющееся золото на границах зерен быстро выщелачивается, возможно, стоит изучить вопрос о сокращении времени цикла выщелачивания и/или количество циклов выщелачивания, потенциально снизив при этом эксплуатационные расходы и увеличив производство. Оставшееся золота после сокращенного времени на цикл выщелачивания может быть извлечено по мере продолжения выщелачивания на нижних ярусах (при условии, что имеется гидроизоляционный слой между ярусами). Другими словами, основное внимание будет уделяться как можно более быстрому извлечению легко выщелачиваемого золота для увеличения производительности за счет сокращения продолжительности цикла, а не изначально сосредотачиваться на максимальном извлечении золота – этого можно достичь с течением времени за счет непрерывной перколяции и выщелачивания в нижних ярусах (в зависимости от экономики и от того, выгодна ли будет укладка межъярусного гидроизоляционного слоя).

Несмотря на то, что эксплуатационные затраты являются разумными для производительности в 11 млн тонн в год, они немного выше, чем при сравнении с аналогичными производствами. В частности, затраты на техническое обслуживание кажутся высокими по сравнению с другими расходами, и причины этого следует изучить. Однако это основано только на эксплуатационных расходах за первые 6 месяцев 2023 года, поскольку другие исторические данные о затратах за предыдущие годы не были предоставлены, поэтому такие высокие затраты на техническое обслуживание могут быть непредставительными.

Так как это обычная дробленая неокисленная порода, требуется лишь ограниченное количество цементной агломерации (по сравнению, например, с окисленными рудами), и использование агломерационной машины ленточного типа вместо специального барабанного агломератора является разумным и целесообразным.

Так как для заключительной четвертой стадии дробления используются дробилки ударного типа, возможно, стоит изучить возможность использования дробилок HPGR для достижения еще более мелкого дробления и потенциально более высокого извлечения золота. Существует теория, согласно которой при дроблении в дробилках HPGR в практически непористой породе могут образовываться микротрещины для улучшения общего извлечения золота при выщелачивании, хотя при этом также образуется большее количество мелкой фракции.

На Рис. 13.3 показан график зависимости извлечения от исходного содержания на основе предоставленных производственных данных.

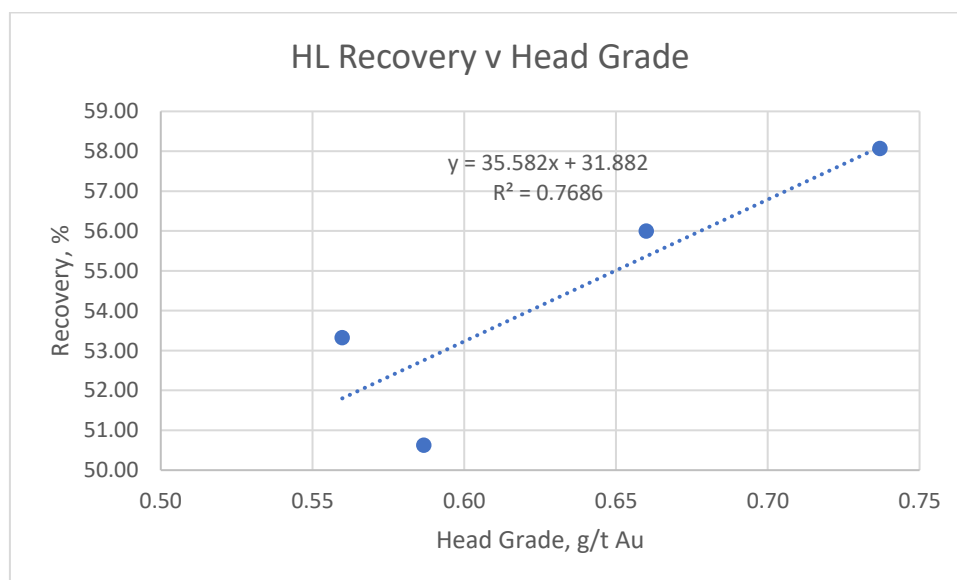


Рис. 13.3: Зависимость извлечения от исходного содержания при кучном выщелачивании

Эти (ограниченные) данные показывают разумное и стандартное увеличение извлечения золота при увеличении исходного содержания и наоборот. Полученное уравнение регрессии, как показано на графике, можно использовать для оценки ожидаемого извлечения золота при различных исходных содержаниях золота.

13.6.3 ГМЗ-7

Текущее извлечение золота примерно 79% при исходном содержании 0,45 г/т Au считается очень разумным для питания, состоящего из старых хвостов кучного выщелачивания и основанного на технологии СІР. Потребовалось несколько лет, чтобы пропускная способность достигла проектных 15 млн тонн в год, и за это время извлечение золота значительно возросло до текущего уровня около 79%. Однако в течение этого периода выхода на производственную мощность исходное содержание немного снизилось.

Текущие эксплуатационные затраты в размере 6,11 долларов США/т руды считаются разумными и подходящими для производительности в 15 млн тонн в год и немного ниже отраслевых сравнительных значений (представлены только данные за первое полугодие 2023 года).

Конфигурация цикла измельчения, состоящая из двухстадийного измельчения в шаровых мельницах и классификации немного необычна, хотя явно работают успешно. Более традиционная схема показана на Рис. 13.4 и ее, возможно, стоит рассмотреть, чтобы потенциально повысить общую эффективность схемы и снизить эксплуатационные расходы.

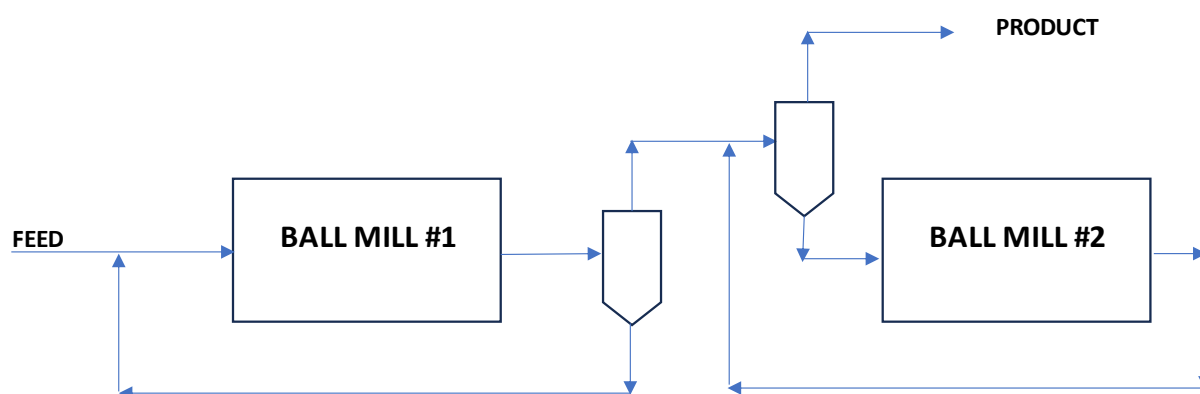


Рис. 13.4: Альтернативная схема измельчения

В этой предполагаемой схеме шаровая мельница №1 традиционно работает в замкнутом цикле с классификаторами, но слив классификатора (классификаторами могут быть гидроциклоны или, возможно, спиральные классификаторы) классифицируется на второй стадии гидроциклонов, причем слив второй стадии является конечным продуктом цикла измельчения. Пески второй стадии затем доизмельчаются в шаровой мельнице №2, также работающей в замкнутом цикле с циклонными классификаторами второй стадии.

В текущем цикле слив классификаторов первой и второй стадии объединяется в качестве конечного продукта, а часть песков первой стадии отправляются в классификаторы второй стадии.

13.6.4 Хвостовое хозяйство

На рассмотрение была предоставлена проектная документация хвостохранилища, а также многочисленные инженерно-технические чертежи, но в объем работ WAI не входило изучение технического проекта расширения хвостохранилища на весь срок эксплуатации и подтверждение его соответствия международным стандартам.

Текущий план на срок эксплуатации, согласно представленным данным, включает строительство и расширение как хвостохранилища 1 (в основном карты 7–8), так и хвостохранилище 2 (обе карты 1 и 2).

Согласно предоставленным данным, строительство Южной дамбы карты 2 хвостохранилища 2 продолжается и, на основании изученного отчета проекта, должно завершиться к концу 2023 года до высоты гребня 323,0 м.

Важно отметить, что в документации указано, что за счет ускоренного расширения как ГМЗ-2, так и ГМЗ-7 **объемы хранилища хвостохранилища будут полностью заполнены к середине 2024 года**. Таким образом, выполнение программы строительства и расширения предлагаемых дамб на хвостохранилищах 1 и 2 в требуемые сроки имеет решающее значение для продолжения успешной работы рудника.

Отсутствие подачи надосадочной воды на перерабатывающие предприятия всего три года назад, как сообщается, из-за высокой скорости испарения, кажется необычным. Однако сейчас обратная вода перекачивается обратно в ГМЗ-7, строится второй трубопровод для возврата воды в ГМЗ-2. Это снизит спрос на системы водозабора из рек.

Использование бетонных опор для стального хвостопровода не является идеальным, и его следует контролировать, поскольку колебания температуры могут вызвать расширение и сжатие металлической трубы и, следовательно, потенциальный износ из-за истирания.

13.6.5 Металлургические испытания руд месторождения Бесапантау

Материал, место отбора и представительность трех проб, на которых проводилось испытания, не указаны, но согласно полученным результатам, пробы легкообогатимы при извлечении золота и исходном содержании, сопоставимыми с текущей рудой, перерабатываемой на ГМЗ-2.

Испытания следует проводить на большем количестве представительных проб с четко определенным материалом и местом отбора проб.

Однако, исходя из этих предварительных результатов, руда Бесапантау представляется пригодной для переработки на заводе ГМЗ-2.

13.6.6 Склады бедной руды

Первоначальной рекомендацией является отбор проб на складах бедной руды (максимально представительных и, желательно, включить комплексную программу бурения), хотя разумно это будет сделать на уровне предварительной технико-экономической оценки (Scoping) из-за большого тоннажа и объема имеющихся для бурения запасов. После получения необходимых проб можно провести бутылочные испытания на участке для определения потенциального извлечения золота при стандартном классе фракции 80%–75 мкм. При необходимости одновременно можно провести сравнительные бутылочные испытания на материале крупной фракции для имитации кучного выщелачивания. Результаты бутылочных испытаний будут использоваться для создания уравнений регрессии относительно зависимости извлечения золота от исходного содержания.

Склады бедной руды потенциально можно перерабатывать на любом из трех имеющихся заводах. Однако заменять руду с более высоким содержанием на руду с более низким содержанием на ГМЗ-2 не имеет экономического смысла (за исключением случаев, когда это возможно в конце срока эксплуатации ГМЗ-2, когда текущие запасы руды будут исчерпаны).

Аналогичным образом, среднее содержание 0,46 г/т ниже текущего содержания, перерабатываемого на существующем цехе кучного выщелачивания, поэтому также не имеет экономического смысла заменять руду с более высоким содержанием на руду с более низким содержанием, за исключением случаев, когда это потенциально потребуется в конце срока эксплуатации.

По имеющемуся цеху CIL ГМЗ-7, исходное содержание очень похоже на содержания текущего перерабатываемого материала. Отмечается, что в последние несколько лет наблюдается постепенное снижение исходного содержания. Если исходное содержание для питания кучного выщелачивания продолжит снижаться до уровня ниже 0,46 г/т, то может иметь смысл заменить материал питания CIL на складированную руду с низким содержанием и/или в конце срока эксплуатации. Однако, следует отметить, что при проектировании узла CIL завода ГМЗ-7 для переработки хвостов кучного выщелачивания, потребуется существенная модернизация дробильного комплекса для переработки преимущественно рядовой руды вместо старых хвостов кучного выщелачивания.

Сравнительные результаты NPV указывают на то, что следует изучить возможность нового и специально предназначенного для переработки штабелей бедной руды цеха CIL, пока ожидаются результаты будущей комплексной программы бурения и металлургических испытаний.

13.7 Экологические и социальные аспекты, охрана труда и техника безопасности

В целом, НГМК имеет хорошую экологическую и социальную политику и понимание важности этих аспектов для устойчивого развития. НГМК публикует отчеты об устойчивом развитии с 2019 года. За сбор и компиляцию ESG-данных отвечают ESG-специалисты.

Однако в Центральном рудоуправлении работают всего два специалиста-эколога, которые отвечают за все объекты ЦРУ. Для эффективного управления окружающей средой на объектах ЦРУ должны быть экологи, которые будут осуществлять постоянный мониторинг и контроль экологических аспектов, своевременно выявлять экологические нарушения и вносить вклад в существующую систему управления окружающей средой.

Мониторинг атмосферного воздуха проводится ежемесячно в Санитарно-защитной зоне, представленные результаты мониторинга не выявили превышений. Кроме того, качество воздуха контролируется на рабочих местах и у источников выбросов, однако результаты не предоставлены, за исключением ЦКЗВ, доказывающие эффективность систем очистки воздуха на источниках выбросов в атмосферу. Также в передовой практике принято осуществлять мониторинг качества воздуха в ближайших населенных пунктах, учитывая их близость к объектам.

На объектах ЦРУ осуществляется пылеподавление, но в связи с климатическими особенностями и высокой испаряемостью, а также нехваткой воды эффективность низкая. Насколько известно WAI, ЦРУ совместно с Центральной лабораторией протестировали реагенты для пылеподавления в дополнение к водному орошению, но без положительных результатов. Высокая концентрация пыли приводит к ухудшению качества воздуха на рабочих местах (карьер Мурунтау, подъездные пути, пыль с хвостохранилищ, отвалы пустой породы и т.д.) и влияет на условия труда и здоровье работников.

Согласно предоставленной информации, вода возвращается в процессы, а не сбрасывается в окружающую среду. Для рассмотрения предоставлены данные мониторинга вод карьера Мурунтау. WAI не известно о других программах мониторинга воды, осуществляемых на объектах проекта Мурунтау.

Представленные проекты ОВОС рассматриваемых объектов Проекта не в полной мере учитывают социальные аспекты. Рассмотренные документы содержат лишь указание на ближайшие населенные пункты и их близость к объектам Проекта. Однако социально-экономические условия не изучены, а социальные последствия не оценены и не рассмотрены должным образом.

