

ЦЕЛЕВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И Т.Д.



Особенности развития экосистемы ГОК: целевая архитектура под направления цифровых двойников



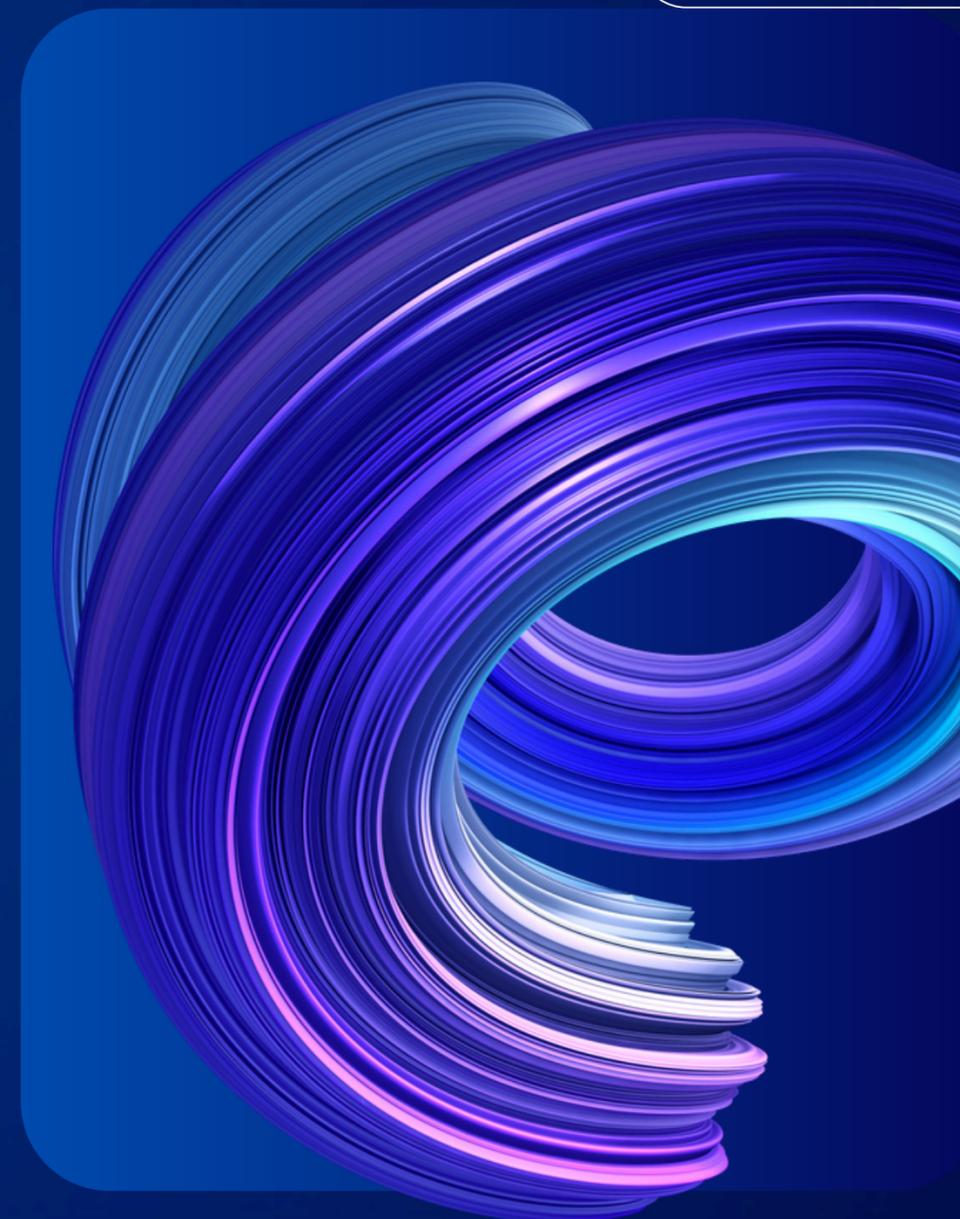
Гонтарь Людмила Олеговна, руководитель проектного офиса по Аэродинамике Правительственной комиссии РФ, руководитель группы по цифровизации, руководитель ЦК ФРЦЭ, эксперт федеральных и региональных групп по экономике данных, приглашенный эксперт Академии Ростех, Атомскилл, старший преподаватель Факультета ИИ РУДН, преподаватель СГЮА, НИУ ВШЭ



