



ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАБОТКИ В СЛОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Корнилков С.В., проф., д.т.н.

Кантемиров В.Д., к.т.н.

Яковлев А.М., к.т.н.

В.Пышма, 2026 г

Информационное обеспечение технологических расчетов при подготовке проектной документации

N раздела	Наименование раздела проекта	Информационная база для разработки раздела
1	Пояснительная записка	Данные ведомственных и государственных информационных систем Роснедра РФ, Роскомтруда РФ, Роскомстата РФ,
2	Геологическое строение шахтного (карьерного) поля	Цифровая модель месторождения, модель гидрогеологических условий, модель промышленных запасов и границ отработки
3	Технические решения. (для открытой разработки)	Цифровая модель месторождения, рельефа и на их основе: модель динамики вскрытия и порядка отработки, календарного планирования развития горных работ.
4	Качество полезного ископаемого	Цифровая модель месторождения, модели погоризонтных сортовых планов, прогнозная модель ожидаемого качества
5	Организация и технические решения при ведении работ в опасных зонах	Цифровые и аналитические модели границ опасных зон
6	Управление производством, предприятием. Организация и условия труда работников	Модель структуры управления и взаимодействия подразделений. Модели рассеивания вредностей, модель зоны санитарной защиты и мест отдыха работающих.
7	Архитектурно-строительные решения	Цифровые модели архитектурных, конструктивных и объемно-планировочных решений
8	Инженерно-техническое обеспечение. Сети и системы	Модель безопасного взаиморасположения инженерных объектов

Информационное обеспечение технологических расчетов при подготовке проектной документации

N раздела	Наименование раздела проекта	Информационная база для разработки раздела
9	Генеральный план и внешний транспорт	Модель взаиморасположения производственных объектов, объединенных с системами инженерной инфраструктуры
10	Организация строительства	Модель месторождения, цифровые модели архитектурных, конструктивных и объемно-планировочных решений, модель строительного генерального плана
11	Охрана недр и окружающей среды	<i>Охрана и рациональное использование недр:</i> Модель земельного отвода и рекультивации земель, модель горного отвода и охранных зон, модели погоризонтных сортовых планов полезного ископаемого. <i>Мероприятия по охране окружающей среды:</i> Модель земельного отвода, модель рельефа и взаиморасположения объектов, модели рассеивания вредностей, модель зоны санитарной защиты и мест отдыха работающих, Расчетная модель развития аварий и ЧС.
12	Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности	Модель рельефа и безопасного взаиморасположения основных и вспомогательных производственных объектов.
13	Инженерно-технические мероприятия ГО и ЧС	Модель рельефа и безопасного взаиморасположения основных и вспомогательных производственных объектов. Расчетная модель развития ЧС
14, 15	Сметная документация. Экономическая оценка эффективности инвестиций	Проектная экономическая модель строительства и развития предприятия