В результате обсуждений на во время выездного аудита со специалистами по охране труда и проверки представленных документов на объектах установлено, что все необходимые процедуры по охране труда имеются и своевременно проводится все необходимое обучение. Однако процедуры обращения с цианидами следует пересмотреть, чтобы гарантировать, что

персонал, работающий с цианидами, полностью понимает риски и меры, которые необходимо принять в случае происшествий, связанных с цианидом.

Планы закрытия и рекультивации не разработаны. В соответствии с передовой практикой планирование закрытия шахт на максимально раннем этапе считается крайне важным, поскольку оно определяет стратегии и процедуры безопасного закрытия, а также обеспечивает смягчение воздействия на окружающую среду, решение социальных проблем и ответственное управление землями после завершения добычных работ.

13.8 Экономическая оценка

Экономический анализ проекта обработки месторождений Мурунтауского кластера был выполнен методом дисконтированных денежных потоков (DCF), который предусматривает применение к будущим предполагаемым денежным потокам на протяжении всего срока эксплуатации рудника ставки дисконтирования. Для настоящего анализа была принята ставка дисконтирования 10%. Чистая приведенная стоимость проекта после уплаты налогов, полученная по результатам проведенной экономической оценки составила 7 842 млн. \$ США. Ввиду отсутствия значительных капиталовложений, не было получено значительной внутренней нормы доходности (IRR). Краткие показатели экономической обоснованности модели с разбивкой по каждому месторождению представлено в Таб. 13.3 ниже. Необходимо отметить, что чистая приведенная стоимость 7 842 млн. \$США в таблице ниже включает централизованные затраты, которые не включены в эквивалентные расчеты по отдельным карьерам

Таб. 13.3: Сводные результаты экономического анализа		
	Ставка дисконтирования	Стоимость (млн. \$США)
Мурунтауски кластер	10%	7 842
Мурунтау	10%	6 670
Мютенбай	10%	524
Бесапантау	10%	464
Балпантау	10%	382

13.9 Заявление об извлекаемых запасах

Сводные результаты оценки рудных запасов представлены ниже в Таб. 13.4.

Таб. 13.4: Результаты оценки рудных запасов Мурунтауского кластера по состоянию на 01 января 2024г. (WAI)

Месторождение	Категория	Извлекаемые запасы (млн.т)	Содержание (г/т Au)	Количество золота в руде	
				(млн.унц)	(т)
Всего	<i>Доказанные</i>	-	-	-	-
	<i>Вероятные</i>	1 436	1.06	49.2	1 527
	Итого	1 436	1.06	49.2	1 527

Примечания:

1. Рудные запасы классифицированы в соответствии с требованиями Кодекса JORC (2012г.);
2. Подсчет рудных запасов выполнен по состоянию на 1 января 2024;
3. Результаты подсчета рудных запасов приводятся по бортовому содержанию золота при добыче 0.5г/т для месторождений Бесапантау, Балпантау, Мютенбай и Мурутау.
4. Рудные запасы ограничены контуром оптимизированного карьера при цене на золото 1650 \$ за унцию на основе соответствующих экономических, горных и металлургических параметров;
5. Себестоимость добычи и переработки, административные затраты приняты на основе фактических значений;
6. Рудные запасы приводятся при доле владения 100%;
7. Все значения округлены в соответствии с относительной точностью подсчета, округление может привносить погрешность при суммировании значений
8. В русской версии настоящего документа используются следующие варианты перевода терминологии кодекса JORC

<i>Ore Reserves</i>		<i>Mineral Resources</i>		
<i>рудные запасы</i>		<i>минеральные ресурсы</i>		
<i>Proven</i>	<i>Probable</i>	<i>Measured</i>	<i>Indicated</i>	<i>Inferred</i>
<i>доказанные</i>	<i>вероятные</i>	<i>измеренные</i>	<i>выявленные</i>	<i>предполагаемые</i>

Насколько известно авторам, на приведенные результаты не оказывают существенного влияния какие-либо известные экологические, разрешительные, юридические, правовые, налоговые, социально-экономические, маркетинговые, политические или другие соответствующие факторы. На данный момент нет известных горнодобывающих, металлургических, инфраструктурных или других факторов, которые могли бы оказать существенное влияние на результаты настоящей оценки рудных запасов.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2:

**Кодекс JORC, редакция 2012 г. – Контрольный лист «Таблица №1» по раскрытию
минеральных ресурсов и рудных запасов месторождений Мурунтау, Мютенбай, Бесапантау
и Балпантау**

Раздел 1 Методы и данные опробования

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
<p><i>Методика опробования</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Характер и качество опробования (например, использование бороздового опробования, бурового шлама или специализированных измерительных инструментов, изготовленных по отраслевому стандарту конкретно для исследования данных минералов, например, скважинные гамма-зонды или ручные рентгенофлуоресцентные анализаторы и т.д.). Эти примеры не должны восприниматься как границы, сужающие широкое понятие опробования.</i> <i>Меры по обеспечению представительности пробоотбора и соответствующей калибровки всех используемых измерительных инструментов.</i> <i>Аспекты определения минерализации, существенные для публичного отчета.</i> <i>В тех случаях, когда были соблюдены 'отраслевые стандарты', это относительно просто (например, для получения пробы длиной 1 м использовалось бурение с обратной промывкой; после истирания 3 кг пробы 30 г использовалось для пробирной плавки). В других случаях может потребоваться больше объяснений, например, опробование крупнозернистого золота характеризуется определенными проблемами. Специфическое сырье или типы минерализации (например, глубоководные конкреции) могут служить основанием для подробного раскрытия информации.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Основные типы проб, которые отбирались в ходе геологоразведочных работ на Мурунтауском кластере, представлены керновыми, шламовыми и бороздовыми пробами. Осмотр бурового керна специалистами WAI подтвердил, что границы промышленной минерализации не могут быть надежно определены по визуальным характеристикам, что обосновывает используемый Заказчиком метод, предусматривающий опробование и анализ всех интервалов, за исключением безрудного четвертичного осадочного чехла. При колонковом бурении опробование осуществлялось как путем отбора половины керна, так и цельного керна. Длина пробы преимущественно составляет от 1 до 2 м, и может изменяться в зависимости от задокументированных геологических границ. Пробы из скважин шламового бурения обратной циркуляции (RC) в основном отбирались интервалами 2,5 метра, материал пробы при этом пропускался через конусный делитель Мецке для получения навески массой 5 кг. Опробование шлама при бурении скважин сплошным забоем осуществлялось через 2 м с использованием циклонов. Выдуваемый шлам квартовался на делителе Джонсона, в пробу поступала половина от всего выдуваемого материала. Опробование подземных выработок и канав осуществлялось бороздовым способом вручную с сечением борозды 5x10см. Длина проб обычно составляла от 0,5 до 5 м, чаще всего длина проб составляла 1–2 м. Длина проб корректировалась в зависимости от геологических границ и по возможности пробы отбирались вкрест предполагаемого простирания минерализованных зон. В канавах отбор проб производился по осевой линии полотна. Опробование подземных выработок выполнено по одной или двум противоположным стенкам на уровне 1.0 м над уровнем полотна. Часть штреков пройденных по простиранию рудных зон для установления непрерывности оруденения опробовались позабойно через 2-3 м. Для обеспечения надежных результатов опробования фактический вес каждой пробы сопоставлялся с теоретическим весом. Достоверность бороздового опробования была оценена Заказчиком путем сопоставления отрезков основной борозды и параллельной борозды, пройденной ниже основной на 5 см. По результатам сравнения разница средних содержаний составила около 5%.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
Технология бурения	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Виды бурения (например, колонковое бурение, бурение с обратной промывкой, перкуSSIONное бурение необсаженных скважин, шарошечное бурение с подъемом керна воздушной струей, шнековое бурение, буром Бангска, ультразвуковое бурение и т.д.) и информация (например, диаметр керна, тройная или обычная колонковая труба, алмазные резцы, коронка для торцевого опробования или другого типа, ориентирован ли керн и, если да, то каким методом и т.д.).</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • В качестве основного метода бурения на Мурунтауском кластере применялось колонковое бурение. Бурение осуществлялось преимущественно диаметром NQ (76 мм) с использованием твердосплавных и алмазных коронок. На пяти месторождениях с течением времени использовался широкий спектр буровых установок. В состав основных буровых установок, которые использовались на месторождениях в период до 2019 года входят: Мурунтау-Мютенбай - ЗИФ-650; Чукуркудук - ХУДХ-4, ЗИФ-650, ЗИФ-1200, ЗМО-1500; Бесапантау - СКБ-5, ЗИФ-650, ЗИФ-1200, ЗМО-1500; и Балпантау - ЗИФ-650. • С 2020 года используются буровые установки Hanjin D&B (производство Корея), DBS-S15 и 21 (Турция). • Бурение методом обратной циркуляции воздуха ("RC") проводилось в качестве опережающей эксплуатационной разведки буровым станком KWL 1600. При бурении RC в 2002-2003 годах на Балпантау использовалась установка NEMEK с компрессором, позволяющим осуществлять бурение на глубину 120-140 метров с хорошим выходом шлама. • Шарошечное бурение, также называемое «бурением скважин сплошным забоем», проводилось станками УКБ-500С шпиндельного типа с приводом от ДЭС-60 с продувкой забоя сжатым воздухом компрессором ПР-12, давление которого достигало 7-8 атм. Бурение проводилось твердосплавными шарошечными долотами диаметром 76 мм. По мнению WAI, этот метод бурения характеризуется более низким качеством, поскольку выдача шлама происходит с наружной стороны бурового става, что приводит к потере и загрязнению бурового шлама. Ввиду этого, специалисты WAI поддерживают решение Заказчика исключить этот тип бурения из моделирования и оценки ресурсов. • Также производится опробование взрывных скважин, и на основе этих данных формируется эксплоразведочная модель.
Выход керна	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Метод учета и оценки выхода керна и шламовой пробы и результат оценки.</i> • <i>Меры, принятые для увеличения выхода пробы и обеспечения ее представительности.</i> • <i>Существование связи между выходом керна и содержаниями. Возможность возникновения систематической ошибки опробования из-за преимущественной потери/увеличения мелкозернистого / крупнозернистого</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • В исторический период бурение производилось с низким выходом керна (в среднем около 65-75%), однако со временем этот показатель улучшился до приблизительного среднего значения 80% в период с 1999 по 2015 год. • С 2020 средний выход керна в рудных пересечениях возросло до более чем 90%. Выездная группа WAI во время посещения предприятия произвела осмотр керна новых скважин (например, MUR_072, MUR_033) и отметила хорошие результаты бурения, особенно с учетом присутствия локальных зон интенсивной трещиноватости. Данные документирования выхода керна в основном ограничивается новыми скважинами и указывают на улучшенный выход керна.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>материала.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • На построенных графиках рассеяния зависимости между содержанием золота и выходом керна не наблюдается. Однако отсутствие этой зависимости может не распространяться на всю базу данных, поскольку данные выхода керна имеются только для небольшой части всего объема бурения. • Для бурения RC отсутствуют данные документирования выхода шлама или весов проб. • Большая часть объема буровых работ на месторождениях Мурунтау, Мютенбай приходится на колонковое бурение. Однако, большая часть этого бурения выполнена в исторические периоды, для которых характерно наличие рисков, связанных с низким выходом керна и систематической погрешностью опробования. В случае с Бесапантау и Балпантау, наличие значительных объемов шарошечного бурения сплошным забоем повышает риск наличия систематической погрешности опробования и перекрестного заражения, поэтому этот тип скважин в подсчете минеральных ресурсов не участвовал.
<p><i>Документирование</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Проводились ли картаж скважин и документирование геохимических данных (керна, шламовой пробы) на уровне детализации, способном подтвердить соответствующую оценку минеральных ресурсов, принимались ли допущения о параметрах горных работ и проводились ли исследования на обогатимость. • Характер описания – качественный или количественный. Фотографирование керна (или шламовой, бороздовой пробы и т.д.). • Общая мощность и доля соответствующих рудоподсечений, для которых производились картаж и документирование. 	<ul style="list-style-type: none"> • Документирование для всех скважин осуществляется на всю длину, за исключением эксплоразведочных/взрывных скважин. • Детальное документирование скважин проводится Кызылкумской геологоразведочной экспедицией. • Цифровые записи имеются только по новым скважинам, пробуренным после 2019 года. Электронные таблицы документирования содержат поля для литологии, измененности пород, окисления, минерализации и геотехнических параметров. • Охват данных документирования на месторождениях Мурунтау и Мютенбай в настоящее время недостаточен для моделирования на их основе. По отдельным частям месторождений Бесапантау и Балпантау имеется достаточный объем данных документирования для геологического моделирования.
<p><i>Технология сокращения проб и пробоподготовки</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Для керна – разрезание или распил. Какая часть керна берется на анализ - четверть, половина или целый керн. • Для некерновых проб – желобчатый делитель, пробоотборочный стакан, вращающийся делитель, влажный или сухой метод. • Для всех типов проб – характер, качество и 	<ul style="list-style-type: none"> • При колонковом бурении опробование осуществлялось как путем отбора половины керна, так и цельного керна. После осмотра станков для распиловки керна и ознакомления с рабочими процедурами распиловки керна на участке обработки керна НГМК выездная группа WAI пришла к заключению о соответствии этих работ передовой мировой практике. • Пробы из скважин шламового бурения обратной циркуляции (RC) пропускались через конусный делитель Мецке для получения навески массой 5 кг.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>целесообразность технологии пробоподготовки.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Процедуры контроля качества, принятые на всех этапах сокращения проб для обеспечения максимальной представительности проб.</i> <i>Меры для обеспечения представительности проб, отобранных по месту залегания, включая, например, результаты сопряженного опробования/опробования дубликатов проб.</i> <i>Соответствие размеров проб гранулометрическому составу отбираемого материала.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Шлам при бурении скважин сплошным забоем квартовался на делителе Джонсона, в пробу поступала половина от всего выдуваемого материала. Не известно производилось ли деление бороздовых проб из канав и подземных горных выработок. Пробоподготовка проб на пробирный анализ включала в себя сушку, дробление и измельчение с разделением между этапами для получения в конечном итоге пробы массой 0.5кг и размером частиц 0.074мм. Пробоподготовка для гамма-активационного анализа осуществляется по аналогичной, но сокращенной схеме, предусматривающую более крупное измельчение конечной навески – до 1 мм. По заключению WAI, оборудование, вес проб и размер частиц, используемые при пробоподготовке, соответствуют общепринятой отраслевой практике. Выездная группа WAI посетила лаборатории НГМК, где осуществляется подготовка проб Мурунтауского кластера, и ознакомилась с рабочими процедурами, которые, по заключению WAI, являются целесообразными и обеспечивают получение представительных навесок, сведение к минимуму перекрестного заражения проб и необходимую по техническим спецификациям крупность измельчения.
<p><i>Качество лабораторно-аналитических данных и работ</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Характер, качество и пригодность использованной методики лабораторных исследований, частичный или полный анализ.</i> <i>Для геофизических приборов, спектрометров, ручных рентгенофлуоресцентных анализаторов и т.д. – параметры, используемые в определении, в том числе производитель и модель прибора, время считывания, используемые коэффициенты калибровки, метод их расчета и т.д.</i> <i>Характер принятых процедур контроля качества (например, эталонные, холостые пробы, дубликаты, внешний контроль), приемлемы ли показатели точности (например отсутствие систематической ошибки) и воспроизводимости.</i> 	<p>Анализ проб:</p> <ul style="list-style-type: none"> На месторождениях Мурунтауского кластера анализ проб осуществлялся двумя методами – пробирным и гамма-активационным. Пробирный анализ проведен в основном геологической лабораторией Кызылкумской ПГРЭ. Аналитические навески весом 50г. анализировались пробирным методом с гравиметрическим завершением. Результаты анализа приводились с точностью до одного десятичного знака из-за точности гравиметрической обработки. Гамма-активационный анализ был внедрен на горнодобывающем комплексе Мурунтауского кластера в 1979 году и выполняется в Центральной лаборатории гамма-активационного анализа (ЦЛГАА) НГМК. Во время выезда на предприятие специалисты WAI не посещали ЦЛГАА, и вся информация об этом методе была получена из отчетов Заказчика. Краткое описание метода гамма-активационного анализа представлено ниже: <ul style="list-style-type: none"> Активация проб высокоэнергетичными гамма-квантами, получаемыми в результате торможения на мишени электронного пучка с энергией электронов