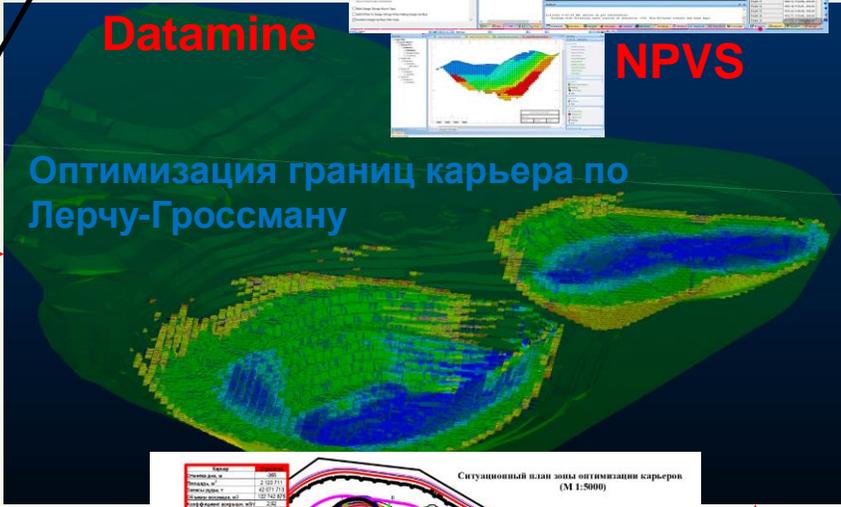
Базовые ГГИС



Deswik



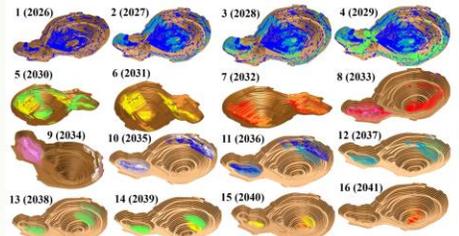
Open Pit studio



Datamine NPVS
Оптимизация границ карьера по Лерчу-Гроссману

Geovia Surpac

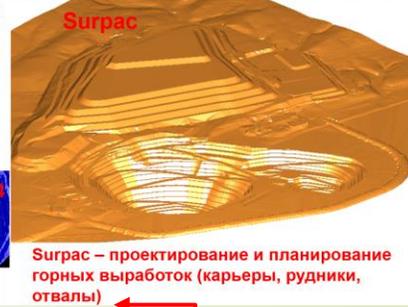
Geovia (Whittle – оптимизация границ карьеров, Minedshed – планировщик, Surpac – проектирование выработок и планирование)



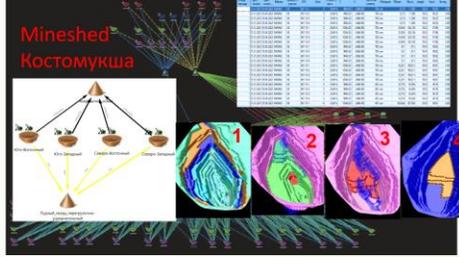
Minedshed – планирование горных работ в пределах предельного контура и прорезок



Surpac



Surpac – проектирование и планирование горных выработок (карьеры, рудники, отвалы)



Minedshed Костомукша

ИНФОРМАЦИОННАЯ БАЗА для операций с пространственными данными

СЕРВИСНЫЕ ПРОГРАММЫ:
- экспорт/импорт;
- управление данными.

- ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ:**
- блочные модели;
 - каркасные модели;
 - модели рельефа и руд. тел
 - базы опробования и т.п.

МОДУЛИ:

Динамические расстояния транспортирования;

```
def calculate_transport_distance(x1, y1, z1, x2, y2, z2):
    total_inclined_length = 0 # Общая длина наклонных участков
    depth = raw[0][1]
    z = raw[2]
    for i in range(1, len(z)):
        depth = 0
        return 0.2 * 150 (размер) * 50 (разгрузка)
        delta_z_100 = abs(z - (-245))
        length_100 = (delta_z_100 * 100) / 100
        total_inclined_length += length_100
        delta_z_80 = abs(z - (-245 - surface_z))
        length_80 = (delta_z_80 * 80) / 80
        total_inclined_length += length_80
        delta_z_50 = abs(z - (-245 - surface_z))
        length_50 = (delta_z_50 * 50) / 50
        total_inclined_length += length_50
        delta_z_30 = abs(z - (-245 - surface_z))
        length_30 = (delta_z_30 * 30) / 30
        total_inclined_length += length_30
        delta_z_10 = abs(z - (-245 - surface_z))
        length_10 = (delta_z_10 * 10) / 10
        total_inclined_length += length_10
    total_length = (total_inclined_length + platforms_length + manovers_length) / 1000
    return round(total_length, 1) # Округление до 1 знака
```

расчетные сервисы и оценки.