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<p>8 МэВ, генерируемого сильноточным линейным ускорителем электронов и последующим измерением активности пробы;</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ В результате ядерной реакции: $^{197}\text{Au} \rightarrow ^{197\text{m}}\text{Au}$ образуется метастабильный радиоактивный изотоп золота с периодом полураспада $T_{1/2} = 7.7$ сек. и энергией гамма-квантов $E_{\gamma} = 279$ КэВ; ○ Мешающими элементами при анализе проб на золото являются: уран, торий, барий и гафний. Учет влияния мешающих элементов производится с помощью метода спектральных отношений (МСО). В этом методе используется матрица спектральных отношений, которая рассчитывается при прогоне матричных или настроечных образцов. Эти образцы представляют собой пробы, содержащие только один из определяемых элементов (Au, U, Th, Ba, Hf) в большой концентрации; ○ Материал пробы упаковывается в кювету объемом 290 см³. Эталон в виде материала стандартного образца также упаковывается в кювету; ○ Содержание золота в пробах рассчитывается по формуле: $C = \frac{X_1}{\eta \cdot m} [1 + (m - 425) \cdot 8 \cdot 10^{-4}]$ <p>где C - массовая доля золота в пробе, $1 \cdot 10^{-4}$ % (г/т); η - эталонировочный коэффициент, используемый в дальнейшей работе для расчета содержания золота в пробах; X_1 - счета от золота в пробе, импульсов; m - масса пробы, г.</p> ○ Эталонировочный коэффициент рассчитывается по формуле: $\eta = \frac{E_t X_1}{C \cdot E_t m}$ <p>η - эталонировочный коэффициент, используемый в дальнейшей работе для расчета содержания золота в пробах;</p>

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<p>E^tX_1 - счета от золота в эталоне, импульсов; E^tm - масса эталона, г; E^tC - массовая доля золота в эталоне, 1·10⁻⁴ % (г/т, ppm).</p> <ul style="list-style-type: none"> Среди преимуществ метода гамма-активации можно отметить пробоподготовку по упрощенной схеме, использование более крупной навески (500г) и быстрое получение результатов. Хотя этот метод используется исключительно на НГМК, WAI отмечает сходство с технологией PhotonAssay™, разработанной компанией Chrysos Corporation, которая теперь доступна на рынке в качестве альтернативы методу пробирного анализа. Около 90% проб месторождений Мурунтау и Мютенбай проанализированы методом гамма-активации. По месторождениям Бесапантау и Балпантау намного больше проб проанализировано пробирным методом. На этих месторождениях гамма-активация обычно использовалась в качестве «отбраковочного» анализа, который позволял выбрать только пробы с содержанием выше 0,5 г/т для отправки на пробирный анализ. Гамма-активационный метод также используется для всех эксплоразведочных проб. <p>QAQC:</p> <ul style="list-style-type: none"> В «исторические» периоды применялся только внутренний (основная лаборатория) и внешний (внешняя лаборатория) контроль с использованием дубликатов аналитических (измельченных) проб. Первичные данные контроля за этот период отсутствуют, также не сохранилась часть данных в обработанной сводной форме, в частности, весь внутренний и внешний контроль качества пробирного анализа по месторождениям Мурунтау и Мютенбай. С 2019 года, помимо внешнего и внутреннего контроля дубликатами, программа контроля качества также предусматривает контроль холостыми пробами для отслеживания перекрестного заражения (Балпантау и Бесапантау) и эталонными пробами для измерения аналитической точности (Мурунтау и Мютенбай, Балпантау и Бесапантау). Также с помощью аналитических проб осуществляется контроль прецизионности (воспроизводимости) анализа. <p>Аналитические дубликаты:</p>

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<ul style="list-style-type: none"> По результатам контроля качества гамма-активационного анализа (2017-2019гг.) дубликатами по м-ям Мурунтау и Мютенбай самые высокие абсолютные и процентные погрешности наблюдаются в первом классе содержаний золота от 0,0 до 0,5 г/т. Это указывает на высокий риск ошибочного отнесения к руде или пустой породе проб, содержания которых равны или близки к бортовому содержанию, принятому для выбора проб, отправляемых на пробирный анализ. В ранние периоды практически отсутствуют пробы с содержанием ниже 0.6 г/т Au. Учитывая, что для оконтуривания доменов при подсчете минеральных ресурсов в настоящее время принято бортовое содержание 0,3 г/т Au, это создает пробел по части оценки аналитической точности на этом уровне значений. По месторождениям Мурунтау и Мютенбай отсутствуют данные дубликатов внутреннего контроля пробирного анализа за период с 2019, однако были предоставлены результаты внешнего контроля за период 2019-2022гг. При сравнении содержаний исходных проб и дубликатов внешнего контроля признаков общей систематической погрешности не наблюдается. В отношении дубликатов проб Бесапантау, проанализированных пробирным анализом в исторические периоды, процент превышений допустимой погрешности более характерен для внешнего контроля, нежели внутреннего, однако не наблюдается признаков наличия систематической погрешности или повышенной частоты превышений по отдельным классам содержаний. Результаты контроля качества пробирного анализа за исторические периоды по Балпантау представлены в неполном объеме, их трудно поместить в контекст для интерпретации. Однако они показывают повышенное абсолютное и процентное расхождение между парами проб в бедных классах содержаний как внутреннего, так и внешнего контроля. Общая проблема как для Бесапантау, так и для Балпантау заключается в том, что контроль дубликатами пробирного анализа за этот период не охватывает содержаний, близких к бортовому содержанию 0,3 г/т Au, принятому в настоящее время для оконтуривания рудных доменов, что представляет риск, связанный с отсутствием возможности сделать вывод об аналитической точности данных в данном классе содержаний. По Балпантау и Бесапантау были доступны данные по внутреннему и внешнему контролю за период 2019-2023 гг. Воспроизводимость (прецизионность) совмещенного комплекта данных внутреннего и внешнего контроля пробирного анализа пробами-дубликатами имеет

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<p>уровень от умеренного до низкого, хотя общее улучшение показателей наблюдается после 2020 года.</p> <p>Стандарты:</p> <ul style="list-style-type: none"> Для контроля абсолютной точности анализа проб месторождений Мурунтау и Мютенбай использовался ряд эталонных проб. Результаты сравнения фактических и истинных содержаний эталонных проб характеризуются выдержанностью и не показывают признаков систематической погрешности, а также признаков отклонений на годовой основе. Однако среди этих эталонов отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов. Для контроля лабораторно-аналитических работ по месторождениям Балпантау и Беспантау использовался ряд эталонных проб в период 2020-2023гг. По некоторым эталонам наблюдается первоначально плохие результаты с последующим общим улучшением с течением времени. Отмечается, что среди эталонов, использованных для контроля аналитической точности анализа проб этих месторождений, отсутствуют содержания, близкие к бортовым содержаниям, принятым для оконтуривания рудных доменов. <p>Холостые пробы:</p> <ul style="list-style-type: none"> Для контроля перекрестного заражения проб Балпантау и Беспантау в процессе пробоподготовки в период 2020 и 2023гг. в партии рядовых проб включались холостые пробы. Случаи превышения допустимых пределов при анализе холостых проб характеризуются относительно низкой частотой. Отсутствуют признаки систематических тенденций или систематических ошибок, которые бы указывали на повсеместное перекрестное заражение или пересортицу проб.
<p><i>Заверка данных опробования и анализа</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Проверка значимых рудоподсечений персоналом независимой или альтернативной компании.</i> <i>Использование заверочных скважин.</i> <i>Документирование первичных данных, процедуры ввода данных, проверка данных, процедуры хранения данных (физических и электронных).</i> <i>Указать все корректировки лабораторно-</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Ввод, проверку, хранение и управление базой данных осуществляют сотрудники НГМК. Все данные хранятся в электронной базе данных. Качество данных анализа проб в базах данных контролируется сотрудниками НГМК. Данные буровых скважин экспортируются в файлы CSV для последующего импорта в программное обеспечение Leapfrog для геологического моделирования. По месторождениям Мурунтау и Мютенбай Заказчиком было выполнено визуальное сравнение результатов детального геологоразведочного и эксплуатационного бурения на

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>аналитических данных.</i></p>	<p>участках их взаимного наложения. В тех случаях, когда наличие или отсутствие значительного минерализованного пересечения не подтверждалось данными плотной сети эксплоразведочных скважин (6 x 6 м), буровые скважины исключались из оценки минеральных ресурсов.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Отмечается отсутствие сдвоенных скважин. WAI рекомендует на всех этапах бурения систематически проводить бурение сдвоенных скважин для заверки скважин всех периодов, на которые приходится большая часть базы данных подсчета ресурсов каждого месторождения. • Несмотря на отсутствие сдвоенных заверочных скважин, Заказчиком в рамках развития ресурсной базы была уплотнена сеть скважин на участках, охваченных только историческими скважинами. Сравнение исторических скважин с соседними новыми скважинами позволяет в некоторой степени проверить достоверность данных, поскольку признаки резкого изменения содержаний и/или мощности на очень коротких расстояниях могут указывать на сниженное качество данных. WAI считает это эффективной проверкой наиболее существенных ошибок. В целом, недавнее бурение хорошо согласуется с результатами близлежащих исторических скважин и бороздовых проб в подземных горных выработках. • Месторождение Чукуркудук исключено из данной оценки минеральных ресурсов до получения результатов продолжающегося заверочного бурения. • Специалистами WAI выполнено независимое статистическое сравнение наборов данных для выявления систематического отклонения в данных опробования, вызванного различиями в типах проб или применением разных методов отбора и/или анализа проб в разные периоды времени. Чтобы изолировать эти факторы от естественной локальной изменчивости минерализации, использовались функции расстояния, чтобы ограничить сравнение пробами, расположенными на небольшом расстоянии. • В целом, признаков наличия существенной систематической ошибки между различными типами проб на м. Мурунтау-Мютенбай не отмечено, что подтверждает обоснованность решения НГМК включить данные колонкового бурения, бурения RC и опробования подземных выработок в оценку минеральных ресурсов. • Бесапантау и Балпантау имеют гораздо большую долю новых скважин, подкрепленных результатами контроля (QAQC), которые можно использовать для сравнения и проверки исторических данных бурения. При сравнении композитов, расположенных на расстоянии

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<p>менее 10 м друг от друга, на Бесапантау не отмечено признаков существенной систематической погрешности, однако на Балпантау отмечается потенциальное наличие занижения содержаний в исторических скважинах (разница между суммарными средними значениями содержаний композитов выше бортового содержания 0,5 г/т составила -9%). Учитывая масштабы погрешности, выявленной в исторических данных Балпантау, а также то, что она направлена в сторону занижения, а не завышения, по заключению WAI, исторические данные по обоим месторождениям на данном этапе могут быть приняты к подсчету ресурсов.</p> <ul style="list-style-type: none"> • На графиках корреляции QQ между близко расположенными (<10 м) пробами колонковых скважин и канав на м. Балпантау отмечается сильное завышение содержаний в данных опробования канав. Чтобы исключить искажающую экстраполяцию этих содержаний на глубину, WAI поддерживает решение исключить все канавы из оценки минеральных ресурсов месторождения Балпантау. В окончательную модель ресурсов Бесапантау были включены данные только самых недавних канав, пройденных суб-перпендикулярно простиранию минерализации. Это компромиссное решение позволяет исключить из модели минерализации наиболее очевидные искажающие эффекты и несоответствия, связанные с канавами. • Результаты проверки достоверности данных, проведенной специалистами WAI с помощью различных методов, подтверждают целостность данных, содержащихся в электронных базах данных. По мнению WAI, выполненный на текущий момент контроль качества (QAQC) и проверка достоверности данных позволили из общего массива имеющихся геологоразведочных данных отобрать данные, которые могут считаться пригодными для оценки минеральных ресурсов и извлекаемых запасов.
<p><i>Местонахождение точек пробоотбора</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Точность и качество геодезической привязки скважин (съёмка устьев скважин, инклинометрия), канав, подземных выработок и других точек, принимающих участие в подсчете минеральных ресурсов. • Информация об используемой координатной системе. • Качество и надежность топографической 	<ul style="list-style-type: none"> • На каждом месторождении используется локальная система координат. • Топографическая съёмка обновляется ежемесячно с использованием опорной сети с шагом 1 метр. • Привязка устьев скважин осуществляется вручную, инклинометрия проводилась во всех скважинах и для неколонковых скважин глубиной более 100м. • В рамках посещения объектов специалистами WAI оценка рабочих практик топографических работ не проводилась. Типы оборудования и точность съёмки, согласно информации Заказчика, являются пригодными для оценки ресурсов.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
<p><i>Плотность и распределение разведочных выработок</i></p>	<p><i>привязки.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Плотность разведочной сети для отчета о результатах разведки.</i> <i>Достаточность плотности и распределения разведочной сети для подтверждения выдержанности по структуре и содержанию с точки зрения процедур(ы) подсчета минеральных ресурсов, извлекаемых запасов и их классификации.</i> <i>Применялось ли композитирование проб.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> На большей части месторождения Мурунтау номинальная плотность сети колонковых скважин составляет 80 м (между профилями) на 40 м (между скважинами в профиле). Локально плотность буровой сети увеличивается до 80x80м, и такая плотность становится доминирующей на глубинах ниже ~600м от поверхности. В настоящее время глубина охвата колонковым бурением на месторождении Мурунтау составляет примерно 1000 м от поверхности. Верхние 250 м месторождения Мютенбай были разбурены колонковыми скважинами по сети 40 м (между профилями) на 20-40 м (между скважинами в профиле). На глубине приблизительно от 250 до 550 м от поверхности плотность сети увеличивается до номинальной плотности 60 x 60 м, местами до 80 x 80 м. До глубины примерно 1200 м ниже поверхности достигает более редкая сеть бурения, самые глубокие разведочные скважины пересекают минерализацию на глубине 1950 м. Эксплоразведочное опробование взрывных скважин на месторождениях Мурунтау и Мютенбай простирается на максимальную глубину ~550 м и ~300 м ниже поверхности соответственно. Взрывные скважины бурятся в шахматном порядке по сети плотностью 6м x 6м. На месторождении Бесапантау выдержанные участки колонкового бурения с плотностью сети 60 x 60 м охватывают центральную, южную и северо-восточную части месторождения, в других частях месторождения плотность сети составляет преимущественно 80 x 40 м до 80 x 80 м. Новые скважины перемежаются с историческими скважинами, за исключением центральной/южной части месторождения, где преобладают исторические скважины. Часть этой территории разбурена скважинами шламового бурения обратной циркуляции по сети 100 x 100 м. На месторождении Балпантау номинальная плотность сети колонкового бурения составляет от 40 x 40 до 60 x 60 м на южном и северо-западном флангах месторождения. В северо-восточной части плотность сети колонкового бурения менее равномерна, расстояние между профилями, как правило, составляет 80 м. В северной части новые скважины перемежаются с историческими, в юной части месторождения преобладают колонковые скважины недавнего периода. Эксплоразведочным опробованием взрывных скважин, которые бурятся в шахматном порядке по сети 5 x 5 м, охвачены верхние 20 м в южной части месторождения.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
<i>Пространственное положение разведочных выработок относительно геологического строения</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Обеспечивает ли пространственное положение разведочных выработок объективное опробование возможных структур и их изученность с учетом типа месторождения. • Если установлено, что пространственное положение скважин относительно основных рудных структур привело к систематической ошибке при опробовании, ее необходимо оценить и указать, если она существенна. 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал и распределение данных бурения достаточны для установления геологической непрерывности и непрерывности содержания на уровне, соответствующем применяемой классификации минеральных ресурсов. • Во время отбора проб не применялись композиты. • Бурение на всех месторождениях проводилось по систематической сети скважин, ориентированных по возможности субперпендикулярно по отношению к доминирующей ориентации рудных тел. • Нет данных, что ориентация бурения привела к смещению выборки, которое могло бы существенно повлиять на точность и надежность результатов.
<i>Сохранность проб</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Меры по обеспечению сохранности проб. 	<ul style="list-style-type: none"> • Отбор проб, транспортировка, пробоподготовка и анализ проб проводится НГМК и его государственными филиалами. • Пробы находятся под наблюдением службы безопасности с момента отбора проб на буровой до доставки в лабораторию. Пробы упаковываются в пакеты, печатываются, нумеруются и доставляются в лабораторию из цеха обработки керна. Вместе с образцами отправляется форма на бумажном носителе. • После поступления проб в лабораторию предоставленные материалы сортируются и проверяются по бумажному списку, а также выявляются и исследуются все недостающие и/или дополнительные образцы.
<i>Аудиты и проверки</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Результаты любых аудитов и экспертиз применявшихся методик и данных опробования. 	<ul style="list-style-type: none"> • Специалисты SRK проводили независимую проверку методов отбора проб и качества данных в рамках оценки минеральных ресурсов и рудных запасов Мурунтау, Мютенбая и Бесапантау на 2019 год. Специалисты SRK пришли к выводу, что качество входных данных было достаточным для объявления минеральных ресурсов. • В рамках обновленной информации о минеральных ресурсах и запасах руды компания WAI также проанализировала методы, используемые НГМК в отношении бурения, отбора проб, анализа, обеспечения/контроля качества и проверки данных, и полагает, что этих процессов было достаточно для создания базы данных буровых скважин, подходящей для оценки минеральных ресурсов.

Раздел 2 Отчетность о результатах разведки

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
Статус горного отвода и земельного отвода	<ul style="list-style-type: none"> Тип, кадастровый номер, местоположение и вид собственности, включая соглашения или существенные вопросы с третьими сторонами, например совместные предприятия, партнерства, дополнительный доход от роялти, права на землю местного населения, культурно-исторические памятники, дикая природа или национальные парки и состояние окружающей среды. Отсутствие на момент подготовки отчета оснований для пересмотра статуса отводов, влияющих на перспективу отработки месторождения, и все известные препятствия к получению лицензии для работы на данной территории. 	<ul style="list-style-type: none"> Мурунтауский кластер расположен в пустыне Кызылкум Узбекистана, Центральная Азия. Эта горнодобывающая провинция расположена в пределах горного хребта Тянь-Шаня, региона, известного своими значительными запасами золотых руд. Обладателем лицензии NY 0260 от 24/09/2021, действующей до 22/01/2074, на право пользования недрами с целью добычи полезных ископаемых на золоторудном месторождении Мурунтау в Тамдинском районе Навоийской области является государственное предприятие «Навоийский ГМК». В состав лицензии входят две площади, выделенные недропользователю администрацией Тамдинского района. Для Мурунтау площадь составляет 26.5 км², для Мютенбай 2.6 км². Участок недр, предоставленный в пользование, имеет статус горного отвода. Обладателем лицензии NV 0259 от 24/09/2021, действующей до 09/01/2025, на право пользования недрами с целью добычи полезных ископаемых на золоторудном месторождении Бесапантау в Тамдинском районе Навоийской области является государственное предприятие «Навоийский ГМК». Обладателем лицензии NV 0247 от 24/09/2021, действующей до 31/12/2033, на право пользования недрами с целью добычи полезных ископаемых на золоторудном месторождении Балпантау в Тамдинском районе Навоийской области является государственное предприятие «Навоийский ГМК».
Разведка сторонними организациями	<ul style="list-style-type: none"> Подтверждение и оценка разведки сторонними организациями. 	<ul style="list-style-type: none"> Все геологоразведочные работы проводились Геологоразведочной партией № 1 в составе рудника Мурунтау и Кызылкумской геологоразведочной экспедицией в составе Научно-производственного центра НГМК.
Геология	<ul style="list-style-type: none"> Тип месторождения, геологическое строение и тип минерализации. 	<ul style="list-style-type: none"> Месторождения Мурунтау, Мютенбай, Чукуркудук (ранее известное как Триада), Бесапантау и Балпантау расположены в пределах Кызылкумского золоторудного района, в западной части южнотяньшанского пояса. Нижнепалеозойская бесапанская свита образует фундамент Кызылкума, который несогласно перекрыт отложениями девон-раннетриасового возраста, карбонатами и вулканитами. Формирование месторождений золота произошло в результате многоэтапного процесса, включающего седиментацию, региональный метаморфизм (надвиг и магматизм) и множество фаз гидротермальной активности, включая фазы, связанные с золотой минерализацией. Гранитный магматизм и золотое оруденение в целом одновременны, но их связь остается недоказанной.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<ul style="list-style-type: none"> • Все породы фундамента метаморфизованы до зеленосланцевой фации и подверглись гидротермальному кварц-полевошпатовому метасоматозу, что особенно ярко проявляется в литологически и структурно благоприятных блоках нижних и средних пачек бесапанской свиты. В этой формации находится основная золотая минерализация в регионе. • Месторождение Мурунтау-Мютенбай-Чукуркудук расположено на восточной периклинали крупной тазгазганской антиклинали, осложненной более мелкомасштабной складчатостью. Месторождение Бесапантау расположено на северо-западном фланге рудного месторождения Мурунтау. Балпантау расположен севернее, в пределах вулcano-тектонического грабена.
Информация по буровым скважинам	<ul style="list-style-type: none"> • Краткая информация, существенная для понимания результатов разведки, в том числе сведение в таблицу следующей информации по всем существенным скважинам: <ul style="list-style-type: none"> ○ географические координаты устьев скважин ○ высотные отметки или относительные отметки устьев скважин (относительная отметка - это высота в метрах над уровнем моря) ○ угол падения и азимут скважины. ○ глубина скважины и глубина подсечения. ○ длина скважины. • Если исключение данной информации обусловлено тем, что информация незначительна, и ее исключение не мешает пониманию отчета, «компетентное лицо» должно четко объяснить, почему это так. 	<ul style="list-style-type: none"> • Результаты геологоразведки не являются предметом отчетности в настоящем документе. • Учитывая количество буровых скважин в Мурунтауском кластере, нецелесообразно указывать все координаты устьев скважин в этом разделе. • Рисунки, показывающие расположение скважин, подземных борозд и поверхностных канав на каждом месторождении Мурунтауском кластере содержатся в основной части отчета.
Методика структурирования данных	<ul style="list-style-type: none"> • Метод средневзвешенных величин, урезание максимальных или минимальных величин (например, урезание ураганных проб) и бортовые содержания обычно существенны и должны быть указаны в отчете о результатах 	<ul style="list-style-type: none"> • Результаты геологоразведочных работ не приводятся. • При подсчете минеральных ресурсов не использовался условный металл.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>разведки.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>В тех случаях, когда агрегированные рудоподсечения включают низкую мощность с высоким содержанием и высокую мощность с низким содержанием, необходимо объяснить процедуру такого агрегирования, и дать подробное описание типичных примеров такого агрегирования.</i> <i>Должны быть четко указаны допущения, принятые для пересчета на условный металл.</i> 	
<p><i>Взаимосвязь между мощностью минерализации и длиной подсечений</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Эта связь особенно важна для отчетов о результатах разведки.</i> <i>Если геометрия минерализации относительно угла рудоподсечения известна, она должна быть описана.</i> <i>Если она неизвестна, и даются только мощности по рудоподсечениям, это должно быть четко указано (например, мощность по рудоподсечению, истинная мощность неизвестна”).</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Результаты геологоразведочных работ не приводятся.
<p><i>Графические материалы</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Все значительные результаты разведки должны в отчете подтверждаться соответствующими планами и разрезами (в масштабе) и таблицей рудоподсечений. Кроме всего прочего они включают местоположение устьев скважин в плане и соответствующие разрезы.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Соответствующие карты, разрезы и таблицы данных включены в основную часть отчета.
<p><i>Сбалансированность отчета</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>В тех случаях, когда полный отчет обо всех результатах разведки невозможен, во избежание дезориентирующего изложения результатов разведки необходимо использовать представительное описание как</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Результаты геологоразведочных работ не приводятся. Сопроводительный документ представляет собой сводный отчет.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
<i>Прочие существенные данные</i>	<p><i>низких, так и высоких содержаний и/или мощностей.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Необходимо описать и другие данные разведки, если они значительные и существенные, включая (но, не только): геологические наблюдения; результаты геофизических исследований; результаты геохимических исследований; валовые пробы размер и метод обработки пробы; результаты металлургических испытаний; объемный вес, характеристика подземных вод, физико-механические свойства горных пород; возможные вредные или загрязняющие вещества.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Других данных разведки, которые можно было бы считать существенными для результатов, раскрытых в отчете, нет.
<i>Дальнейшее изучение</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Характер и состав планируемых работ на будущее (например, опробование по площадному протяжению или на глубину или большой объем законтурного бурения).</i> <i>Графические материалы, ясно указывающие площади возможного протяжения, включая геологическую интерпретацию основных данных и будущие участки бурения, если это не коммерчески значимая информация.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Геологоразведочное и уплотняющее бурение будет продолжаться с целью выявления предполагаемого расширения минерализации по горизонтали и на глубине, а также для повышения степени надежности подсчета минеральных ресурсов.