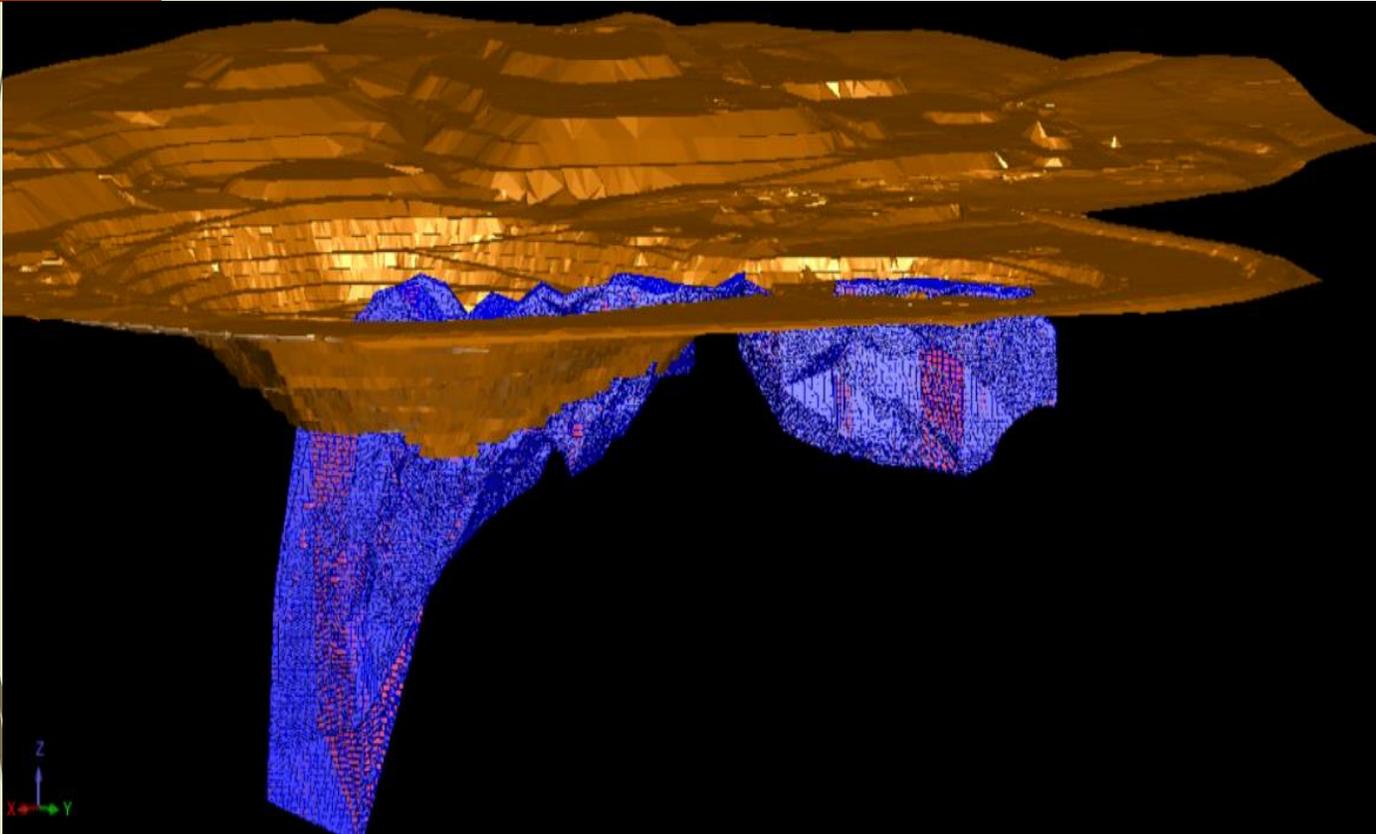
```
headers = ["Период", "Год", "VSK (объем), м³", "SPb (объем), м³", "SPbZn (объем), м³", "GPb (объем), м³", "GPbZn (объем), м³"]
for col, header in enumerate(headers, start=1):
    cell = ws_summary.cell(row=3, column=col, value=header)
    cell.font = Font(bold=True)
    cell.alignment = Alignment(horizontal="center")
```



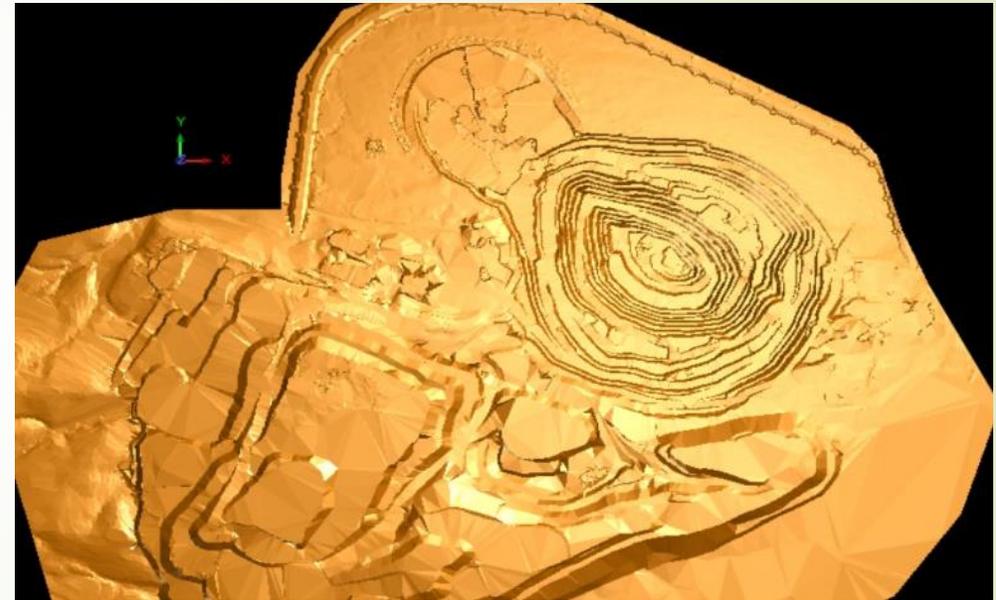
Datamine NPVS
Базовое программное средство оптимизации границ карьера

Оценка вариантов глубины карьера (1 этап – 365м, 2 этап – 435м)