Раздел 3 Результаты подсчета минеральных ресурсов

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
Целостность базы данных	<ul style="list-style-type: none"> Меры, принятые для обеспечения отсутствия повреждения данных, например, в результате ошибки перезаписи или кодировки, с момента их первоначального сбора и до использования в целях подсчета минеральных ресурсов. Использованные процедуры проверки данных. 	<ul style="list-style-type: none"> Документирование осуществляется на бумаге, после чего переносится в электронную базу данных. Ввод, проверку, хранение и управление базой данных осуществляют сотрудники НГМК. Все данные хранятся в электронной базе данных. Качество данных анализа проб в базах данных контролируется сотрудниками НГМК. Данные буровых скважин экспортируются в файлы CSV для последующего импорта в программное обеспечение Leapfrog для геологического моделирования и интерполяции. Специалистами WAI была проведена контрольная проверка корректности базы данных скважин Мурунтауского кластера, включая следующие виды проверки: <ul style="list-style-type: none"> Проверка совпадения координат устьев скважин с топографическими поверхностями; Проверка корректности координат XYZ устьев всех скважин базы данных; Проверка нахождения координат устьев в ожидаемых пределах; Проверка наличия дублирующихся номеров скважин или разных скважин с одинаковыми координатами устьев; Проверка наличия корректных данных инклинометрии по всем скважинам; Проверка общей согласованности азимута и угла наклона скважин по данным инклинометрии; Проверка наличия интервалов проб или инклинометрии, превышающих суммарную длину скважины; Проверка на предмет отсутствующих проб и их местонахождения; Оценка минимальных и максимальных значений содержания; Оценка минимальной и максимальной длины пробы; Оценка несоответствий в написании или кодировании (опечатки и ошибки с учетом регистра); Проверка полноты ввода данных, наличия отдельных пропущенных записей (координат устья, инклинометрия, литология, содержания), пробелов в интервалах опробования или накладывающихся интервалов.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
<p>Посещение объекта</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Дать комментарии по всем посещениям объекта «компетентным лицом» и результатам этих посещений.</i> • <i>Если объект не посещался, указать, почему.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • По итогам проведенной проверки было выявлено лишь небольшое количество незначительных ошибок, которые не должны оказать существенного влияния на оценку минеральных ресурсов, и специалисты WAI пришли к заключению, что базы данных скважин находятся в хорошем состоянии. • Оценка минеральных ресурсов всех месторождений была выполнена директором по минеральным ресурсам НГМК Любовью Егоровой. Любовь Егорова регулярно посещает все объекты кластера Мурунтау. • Оценка минеральных ресурсов месторождений Мурунтау и Мютенбай была проверена главным геологом по ресурсам WAI Фрэнком Браунингом. Оценки минеральных ресурсов Бесапантау и Балпантау были проверены техническим директором и геологом по ресурсам WAI Аланом Кларком. • Для инспектирования таких аспектов деятельности предприятия, как доступ и инфраструктура, геология, геологоразведка, контроль качества опробования и лабораторно-аналитических работ, минералогия, оценка ресурсов, горные работы, лабораторный анализ, переработка руд, вопросы экологического и социального воздействия объекты Мурунтауского кластера в период с 6 по 9 ноября 2023 года лично посетили следующие специалисты WAI: <ul style="list-style-type: none"> ○ Че Осмонд, BSc, MSc (MCSM), FGS, EurGeol, CGeol., технический директор по геологии, геология, ресурсы, общий обзор Проекта, финансовая часть; ○ Руслан Эржанов, MSc, FGS, CGeol, ПОНЕН РК. Генеральный директор Казахстанского офиса WAI, руководитель проекта по геологической части; ○ Фрэнк Браунинг, MSc, MSc (MCSM), PGCert, MAIG, FGS, CGeol, ведущий геолог по ресурсам, моделирование и оценка ресурсов; ○ Стюарт Ричардсон, BEng, MSc, CEng, MIMMM, QMR; технический директор по горной части, проектирование рудника, оптимизация контура карьера и календарное планирование горных работ; ○ Джим Тёрнер, ACSM, MCSM, BSc (Hons), MSc, CEng, MIMMM; технический директор по переработке руды, переработка руд; ○ Ольга Пичкурова, BA, MSc, специалист по экологическим и социальным вопросам, анализ по экологической части.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<ul style="list-style-type: none"> • В ходе посещения были выполнены следующие задачи: <ul style="list-style-type: none"> ○ Определение объема геологоразведочных работ, выполненных на сегодняшний день; ○ Ознакомление с процедурами документирования бурового керна, отбора проб, пробоподготовки, лабораторно-аналитических работ и процедур контроля их качества; ○ Осмотр помещений, выделенных для документирования, опробования и хранения керна; ○ Осмотр отобранного керна всех месторождений Мурунтауского кластера для подтверждения характера минерализации и геологического описания; ○ Ознакомление с геологией и горными работами на карьерах Мурунтау и Балпантау.
Геологическая интерпретация	<ul style="list-style-type: none"> • Уверенность (или наоборот, неуверенность) в геологической интерпретации месторождения полезных ископаемых. • Характер использованных данных и всех принятых допущений. • Результат, если применимо, альтернативных интерпретаций подсчета запасов. • Использование геологических особенностей для направления и контроля подсчета запасов. • Факторы, влияющие на целостность как содержаний, так и геологической характеристики. 	<ul style="list-style-type: none"> • Месторождения Мурунтау и Мютенбай имеют рассеянный тип оруденения, контролируемый сложными рудными жильными массивами и штокверками. Минерализация развита, как правило, субпараллельно напластованию в складчатых и нарушенных разломами вмещающих толщах, что приводит к образованию рудных зон различного масштаба со складчатой структурой и с крупными нарушениями, связанными с разломами. • Заказчиком были построены каркасные модели рудных доменов путем композитирования проб с содержанием выше установленных бортовых содержаний (0.3г/т, 0.5г/т, 1г/т) методом имплицитного (условного) моделирования (Leapfrog Intrusions) с построением оболочек вокруг композитов. Структурные тренды строились и применялись к оболочкам таким образом, чтобы пространственное положение и непрерывность доменов отражало интерпретируемую ориентацию и непрерывность оруденения. • Сравнение каркасных моделей, используемых при оценке минеральных ресурсов, с блочной моделью контроля содержания показывает хорошую пространственную корреляцию, что указывает на то, что построенные рудные домены объективно воспроизводят контур минерализации Мурунтау при принятых бортовых содержаниях. • По интерпретации месторождение Бесапантау представляет собой серию наложенных субпараллельных рудных пластов и линз. Зоны минерализации на Бесапантау, как правило,

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<p>более разрозненны, имеют меньшую мощность и более низкую сплошность, чем на м-ях Мурунтау и Мютенбай</p> <ul style="list-style-type: none"> Месторождение Балпантау схоже с Бесапантау в том, что локальная морфология месторождения характеризуется разрозненными субпараллельными полуплоскостными рудными зонами. Одно из существенных отличий заключается в том, что ориентация рудных тел на Балпантау не выдержана, при этом доминирующее простирание и падение ориентировано по контуру центрального вулканического купола, а оруденение развито вдоль контакта между вулканическими породами и перекрывающими метаотложениями. При каркасном моделировании Бесапантау был принят в целом такой же подход, как и для месторождений Мурунтау и Мютенбай, при этом параметры адаптированы к геологическим условиям Бесапантау путем уменьшения минимальной длины композита и максимальной мощности породного включения, применением четкого структурного тренда и удалением каркаса по борту 1г/т ввиду чрезмерной раздробленности рудных зон при оконтуривании по более высоким бортовым содержаниям. В настоящее время отсутствует эксплоразведочная модель Бесапантау для проверки домена минерализации. В настоящее время доступна ограниченная эксплоразведочная модель Балпантау для высоких содержаний, которая подтверждает некоторые основные ориентации и минерализованные зоны в модели ресурсов, однако блоки выше бортового уровня, как правило, более обширны в эксплоразведочных моделях.
<i>Размеры</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Протяженность и изменчивость минеральных ресурсов выражена длиной (по простиранию или иным образом), шириной в плане и глубиной от поверхности до верхней и нижней границ минеральных ресурсов.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Месторождение Мурунтау в плане имеет размеры 2,5x1,2 км. В настоящее время зона бурения протягивается на глубину до 1000 м. Мютенбай 1,5км на 1,3км в плане. Геологоразведочное бурение протягивается на глубину до 1200м под поверхность, самые глубокие геологоразведочные скважины пересекают минерализацию на глубине 1950 метров. Месторождение Бесапантау в плане имеет размеры 2,5x1,1 км. Месторождение разведано до глубины 600 м от поверхности. Месторождение Балпантау в плане имеет размеры 1,5x1,2 км. В настоящее время зона бурения протягивается на глубину 250 метров от поверхности.
<i>Методы подсчета и моделирования</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Характер и пригодность использованных методов подсчета и основных допущений, включая выделение ураганных содержаний,</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Импорт и подготовка базы данных, каркасное моделирование, статистический анализ, композитирование, вариографический анализ, блочное моделирование и оценка содержаний были выполнены Заказчиком преимущественно с использованием

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>организацию доменов, параметры интерполяции и максимальное расстояние экстраполяции от точек сбора данных. Если был выбран компьютерный метод оценки, опишите использованные программу и параметры</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Наличие результатов контрольного подсчета, предыдущих подсчетов и/или производственных данных предприятия, а также, учитываются ли эти данные в подсчете запасов надлежащим образом.</i> • <i>Принятые допущения по выходу сопутствующих продуктов.</i> • <i>Оценка вредных элементов или других неметаллургических переменных, представляющих экономическую значимость (например, сера для характеристики кислотных шахтных вод).</i> • <i>Для интерполяции блоковой модели – размер блока по отношению к средней плотности опробования и применяемому радиусу поиска.</i> • <i>Допущения помимо моделирования селективных выемочных единиц.</i> • <i>Допущения относительно корреляции переменных.</i> • <i>Описание того, каким образом использовалась геологическая интерпретация для контроля оценки.</i> • <i>Описание, на чем основывается урезания или неурезания ураганных проб.</i> • <i>Использованный процесс подтверждения и</i> 	<p>программного обеспечения «Leapfrog Geo» и «Leapfrog Edge».</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выполненные Заказчиком подсчеты минеральных ресурсов были проверены специалистами WAI с использованием программного обеспечения «Leapfrog Geo», «Leapfrog Edge», «Snowden Supervisor» и «Datamine Studio RM». После этого на проверенных блочных моделях инженерами WAI была проведена оптимизацию карьеров с помощью программного обеспечения «Datamine Studio OP» и «NPV Scheduler». • 2х метровые композиты были выбраны для всех месторождений. • Перед вариографией и интерполяцией содержаний были выделены ураганные содержания и выполнена их урезка путем построения гистограммы, дезинтеграционного и статистического анализа композитов. • Урезка с учетом расстояния, при которой значения композитов, расположенные за пределами указанного расстояния и превышающие пороговое значение, сокращаются до этого порогового значения, что позволяет ограничить искажающую экстраполяцию содержаний, сохраняя при этом локальную точность. • Блочные модели рудных зон были построены в «Leapfrog Edge» путем вписывания в каркасные модели, чтобы границы доменов блочных моделей определялись границами рудных каркасов. Верхняя граница каждой блочной модели определялась топографической поверхностью. Для блочной модели Мурунтау-Мютенбай была принята элементарная ячейка размером 30 x 30 x 15 м, для Бесапантау и Балпантау принятый размер элементарной ячейки составил 20 x 20 x 5 м. Для более полного заполнения каркаса домена на границах доменов допускалась разбивка на субблоки. Поворот модели не применялся. • Интерполяция содержаний золота в блоки производилась отдельно в каждом домене. Границы доменов были приняты в качестве жестких границ, поэтому композиты из соседнего домена не могли оказывать влияния при интерполяции другого домена. Интерполяция для всех месторождений производилась методом ординарного кригинга («ОК»). • Интерполяция содержаний производилась по трехпрогонной схеме, которая предусматривает последовательное увеличение радиуса поиска при втором и третьем прогонах, что позволяет охватить интерполяцией блоки, не охваченные на предыдущем прогоне. Радиусы поиска принимались на основе данных вариографии и плотности сети данных. Для согласования общей ориентации поиска с локальной ориентацией домена применялась динамическая анизотропия. Ориентация динамического эллипсоида

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий																											
	<p>проверки, сравнение данных моделей с данными скважин, использование результатов сопоставления при их наличии.</p>	<p>определялась теми же структурными трендами, которые использовались при построении каркасов доменов.</p> <ul style="list-style-type: none"> • На м. Мурунтау и Мютенбай в качестве минимального количества скважин для первого прогона было задано две скважины. При последующих прогонах минимальные требования к количеству проб и скважин были снижены. • Контрольная проверка модели производилась путем визуального сравнения содержаний исходных композитов и интерполированных содержаний в блочных моделях, статистического сравнения усредненных содержаний и графическим методом «полос». В глобальном масштабе в блочных моделях не было обнаружено никаких признаков значительного завышения или занижения содержаний, а также не было выявлено каких-либо очевидных проблем с интерполяцией. 																											
<p>Влажность</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Определение тоннажа по сухому весу или естественной влажности. Метод определения влажности. 	<ul style="list-style-type: none"> • Тоннаж минеральных ресурсов определялся по сухому весу. 																											
<p>Бортовые (подсчетные) параметры</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обоснование принятого бортового содержания или примененные качественные параметры. 	<ul style="list-style-type: none"> • Для формирования результатов подсчета минеральных ресурсов в оптимизированных оболочках карьеров Заказчиком было принято бортовое содержание 0,3 г/т. • Расчетные бортовые содержания, соответствующие точке безубыточности, составили от 0,21 до 0,31 г/т. 																											
<p>Горные факторы или допущения</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Допущения в отношении возможных методов отработки, минимальных размеров выемочных единиц и внутреннего (или, если применимо, внешнего) разубоживания. В процессе определения разумных перспектив полной экономически целесообразной выемки всегда необходимо учитывать потенциальные системы отработки, но допущения относительно систем и параметров отработки при оценке минеральных ресурсов не всегда могут быть строгими. Если это так, необходимо разъяснить основания для принятия допущений. 	<ul style="list-style-type: none"> • WAI ограничил минеральные ресурсы оптимизированными оболочками карьеров на основе параметров НГМК: <table border="1" data-bbox="994 986 2074 1321"> <thead> <tr> <th colspan="6">Вводные параметры оптимизации карьера (\$ США)</th> </tr> <tr> <th colspan="2" rowspan="2">Наименование параметра</th> <th colspan="3">Значения</th> <th rowspan="2">Примечания</th> </tr> <tr> <th>Мурунтау Мютенбай</th> <th>Бесапантау</th> <th>Балпантау</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Цена на золото</td> <td>\$1950/унция</td> <td>\$1950/унция</td> <td>\$1950/унция</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Добыча</td> <td>Разубоживание и потери руды</td> <td>Минимальная выемочная единица 30x30x15м</td> <td>Минимальная выемочная единица 12x12x5м</td> <td>Минимальная выемочная единица 12x12x5м</td> <td>Регуляризация на минимальную выемочную единицу</td> </tr> </tbody> </table>	Вводные параметры оптимизации карьера (\$ США)						Наименование параметра		Значения			Примечания	Мурунтау Мютенбай	Бесапантау	Балпантау	Цена на золото		\$1950/унция	\$1950/унция	\$1950/унция		Добыча	Разубоживание и потери руды	Минимальная выемочная единица 30x30x15м	Минимальная выемочная единица 12x12x5м	Минимальная выемочная единица 12x12x5м	Регуляризация на минимальную выемочную единицу
Вводные параметры оптимизации карьера (\$ США)																													
Наименование параметра		Значения			Примечания																								
		Мурунтау Мютенбай	Бесапантау	Балпантау																									
Цена на золото		\$1950/унция	\$1950/унция	\$1950/унция																									
Добыча	Разубоживание и потери руды	Минимальная выемочная единица 30x30x15м	Минимальная выемочная единица 12x12x5м	Минимальная выемочная единица 12x12x5м	Регуляризация на минимальную выемочную единицу																								