Рудная блочная модель _2025

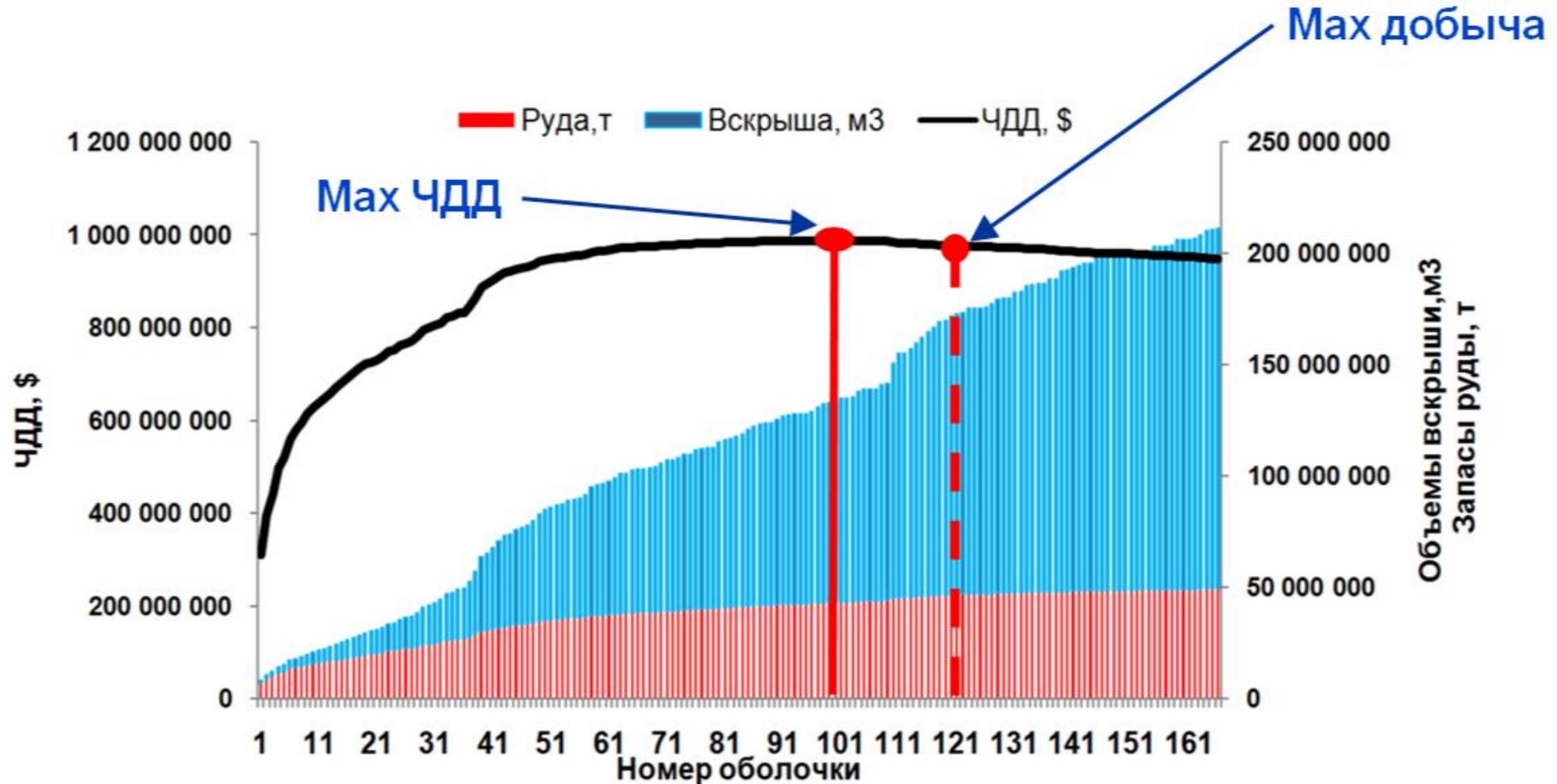


Текущее положение горных работ
на 01.04.2025 г.



Основной критерий оптимизации - чистый дисконтированный доход (ЧДД) с градацией фактора корректировки дохода с шагом 1%;

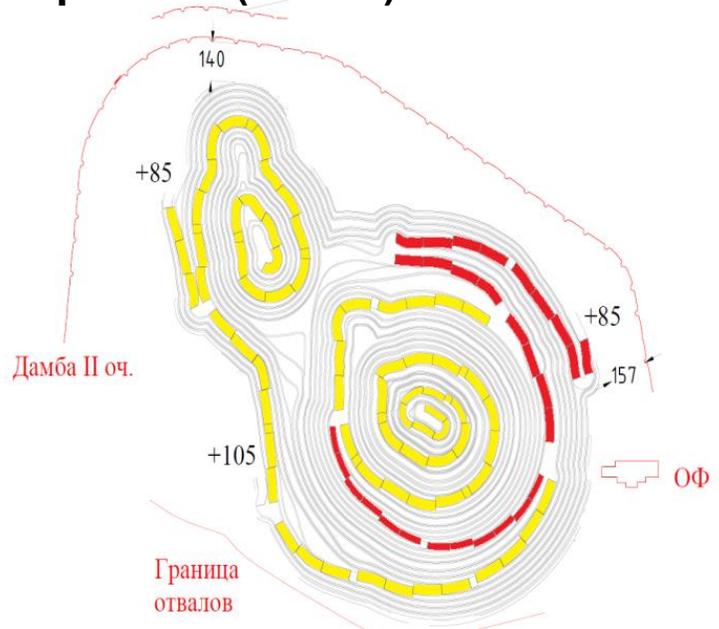
Обоснование границ 1 этапа обработки месторождения (Datamine NPV Scheduler)



База на 01.01.2026



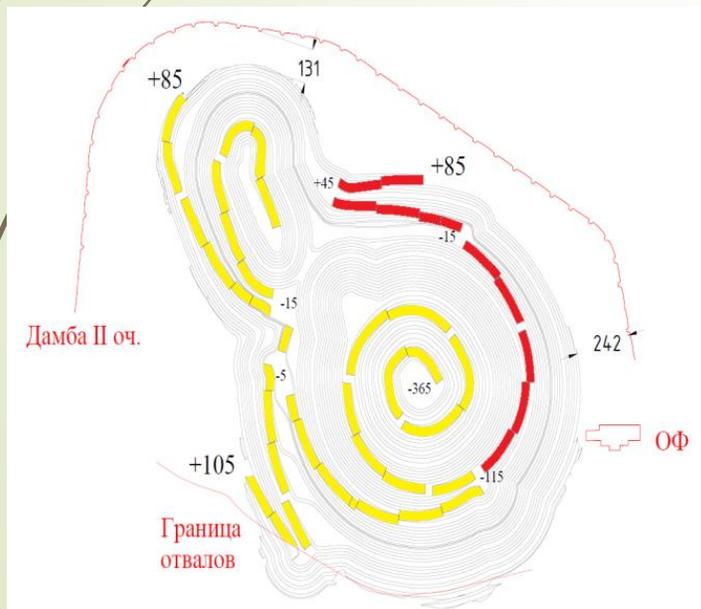
Вариант 1 (1 этап)



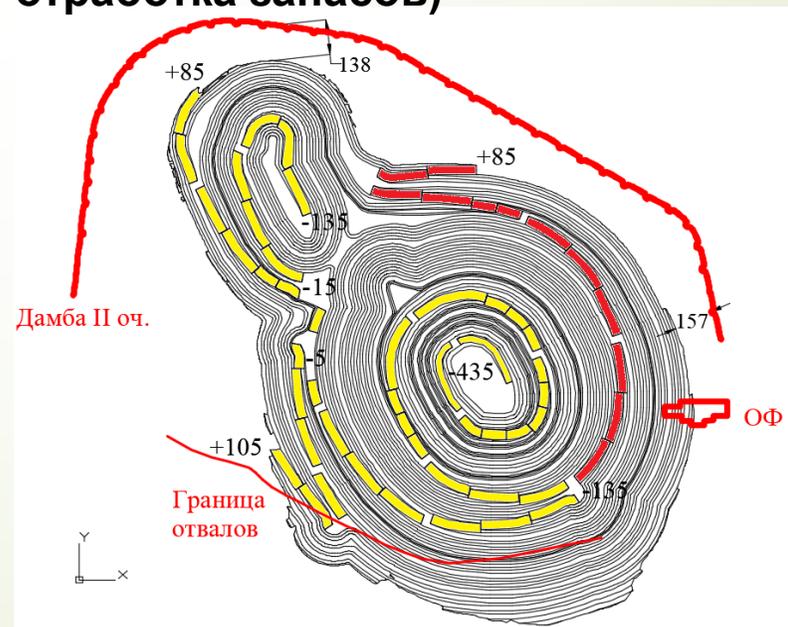
Вариант 2, этап 1



Вариант 3, этап 1



Вариант 4, этап 2 (полная отработка запасов)





Предварительные выводы

- ▶ разработка проектной документации требует использования нескольких видов программных средств и импорта данных из одной программной системы в другую. Импорт-экспорт данных и совершенствование методики расчетов сопровождается разработкой авторских алгоритмов и сервисного программного обеспечения;
- ▶ для согласования задач цифровизации и геоинформационных исследований, а также вопросов создания цифровых двойников бизнес-процессов горных работ рекомендуется выявить общие подходы к обработке данных, увязав во времени периодичность их актуализации.