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий				
		Генеральный угол откоса борта	Различные	42°	41°	Согласно отчету SRK 2019г.
		<i>Добыча</i>				
		Производительность	50 000 тыс. т в год	5 000 тыс. т в год	5000 тыс. т в год	
		Добыча	\$1.08/т	\$1.08/т	\$1.08/т	
		Откатка самосвалами	\$0.325/т	\$0.148/(т*км)	\$0.148/(т*км)	Предположительно 10 км для Балпантау и Бесапантау
		Перегрузка	\$0,984/т			Перегрузка MCAF 0,7
		Удорожание при верт. понижении горных работ	\$0.061/15м	\$0.009/5м	\$0.009/5м	
		Затраты Итого по добыче	\$1.08/т	\$1.08/т	\$1.08/т	Без учета удорожания при верт. понижении горных работ
		<i>Переработка руды</i>				
		Затраты на измельчение	\$8.710/т (руды)	\$8.710/т (руды)	\$8.710/т (руды)	
		Расходы CPD		\$0.125/т (руды)	\$0.125/т (руды)	
		Транспортировка ж/д		\$0.709/т (руды)	\$0.709/т (руды)	
		Общая себестоимость переработки	\$8.710/т (руды)	\$9.543/т (руды)	\$9.543/т (руды)	
		<i>Реализация</i>				
		Роялти	\$5.399/г	\$5.425/г	\$5.425/г	Ставка роялти 10%
		Затраты периода	0.676/г	\$0.676/г	\$0.676/г	

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий																						
		<table border="1" data-bbox="994 272 2074 448"> <tr> <td></td> <td>Итого по реализации</td> <td>\$6.070/г</td> <td>\$6.101/г</td> <td>\$6.101/г</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Извлечение</td> <td>Обогащение</td> <td>87.9%</td> <td>88.4%</td> <td>88.4%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Аффинаж</td> <td>99.0%</td> <td>99.0%</td> <td>99.0%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Сквозное</td> <td>87.1%</td> <td>87.5%</td> <td>87.5%</td> <td></td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> При построении оптимизированных оболочек карьера за счет регуляризации блочной модели были учтены разубоживание и потери при добыче, однако тоннаж и содержание ресурсов в оболочке карьера приводятся в недрах на основе исходной блочной модели. 		Итого по реализации	\$6.070/г	\$6.101/г	\$6.101/г		Извлечение	Обогащение	87.9%	88.4%	88.4%		Аффинаж	99.0%	99.0%	99.0%		Сквозное	87.1%	87.5%	87.5%	
	Итого по реализации	\$6.070/г	\$6.101/г	\$6.101/г																				
Извлечение	Обогащение	87.9%	88.4%	88.4%																				
	Аффинаж	99.0%	99.0%	99.0%																				
	Сквозное	87.1%	87.5%	87.5%																				
<p>Металлургические факторы или допущения</p>	<ul style="list-style-type: none"> Обоснование допущений или прогнозов в отношении обогатимости. В процессе определения разумных перспектив полной экономически целесообразной выемки всегда необходимо учитывать потенциальные методы переработки, но допущения относительно технологий и параметров переработки при оценке минеральных ресурсов не всегда могут быть строгими. Если это так, необходимо разъяснить основания для принятых допущений. 	<ul style="list-style-type: none"> Для Мурунтау и Мютенбая извлечение принято за 87,1% по историческим показателям завода ГМЗ-2. Извлечение 87,5% для Бесапантау и Балпантау было обусловлено имеющимися испытательными работами. 																						
<p>Экологические факторы или допущения</p>	<ul style="list-style-type: none"> Допущения относительно возможных вариантов вскрышных пород и отходов переработки. В процессе определения разумных перспектив экономически выгодной отработки всегда необходимо учитывать потенциальные воздействия горных работ и переработки на окружающую среду. Несмотря на то, что на данном этапе потенциальное воздействия на окружающую среду, особенно для проектов, разрабатываемых 	<ul style="list-style-type: none"> WAI не известно о каких-либо проблемах с хранением отходов, окружающей средой или разрешениями, которые препятствуют составлению отчета об оценке минеральных ресурсов. 																						

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<i>с нуля, не всегда детально определено, заблаговременный учет таких потенциальных воздействий необходимо включить в отчет. Если эти аспекты не были учтены, об этом следует сообщить с объяснением сделанных допущений.</i>	

<p><i>Объемный вес</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Принятый или измеренный. Если принятый обоснование допущений. Если измеренный - использованный метод, влажный или сухой, периодичность определений, характер, размер и представительность проб. Объемный вес сыпучего материала должен измеряться методами, которые надлежащим образом учитывают пустое пространство (пустоты, пористость и т.д.), влагу и разницу между зонами пород и зонами изменений на месторождении. Представить допущения для расчета объемного веса, которые использовались в процессе оценки разных материалов. 	<ul style="list-style-type: none"> Имеющиеся данные объемного веса месторождений Мурунтауского кластера ограничены. Для Бесапантау и Балпантау были предоставлены данные измерения керна и бороздовых проб. Специалисты WAI сравнили сводную статистику этих данных со значениями объемного веса, принятыми в блочной модели каждого месторождения. Был сделан вывод, что принятые в блочной модели значения объемного веса являются консервативными, но целесообразными, учитывая ограниченный объем исходных данных. <table border="1" data-bbox="996 462 2072 909"> <thead> <tr> <th colspan="8">Сравнение данных измерений объемного веса со значениями, принятыми в блочной модели</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Месторожд.</th> <th colspan="5">Усредненные значения измерений объемного веса</th> <th colspan="2">Принято в блочной модели</th> </tr> <tr> <th>Кол-во</th> <th>Среднее</th> <th>Медиана</th> <th>Минимум</th> <th>Максимум</th> <th>Тип руд</th> <th>Объемный вес руд в сухом состоянии (г/см3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Мурунтау</td> <td colspan="5">Данные не предоставлены</td> <td>Все</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>Мютенбай</td> <td colspan="5">Данные не предоставлены</td> <td>Все</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Бесапантау</td> <td rowspan="2">327</td> <td rowspan="2">2,72</td> <td rowspan="2">2,71</td> <td rowspan="2">2,59</td> <td rowspan="2">2,88</td> <td>Окисленные</td> <td>2.6</td> </tr> <tr> <td>Первичные</td> <td>2,69</td> </tr> <tr> <td>Балпантау</td> <td>254</td> <td>2,79</td> <td>2,79</td> <td>2,66</td> <td>2,98</td> <td>Все</td> <td>2.6</td> </tr> </tbody> </table>	Сравнение данных измерений объемного веса со значениями, принятыми в блочной модели								Месторожд.	Усредненные значения измерений объемного веса					Принято в блочной модели		Кол-во	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Тип руд	Объемный вес руд в сухом состоянии (г/см3)	Мурунтау	Данные не предоставлены					Все	2.6	Мютенбай	Данные не предоставлены					Все	2.6	Бесапантау	327	2,72	2,71	2,59	2,88	Окисленные	2.6	Первичные	2,69	Балпантау	254	2,79	2,79	2,66	2,98	Все	2.6
Сравнение данных измерений объемного веса со значениями, принятыми в блочной модели																																																											
Месторожд.	Усредненные значения измерений объемного веса					Принято в блочной модели																																																					
	Кол-во	Среднее	Медиана	Минимум	Максимум	Тип руд	Объемный вес руд в сухом состоянии (г/см3)																																																				
Мурунтау	Данные не предоставлены					Все	2.6																																																				
Мютенбай	Данные не предоставлены					Все	2.6																																																				
Бесапантау	327	2,72	2,71	2,59	2,88	Окисленные	2.6																																																				
						Первичные	2,69																																																				
Балпантау	254	2,79	2,79	2,66	2,98	Все	2.6																																																				
<p><i>Классификация ресурсов</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Обоснование классификации минеральных ресурсов по разным достоверным категориям. Учитывались ли все факторы, влияющие на классификацию надлежащим образом (например, относительная достоверность оценки количества материала/содержания полезного компонента, надежность данных ввода, уверенность в непрерывности геологических условий и содержания металла, качестве, количестве и распределении данных). Отражает ли результат примерное видение 	<ul style="list-style-type: none"> Классификация была присвоена ресурсам в блочных моделях исходя из совокупности критериев - плотности разведочной сети, номера прогона интерполяции и объема каркаса: <table border="1" data-bbox="1052 1053 2027 1316"> <thead> <tr> <th colspan="4">Критерии классификации ресурсов месторождений Мурунтауского кластера</th> </tr> <tr> <th>Месторождения</th> <th>Измеренные</th> <th>Выявленные</th> <th>Предполагаемые</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Мурунтау</td> <td>Ресурсы данной категории отсутствуют</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤100 на 100 м; Блоки, интерполированные при первом прогоне. </td> <td>Проинтерполированные блоки, не соответствующие критериям «выявленных»</td> </tr> </tbody> </table>	Критерии классификации ресурсов месторождений Мурунтауского кластера				Месторождения	Измеренные	Выявленные	Предполагаемые	Мурунтау	Ресурсы данной категории отсутствуют	<ul style="list-style-type: none"> Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤100 на 100 м; Блоки, интерполированные при первом прогоне. 	Проинтерполированные блоки, не соответствующие критериям «выявленных»																																													
Критерии классификации ресурсов месторождений Мурунтауского кластера																																																											
Месторождения	Измеренные	Выявленные	Предполагаемые																																																								
Мурунтау	Ресурсы данной категории отсутствуют	<ul style="list-style-type: none"> Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤100 на 100 м; Блоки, интерполированные при первом прогоне. 	Проинтерполированные блоки, не соответствующие критериям «выявленных»																																																								

	<p><i>месторождения «компетентного лица».</i></p>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="1057 231 1238 624">Мютенбай</td> <td data-bbox="1238 231 1384 624"></td> <td data-bbox="1384 231 1760 624"> <ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 80 на 80 м; • Минимальная плотность сети для выявленных ресурсов снижена до ≤ 100x100 м на фланге вниз по падению, где высокая геологическая и качественная выдержанность оруденения; • Блоки, интерполированные при первом прогоне. </td> <td data-bbox="1760 231 2033 624"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1057 624 1238 895">Бесапантау</td> <td data-bbox="1238 624 1384 895"></td> <td data-bbox="1384 624 1760 895"> <ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные при первом прогоне; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. </td> <td data-bbox="1760 624 2033 895"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1057 895 1238 1166">Балпантау</td> <td data-bbox="1238 895 1384 1166"></td> <td data-bbox="1384 895 1760 1166"> <ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные за первый прогон; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. </td> <td data-bbox="1760 895 2033 1166"></td> </tr> </table>	Мютенбай		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 80 на 80 м; • Минимальная плотность сети для выявленных ресурсов снижена до ≤ 100x100 м на фланге вниз по падению, где высокая геологическая и качественная выдержанность оруденения; • Блоки, интерполированные при первом прогоне. 		Бесапантау		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные при первом прогоне; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. 		Балпантау		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные за первый прогон; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. 	
Мютенбай		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 80 на 80 м; • Минимальная плотность сети для выявленных ресурсов снижена до ≤ 100x100 м на фланге вниз по падению, где высокая геологическая и качественная выдержанность оруденения; • Блоки, интерполированные при первом прогоне. 												
Бесапантау		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные при первом прогоне; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. 												
Балпантау		<ul style="list-style-type: none"> • Выдержанные участки с плотностью разведочной сети ≤ 60 на 60 м; • Блоки, интерполированные за первый прогон; • Блоки, не входящие в состав плохо разведанных участков сетки с малым объемом и низкой выдержанностью. 												
<p><i>Аудиты или переоценки</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Результаты всех аудитов и переоценок минеральных ресурсов.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • При проведении аудита специалистами WAI был выявлен ряд замечаний по части качества данных, связанных с аналитической точностью и прецизионностью (воспроизводимостью), недостаточным охватом и объемом контроля качества опробования и лабораторно- 												