Цифровой двойник представляет собой цифровую копию физического объекта или производственного процесса для оптимизации бизнес-процессов или повышения их эффективности

Применение цифровых двойников промышленных объектов позволяет:

- выбрать наиболее оптимальные режимы работы;
- поставить виртуальные эксперименты, которые в реальности могут быть сопряжены с риском;
- установить степень износа и вероятность выхода из строя узлов объекта по данным датчиков;
- создать информационные копии сложных объектов;
- создать двойники предприятий со всеми производственными и логистическими процессами.

Основные параметры формируемых цифровых двойников протекания опасных процессов

Параметры формирования цифровых двойников	Наименование бизнес-процесса			
	Прогноз опасных газодинамических явлений развития	Цифровизация управления качеством руд	Цифровизация управления процессами БВР	Цифровизация процессов гидро- геохимического мониторинга
Периодичность получения данных	Онлайн	Часы – недели - месяцы	Часы-недели до нескольких лет	Недели-месяцы — до нескольких лет
Источники данных	Управление и оперирование потоками параметрических данных в координатном пространстве горного массива	Опробование в забоях, на перегрузочных пунктах, в транспортных средствах, при обогащении	Данные бурения, опробование керна, карты качества взорванной горной массы	Высокоточные полевые измерения параметров поверхностных и подземных вод
Конечные датчики	Газоанализаторы, сейсмодатчики	Каротаж скважин, опробование бурового шлама, забойное опробование, контроль готовой продукции и хвостов	Каротаж скважин, опробование бурового шлама, данные энергоемкости бурения	Отбор проб, определение показателей окислительно-восстановительных условий района ведения работ
Модель процесса	Рейтинговая модель прогноза геогазодинамического состояния горного массива в процессах подземной разработки угольных месторождений	Цифровая логистическая модель совокупности запасов и их качества на буровых блоках, в забоях, на складах, на колесах, в бункерах	Модель горной массы в целике, в развале, прогноз распределения крупности, ударной воздушной волны, сейсмического действия, разлета осколков	ГИС оперативного анализа формирования и трансформации химического состава кислых шахтных вод, изменения гидрохимической и гидрологической обстановки
Компенсация колеблемости	Упреждающие технические действия по дегазации пласта. Вывод людей из опасной зоны	Накопительные и усреднительные емкости, интенсивность перемещения отдельных логистических потоков	Корректировочные расчеты ВР, моделирование перемещения горной массы взрывом, прогноз качества разрушения	Гидрогеомиграционное моделирование, оценка балансовых составляющих потоков, расчеты форм миграции загрязняющих компонентов

ВЫВОДЫ

Основное требование к цифровым двойникам - онлайн-режим поступления и пополнения данных, наличие конечных датчиков, обеспечивающих мониторинг, анализ и принятие решений в режиме реального времени — на практике не всегда выполнимо.

- ▶ Компенсация этого недостатка достигается использованием данных геоинформационного моделирования.
- ▶ При введении новых подходов к управлению производством необходимо предусматривать переходные процессы, обеспечивающие поэтапный переход к цифровизации бизнес-процессов.
- ▶ Оценку эффективности большинства технических и технологических мероприятий рекомендуется осуществлять по данным геоинформационного мониторинга и моделирования, а изучение основных факторов, влияющих на протекание бизнес-процессов, осуществлять на базе цифровых двойников

Дистанционный контроль качества взорванной горной массы (ПАО «Ураласбест»). Программное обеспечение использует элементы ИИ





➔ СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