		<p>аналитических работ, определением сухого объемного веса и выходом керна/шлама в период работ предшественников. Эти проблемы были частично смягчены за счет усовершенствования применяемых методик и получаемых результатов контроля в последние годы, а также заверочных работ и исключения из базы данных скважин, непригодных для моделирования и оценки ресурсов.</p> <ul style="list-style-type: none"> • На основе результатов аудита минеральных ресурсов, специалисты WAI сделали заключение о том, при принятый подход к классификации учитывает степень надежности данных бурения, геологической интерпретации, геологической непрерывности, плотности сети и пространственной ориентации геологоразведочных выработок, пространственную непрерывность оруденения, метод интерполяции и результаты сверки ресурсной модели с эксплоразведочными данными.
<p>Результаты всех аудитов и переоценок минеральных ресурсов.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • В случае необходимости заявление об уровне относительной точности и достоверности подсчета минеральных ресурсов с использованием метода или процедуры, которые считаются «компетентным лицом» целесообразными. Например, применение статистических или геостатистических процедур для количественного измерения относительной точности ресурсов в пределах заявленной достоверности, или, если такой подход не считается целесообразным, анализ на качественном уровне факторов, которые могли бы влиять на относительную точность и уверенность в оценке ресурсов. • В заявлении должно указываться, относится ли оно к совокупной или местной оценке, и, если местной, указать соответствующее количество материала, которое вовлекается в технико-экономическую оценку. Документация должна содержать принятые допущения и использованные процедуры. 	<ul style="list-style-type: none"> • Сверка геологической модели с данным эксплоразведки и добычи является ключевым инструментом для оценки общей существенности любых остаточных ошибок в исходных данных и интерполяции содержаний, связанных с принятым методом интерполяции и плотностью сети данных. Эталонном, широко используемым в горнодобывающей промышленности для классификации ресурсов и оценки результатов сверки, является «правило 90:15», согласно которому: <ul style="list-style-type: none"> ○ «Измеренные» ресурсы могут иметь отклонение $\pm 15\%$ при доверительном интервале 90% по тоннажу, содержанию и металлу от объема добычи <u>за квартал</u>; ○ «Выявленные» ресурсы могут иметь отклонение $\pm 15\%$ при доверительном интервале 90% по тоннажу, содержанию и металлу от объема добычи <u>за год</u>; ○ «Предполагаемые» ресурсы превышают допустимые критерии для «выявленных» ресурсов. • Заказчиком была произведена сверка ресурсной и эксплоразведочной модели с учетом фактического годового объема добычи на месторождениях Мурунтау и Мютенбай. Отклонение по тоннажу, содержанию и металлу по большей части существенно ниже установленного допустимого предела расхождения $\pm 15\%$. По мнению WAI, при исключительно больших годовых объемах добычи на обоих месторождениях погрешность ресурсной модели находится в допустимых пределах для категории «выявленные». • Месторождения Бесапантау и Балпантау характеризуются более разрозненными рудными зонами и большей пространственной сложностью. С учетом первоначального эксплоразведочного бурения и результатов сверки, а также более плотной сети бурения и

	<ul style="list-style-type: none"> По возможности, эти заявления относительной точности и уверенности в оценках должны сопоставляться с данными добычи. 	<p>более высокой доли новых скважин, степень разведанности этих месторождений представляется достаточной для отнесения ресурсов к категории «выявленные». Однако, присвоенные категории должны пересматриваться по мере развития горных работ и поступления новых эксплоразведочных данных.</p>
--	--	---

Раздел 4: Оценка и отчетность о рудных запасах

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
<p>Подсчет минеральных ресурсов, переводимых в извлекаемые запасы</p>	<ul style="list-style-type: none"> Описание подсчета минеральных ресурсов, используемого в качестве основы для перевода в эксплуатационные запасы. Должно быть четко указано, приводятся ли минеральные ресурсы дополнительно к извлекаемым запасам или включая извлекаемые запасы. 	<ul style="list-style-type: none"> Оценка рудных запасов Мурунтауского кластера основана на подсчете минеральных ресурсов по состоянию на 1 января 2024 года, выполненной НГМК и проверенной WAI. Представленный подсчет минеральных ресурсов включает в себя все рудные (извлекаемые) запасы.
<p>Посещение объектов</p>	<ul style="list-style-type: none"> Комментарии по поводу всех посещений объекта и результатов этих посещений. Если объекты не посещались, указать, по какой причине. 	<ul style="list-style-type: none"> В период с 6 по 9 ноября 2023 года объекты Мурунтауского кластера посетила выездная группа консультантов WAI в следующем составе: <ul style="list-style-type: none"> Че Осмонд, BSc, MSc (MCSM), FGS, EurGeol, CGeol, технический директор по геологии, геология, ресурсы, обзор проекта, финансы; Руслан Эржанов, MSc, FGS, CGeol, ПОНЕН РК. генеральный директор Казахстанского офиса WAI, менеджер проекта, геология; Фрэнк Браунинг, MSci, MSc (MCSM), PGCert, MAIG, FGS, CGeol, ведущий геолог по ресурсам, моделирование и оценка ресурсов; Стюарт Ричардсон, BEng, MSc, CEng, MIMMM, QMR; технический директор по горным работам, проектирование, оптимизация и календарное

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
		<p>планирование горных работ;</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Джим Тёрнер, ACSM, MCSM, BSc (Hons), MSc, CEng, MIMMM; технический директор по обогащению полезных ископаемых, анализ по обогатительной части; ○ Ольга Пичкурова, BA, MSc, специалист по экологическим и социальным вопросам, анализ по экологической части.
<p><i>Проработанность проекта</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Вид и уровень расчетов и проектных работ, на основе которых осуществляется перевод минеральных ресурсов в эксплуатационные запасы. • Согласно Кодексу, перевод минеральных ресурсов в извлекаемые запасы производится только когда проект находится на уровне как минимум предварительного технико-экономического обоснования (PFS). К моменту выполнения подсчета извлекаемых запасов должен быть разработан технически осуществимый и экономически целесообразный план горных работ, выделены и рассмотрены существенные "модифицирующие факторы". 	<ul style="list-style-type: none"> • Мурунтауский кластер представляет собой действующее горнодобывающее предприятие, включающее четыре карьера. • разработаны проекты горных работ, соответствующие уровню PFS, и, по заключению WAI, календарный план горных работ является технически осуществимым. • Проект экономически целесообразен с учетом ожидаемых доходов и затрат.
<p><i>Бортовые параметры</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Обоснование принятых при подсчете бортовых содержаний или кондиционных параметров руд. 	<ul style="list-style-type: none"> • На руднике принято бортовое содержание золота при добыче 0,50 г/т, поэтому для подсчета извлекаемых запасов было принято это значение. • Расчетное бортовое содержание золота, соответствующее точке безубыточности, для руд, отправляемых на переработку, составляет от 0,2 до 0,35 г/т Au.
<p><i>Горно-технические факторы или допущения</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Методика или исходные допущения, используемые согласно пред-ТЭО (PFS) или ТЭО (FS) для перевода минеральных ресурсов в извлекаемые запасы руды (т.е. с использованием переводных коэффициентов, оптимизации, предварительного или детального проектирования). • Выбор, характер и целесообразность выбранных систем(ы) разработки месторождения и прочих 	<ul style="list-style-type: none"> • Оценка рудных запасов была выполнена путем оптимизации с последующей оценкой проектов открытой добычи в сравнении с результатами оптимизации и блочной моделью минеральных ресурсов. • «Предполагаемые» минеральные ресурсы были включены в календарный план добычи в качестве сырья для фабрики для объективного отражения фактической производственной ситуации на руднике, однако ресурсы этой категории не участвовали в финансовом моделировании и рассматривались как пустая порода. • Большинство карьеров, составляющих рудники кластера Мурунтау, в настоящее

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>проектных параметров, таких как вскрыша, схема, вскрытия и т.д.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Принятые геомеханические параметры (например, угла откоса борта, размеров очистных камер и т.д.), принятая система сопутствующей и опережающей эксплоразведки.</i> • <i>Основные допущения и модель минеральных ресурсов, принятые для оптимизации карьера и очистных камер (при необходимости).</i> • <i>Принятые коэффициенты разубоживания.</i> • <i>Принятый коэффициент потерь при добыче (процент извлечения запасов при добыче).</i> • <i>Минимальная выемочная мощность.</i> • <i>Каким образом "предполагаемые" минеральные ресурсы используются в горнотехнических расчетах, насколько чувствительны результаты расчетов к включению в них ресурсов этой категории.</i> • <i>Инфраструктура, необходимая для обеспечения принятых методов разработки.</i> 	<p>время находятся в эксплуатации, поэтому в календарном плане добычи не предусматривает постепенный выход на максимальную мощность, однако план добычи рудника Мурунтау показывает сокращение объемов добычи руды в 2024-2025 годах из-за увеличения объемов вскрыши. Текущая годовая производственная мощность рудника Мурунтау-Мютенбай составляет 47 млн. т, Бесапантау - 3 млн. т и Балпантау - 5 млн. т.</p> <ul style="list-style-type: none"> • В блочной модели разубоживание при добыче было учтено за счет регуляризации модели в соответствии с размером выемочной единицы. • Углы откосов бортов карьера, принятые при проектировании карьеров, были основаны на утвержденных материалах по исследованиям инженерно-геологических условий.
<p><i>Металлургические факторы или допущения</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Предлагаемая технология обогащения и соответствие этой технологии типу минерализации.</i> • <i>Эта технология обогащения хорошо испытанная или новая.</i> • <i>Характер, количество и представительность проведенных технологических испытаний, принятые принципы выделения доменов в пределах месторождения по технологическим свойствам руд, соответствующие показатели извлечения металла из руд.</i> • <i>Все исходные допущения или допуски по вредным</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Обоганительный комплекс НГМК «Мурунтау-Мютенбай» находится в непрерывной эксплуатации с 1969 года. С тех пор было завершено несколько этапов расширения, и в настоящее время все окисленные зоны руды отработаны, поэтому в настоящее время добывается и перерабатывается только неокисленная руда с основного объединенного карьера Мурунтау-Мютенбай. Руда представлена сложными штокверками с содержанием золота около 1,1–1,2 г/т. • Номинальная проектная пропускная способность ГМЗ-2 составляет 50 млн.т в год, который является крупнейшим золотоперерабатывающим заводом в мире по производительности. Технологическая схема основана на цианидном выщелачивании и технологии «смола в пульпе» (RIP) – это было первое в мире коммерческое применение технологии RIP.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий																																			
	<p><i>веществам.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Наличие крупномасштабных или полупромышленных испытаний руд; степень представительности испытанных проб в отношении обрабатываемого месторождения в целом.</i> <i>В случае с полезными ископаемыми, которые регламентируются техническими условиями, основан ли выполненный подсчет извлекаемых запасов на соответствующей минералогии с учетом технических условий?</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ГМЗ-7 (номинальная производительность 15 млн тонн в год), который перерабатывает старые хвосты кучного выщелачивания Ньюмонта по традиционной технологической схеме «уголь в пульпе» (CIP). цех кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ) – специализированное традиционное предприятие по кучному выщелачиванию бедной руды (номинальная производительность 11 млн тонн в год). В составе общего комплекса площадки имеются и другие перерабатывающие и обогатительные объекты, перерабатывающие материалы других предприятий Навоийской группы. The mineralogy of the ore is relatively straightforward and no deleterious elements are found in the ore that makes processing problematic. <table border="1" data-bbox="1189 651 2114 879"> <thead> <tr> <th colspan="6">Извлечения при переработке</th> </tr> <tr> <th rowspan="2">Статьи затрат</th> <th>Мурунтау - Мютенбай</th> <th colspan="2">Бесапантау</th> <th colspan="2">Балпантау</th> </tr> <tr> <th>Сульфидные</th> <th>Сульфидные</th> <th>Окисленные</th> <th>Сульфидные</th> <th>Окисленные</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Извлечение при обогащении</td> <td>87.9%</td> <td>88.4%</td> <td>88.2%</td> <td>88.4%</td> <td>88.6%</td> </tr> <tr> <td>Извлечение при аффинаже</td> <td>99.0%</td> <td>99.0%</td> <td>99.0%</td> <td>99.0%</td> <td>99.0%</td> </tr> <tr> <td>Общее извлечение</td> <td>87.1%</td> <td>87.5%</td> <td>87.3%</td> <td>87.5%</td> <td>87.7%</td> </tr> </tbody> </table>	Извлечения при переработке						Статьи затрат	Мурунтау - Мютенбай	Бесапантау		Балпантау		Сульфидные	Сульфидные	Окисленные	Сульфидные	Окисленные	Извлечение при обогащении	87.9%	88.4%	88.2%	88.4%	88.6%	Извлечение при аффинаже	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	Общее извлечение	87.1%	87.5%	87.3%	87.5%	87.7%
Извлечения при переработке																																					
Статьи затрат	Мурунтау - Мютенбай	Бесапантау		Балпантау																																	
	Сульфидные	Сульфидные	Окисленные	Сульфидные	Окисленные																																
Извлечение при обогащении	87.9%	88.4%	88.2%	88.4%	88.6%																																
Извлечение при аффинаже	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%	99.0%																																
Общее извлечение	87.1%	87.5%	87.3%	87.5%	87.7%																																
<p><i>Экология</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Изученность потенциальных воздействий горнодобывающего и обогатительного производств на окружающую среду. Необходимо представить информацию о составе и свойствах пустых пород, предполагаемых участках для их размещения, статусе рассматриваемых альтернативных проектных решений, и, при необходимости, о статусе разрешений на размещение хвостов обогащения и отвалов.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> В целом, НГМК имеет хорошую экологическую и социальную политику и понимание важности этих аспектов для устойчивого развития. 																																			
<p><i>Инфраструктура</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <i>Наличие соответствующей инфраструктуры: земельных площадей для строительства фабрики, линий электропередач, водоснабжения, транспорта</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Рудники Мурунтауского кластера в настоящее время являются действующими, поэтому имеется вся необходимая инфраструктура, необходимая для переработки и добычи. 																																			

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>(особенно для сыпучих материалов), трудовых ресурсов, хозяйственно-бытовых сооружений; или указать, насколько легко можно обеспечить объекты необходимой инфраструктуры или получить доступ к ним.</i></p>	
<p><i>Затраты</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Методика расчета или обоснование принятых в исследовании значений прогнозируемых капитальных затрат.</i> • <i>Методика расчета эксплуатационных затрат.</i> • <i>Допуск на содержание вредных элементов.</i> • <i>Обоснование принятых цен на основные и сопутствующие металлы или полезные компоненты.</i> • <i>Источник принятого обменного курса валют.</i> • <i>Обоснование расчета транспортных расходов.</i> • <i>Обоснование принятых значений расходов на аффинаж, штрафов за несоответствие продукции техническим условиям, процента оплачиваемого полезного компонента в руде и т.д.</i> • <i>Предусмотренная величина роялти, как государству, так и частным инвесторам.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Капитальные затраты были основаны на эксплуатационных данных, предоставленных оператором рудника. • В этих сметах непредвиденные расходы не предусмотрены. • Эксплуатационные затраты были рассчитаны на основе эксплуатационных данных, предоставленных оператором рудника. • Налоги и роялти применялись соответствующим образом по ставкам, установленным государством.
<p><i>Расчет доходов</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Обоснование принятых исходных параметров для расчета суммы дохода, включая исходное содержание, цена на металл или полезный компонент, обменный курс, стоимость транспортировки и аффинажа, штраф за несоответствие продукции техническим условиям, процент оплачиваемого компонента в руде и т.д.</i> • <i>Обоснование принятых цен на основные и сопутствующие полезные компоненты полезного ископаемого.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • При финансовом анализе и оптимизации рудника была принята цена на золото в размере 1650 \$ США за унцию на всю продолжительность срока существования рудника.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
Оценка рынка	<ul style="list-style-type: none"> Состояние спроса, предложения и запасов конкретного сырьевого товара, тенденции потребления и факторы, которые могут влиять на спрос и предложение в будущем. Анализ по определению потенциальных покупателей и конкурентов, выявление вероятных путей вывода товара на рынок. Прогноз цен и объемов с соответствующим обоснованием. Для нерудных минералов – спецификации покупателей, требования по испытаниям и приемке перед заключением контракта на поставку. 	<ul style="list-style-type: none"> На ситуацию спроса и предложения золота влияет широкий спектр факторов, а потребление меняется в зависимости от экономического развития и обстоятельств. Слитки Доре безопасно отгружаются и на постоянной основе доставляются на аффинажные заводы в соответствии со спросом и рыночными условиями.
Экономические факторы	<ul style="list-style-type: none"> Данные экономического анализа для расчета NPV в исследованиях, источник и достоверность этих экономических данных, включая расчетную инфляцию, ставку дисконтирования и т.д. Диапазон значений NPV и чувствительность к изменениям значимых допущений и данных. 	<ul style="list-style-type: none"> Для определения чистой приведенной стоимости (NPV) при финансовом анализе и в качестве исходных данных для оптимизации контуров карьера была принята ставка дисконтирования 10%. Инфляция цен не учитывалась. NPV10 кластера Мурунтау составило свыше 7 млрд. \$ США
Социальные факторы	<ul style="list-style-type: none"> Статус согласования с ключевыми заинтересованными сторонами и вопросы, ведущие к получению социальной лицензии на ведение планируемой деятельности. 	<ul style="list-style-type: none"> В целом, НГМК имеет хорошую экологическую и социальную политику и понимание важности этих аспектов для устойчивого развития.
Другое	<ul style="list-style-type: none"> Насколько это уместно, влияние следующих факторов на проект и/или на подсчет и классификацию извлекаемых запасов: Любые выявленные существенные естественным образом возникающие риски. Состояние существенных юридически обязывающих соглашений и механизмов сбыта. Статус правительственных соглашений и разрешительной документации, имеющих крайне 	<ul style="list-style-type: none"> неприменимо

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>важное значение для обеспечения жизнедеятельности проекта, таких как статус горного отвода, государственных и юридических разрешений. Должны быть объективные основания ожидать, что необходимая разрешительная документация от государственных органов будет оформлена в срок, предусмотренный на стадиях предварительного ТЭО (PFS) и ТЭО (FS). Выделить и рассмотреть существенность всех нерешенных вопросов, которые зависят от третьей стороны и от которых зависит отработка запасов.</i></p>	
Классификация	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Обоснование распределения извлекаемых запасов по категориям надежности.</i> • <i>Надлежащим ли образом результат отражает мнение Компетентного лица о месторождении.</i> • <i>Доля «вероятных» запасов, подсчитанных на основе минеральных ресурсов категории «измеренные» (если таковые имеются).</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • «Измеренные» минеральные ресурсы переводятся в «доказанные» извлекаемые запасы. • «Выявленные» минеральные ресурсы переводятся в «вероятные» извлекаемые запасы. • «Предполагаемые» минеральные ресурсы для целей оптимизации и оценки рассматриваются как пустая порода. • Проект и оценка извлекаемых запасов объективно отражают точку зрения компетентного лица.
Аудиты и экспертизы	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Результаты проводившихся аудитов и экспертиз подсчета извлекаемых запасов.</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • WAI не располагает информацией о результатах каких-либо проведенных аудитов или экспертиз.
Оценка относительной точности и надежности подсчета	<ul style="list-style-type: none"> • <i>При необходимости привести результаты оценки уровня относительной точности и достоверности подсчета извлекаемых запасов, выполненной подходящим с точки зрения Компетентного лица методом, например, с помощью количественной оценки относительной погрешности подсчета извлекаемых запасов в пределах заявленной достоверности путем статистического или геостатистического анализа, или, при нецелесообразности такого подхода, путем</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Проекты рудников, календарный план добычи и финансовая модель, на которых основана оценка извлекаемых запасов, были выполнены в соответствии со стандартом, эквивалентным PFS, с соответствующим уровнем достоверности. • Все модифицирующие факторы были применены при проектировании блоков открытой добычи в масштабе всего проекта. • Оценка извлекаемых запасов основана на оценке минеральных ресурсов по состоянию на 1 января 2024 года, выполненной НГМК и проверенной WAI. • Минеральные ресурсы приводятся включая все извлекаемые запасы.

Критерий	Пояснение из Кодекса JORC	Комментарий
	<p><i>анализа на качественном уровне факторов, которые могли бы влиять на относительную точность и надежность подсчета извлекаемых запасов.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>Здесь также необходимо указать, относится ли данная оценка надежности ко всему подсчету или к локальным подсчетам. Если к локальным, то необходимо указать количество запасов, вовлеченных в технико-экономическую оценку. Документация должна содержать принятые допущения и методики.</i> <i>Оценка точности и надежности должно включать отдельное рассмотрение всех применяемых модифицирующих факторов, которые могут иметь существенное влияние на экономическую целесообразность отработки запасов или для которых на текущем этапе исследования остаются области неопределенности.</i> <i>Следует учесть, что оценка относительной точности и надежности подсчета не всегда возможна или уместна. Оценка точности должны сопоставляться, по мере возможности, с данными добычи.</i> 	

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

Бортников Н., Прокофьев В., Раздолина Н., 1996. Происхождение золото-кварцевого месторождения Чармитан (Узбекистан), Геология рудных месторождений, Том 38, Стр. 208-226.

Бурштейн Э., 1998. Нефтяной, газовый и металлургический потенциал бассейнов Ферганы, Сырдарьи и Амударьи в Средней Азии, неопуб. отчет для BHP Minerals, МГУ.

Climate-Data.org. 2023 г. Доступно по адресу: <https://en.climate-data.org/>. (Доступ: 1 сентября 2023 г.).

Коул А. и Зельтманн Р., 2000. Роль гранитоидов при варисканской орогенной золоторудной минерализации в Тянь-Шаньском и Уральском горных поясах Центральной Евразии, Doc Du BRGM, Том 297, 110-111.

де Бурдер Х., Зельтманн Р. и Зейлманс ван Эммиховен М., 2010. Сингулярность Мурунтау. *Гигантские рудные залежи под землей*.

Дрю Л., Бергер Б. и Курбанов Н., 1996. Геология и структурная эволюция золоторудного месторождения Мурунтау, пустыня Кызылкум, Узбекистан, Обзоры геологии руд, том 11, стр. 175-196.

Ежков Ю.Б., Рахимов Р.Р., 2012. Рудно-магматические системы золоторудных районов Узбекистана: критерии прогноза и поиска крупных месторождений как основа расширения их перспектив. Геология и минеральные ресурсы, Том 4, стр. 23-35.

Граупнер Т., Нидерманн С., Кемпе У., Клемд Р. и Бектель А., 2006. Происхождение рудных флюидов в золоторудной системе Мурунтау: ограничения, связанные с данными по благородным газам, изотопам углерода и галогенам, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, том 70, выпуск 21, стр. 5356-5370.

Харгривз Р. и Морли К., 2014 г., Согласование горнодобывающей деятельности – обзор точек сбора данных и анализа данных, в книге «Оценка минеральных ресурсов и запасов: Руководство AusIMM по передовой практике».

JORC, 2012. Австралийский кодекс отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и запасах (Кодекс JORC).

Кемпе У., Граупнер Т., Зельтманн Р., де Бурдер Х., Долгополова А. и Зейлманс ван Эммиховен М., 2015. Месторождение золота Мурунтау (Узбекистан) – уникальная древняя гидротермальная система в Южный Тянь-Шань, Геофизические рубежи.

Котов Н.В., Порицкая Л.Г., 1992. Месторождение золота Мурунтау: его геологическое строение, метасоматические минеральные ассоциации и происхождение, Международное геологическое обозрение, том 34, стр. 77 – 87.

Котов Н. и Порицкая Л., 2010. Золоторудное месторождение Мурунтау: его геологическое строение, метасоматические минеральные ассоциации и происхождение, International Geology Review, январь 1992 г., стр. 77-87.

Лоуренс, Дж.Д., Байрон, Р.Б., Намик К.К., 1996. Геология и структурная эволюция золотого месторождения Мурунтау, пустыня Кызылкум, Узбекистан, Обзоры геологии руд, том 11, выпуск 4, стр. 175-196.

Липтон, И.Т. и Хилтон, Дж.А., 2014 г., Измерение объемной плотности для оценки ресурсов – методы, рекомендации и контроль качества, в книге «Оценка минеральных ресурсов и запасов: Руководство AusIMM по передовой практике».

Маракушев А.А., Хохлов В.А., 1992. Петрологическая модель генезиса золоторудного месторождения Мурунтау, Международное геологическое обозрение, том 34, стр. 59 – 76.

Мухин П., Каримов и Савчук. 1991. Палеозойская геодинамика Кызылкума (Средняя Азия).

НГМК 2023. Переоценка запасов руд месторождений Мурунтау, Мютенбай и Бесапантау в соответствии с Кодексом JORC.

Савчук Ю.С., Мухин П.А., Мещерякова Л.В., 1991. Позднепалеозойский гранитоидный магматизм и Кызылкумские рудные образования с точки зрения тектоники плит, Геотектоника, Том 4, С. 70-87. (на русском); Английская версия: 1991, Геотектоника, Том 25, Стр. 326–339.

Саитов С. и Печерский Р., 2022. Минералогические и геохимические особенности добытых золотых объектов Северного Тамдытау (Узбекистан), Международный журнал геологии, наук о Земле и окружающей среде, Том 12, Стр. 235 – 240.

Зельтманн Р. и Портер М., 2005. Cu-Au/Mo-порфировые месторождения Центральной Евразии: 1. Тектонические, геологические и металлогенические условия и значительные месторождения, Суперпорфиновые месторождения меди и золота: глобальная перспектива; Том 2, стр. 467-512.

SRK 2019. Переоценка рудных запасов месторождений Мурунтау, Мютенбай и Бесапантау в соответствии с Кодексом JORC.

СРК 2022. RU00694 – Этап 2. Создание геомеханических моделей и проектирование уступов и берм. Этап 2.1. Создание литолого-структурных и блочных геомеханических моделей.

Ван, Х.-С., Клемд, Р., Гао, Дж., Цзян, Т., Ли, Ж.-Л., и Сюэ, С.-К., 2018. Окончательное формирование центральноазиатского орогенического пояса как ограниченного эволюцией южнотяньшанского орогена: связи с Гондваной и Пангеей, Журнал геофизических исследований: Solid Earth, том 123, стр. 7361 – 7388.

Уайльд А. и Гилберт Д., 2000. Местонахождение гигантского золоторудного месторождения Мурунтау: значение для рудогенеза. Журнал Virtual Explorer.

Уайльд А.Р., Лайер П., Мерна Т. и Фостер Дж. 2001. Гигантское месторождение золота Мурунтау: геологические, геохронологические и ограничения флюидных включений в генезисе руды. Экономическая геология, том 96, стр. 633-644.

Якубчук А., Коул А., Зельтманн Р. и Шатов. В., 2002. Тектоническая обстановка, характеристики и региональные критерии поисков золотого оруденения в Алтаидском орогенном коллаже: Тянь-Шаньская провинция как ключевой пример.

STOKE-ON-TRENT

Sir Henry Doulton House
Forge Lane
Etruria
Stoke-on-Trent
ST1 5BD
Tel: +44 (0)1782 276 700

BIRMINGHAM

Two Devon Way
Longbridge Technology Park
Longbridge
Birmingham
B31 2TS
Tel: +44 (0)121 580 0909

BOLTON

41-50 Futura Park
Aspinall Way
Middlebrook
Bolton
BL6 6SU
Tel: +44 (0)1204 227 227

BRISTOL

Temple Studios
Temple Gate
Redcliffe
Bristol
BS1 6QA
Tel: +44 (0)117 203 4477

BURY ST EDMUNDS

Armstrong House
Lamdin Road
Bury St Edmunds
Suffolk
IP32 6NU
Tel: +44 (0)1284 765 210

CARDIFF

Tudor House
16 Cathedral Road
Cardiff
CF11 9LJ
Tel: +44 (0)292 072 9191

CARLISLE

Marconi Road
Burgh Road Industrial Estate
Carlisle
Cumbria
CA2 7NA
Tel: +44 (0)1228 550 575

EDINBURGH

Great Michael House
14 Links Place
Edinburgh
EH6 7EZ
Tel: +44 (0)131 555 3311

GLASGOW

24 St Vincent Place
Glasgow
G1 2EU
Tel: +44 (0)141 428 4499

LEEDS

36 Park Row
Leeds
LS1 5JL
Tel: +44 (0)113 831 5533

LONDON

Third Floor
46 Chancery Lane
London
WC2A 1JE
Tel: +44 (0)207 242 3243

NEWCASTLE UPON TYNE

City Quadrant
11 Waterloo Square
Newcastle upon Tyne
NE1 4DP
Tel: +44 (0)191 232 0943

TRURO

Baldhu House
Wheal Jane Earth Science Park
Baldhu
Truro
TR3 6EH
Tel: +44 (0)187 256 0738

International office:

ALMATY

29/6 Satpaev Avenue
Hyatt Regency Hotel
Office Tower
Almaty
Kazakhstan
050040
Tel: +7(727) 334 1310