Целевой показатель

Обеспечение технологической независимости в области горного дела

- Реальное время — данные поступают непрерывно → модель всегда актуальна
- Двухнаправленная связь (в идеале) — можно не только наблюдать, но и управлять физическим объектом через цифровой двойник
- Предиктивные возможности — прогнозирование отказов, износа, оптимальных режимов (на основе ML/AI)





+M



Внедрение комплексных ИТ-решений для мониторинга и оптимизации добычи, включая системы диспетчеризации и предиктивной аналитики на основе ИИ

ИИ+



Искусственный интеллект (ИИ) и машинное обучение

АСУ ГТК



Цифровая трансформация транспорта

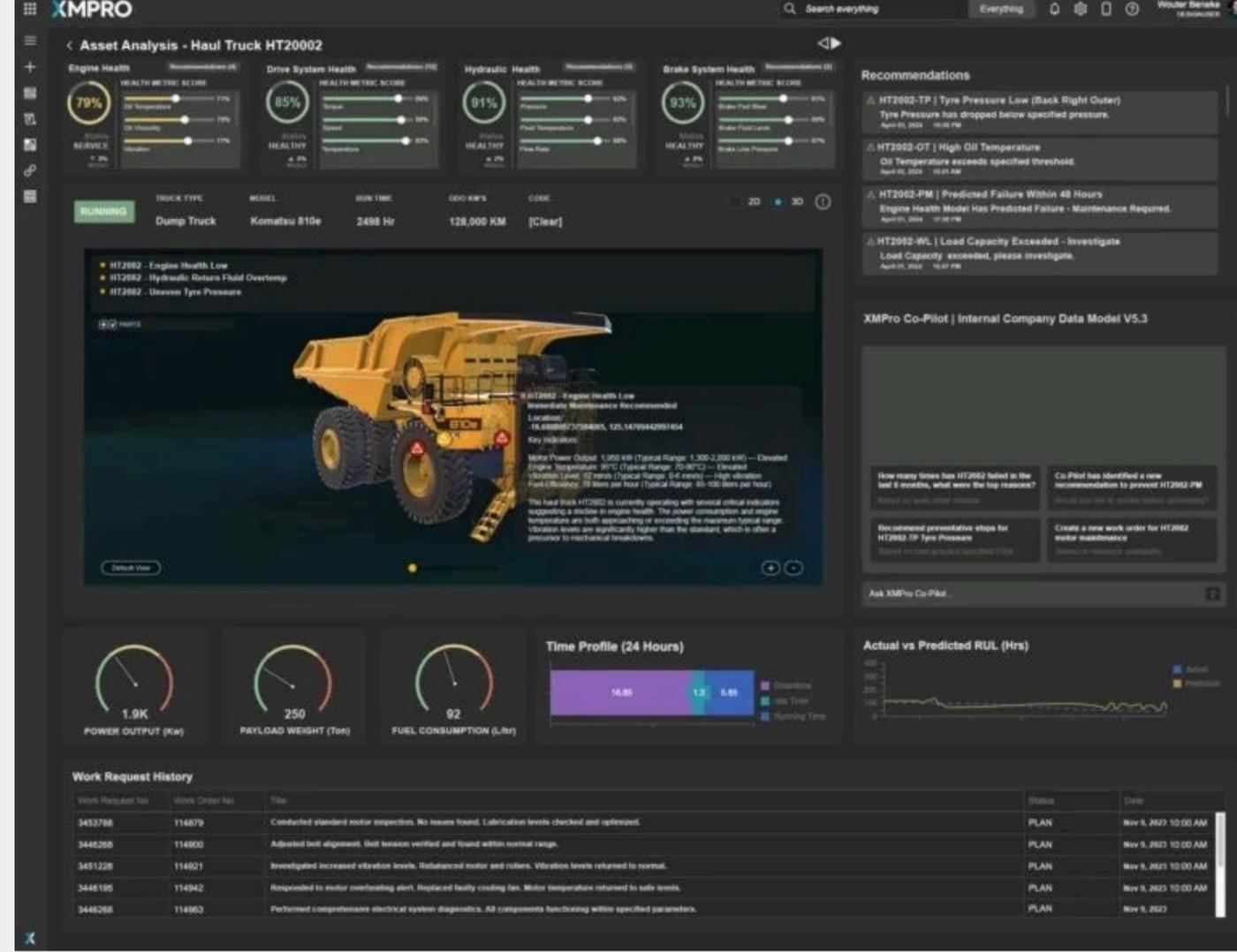
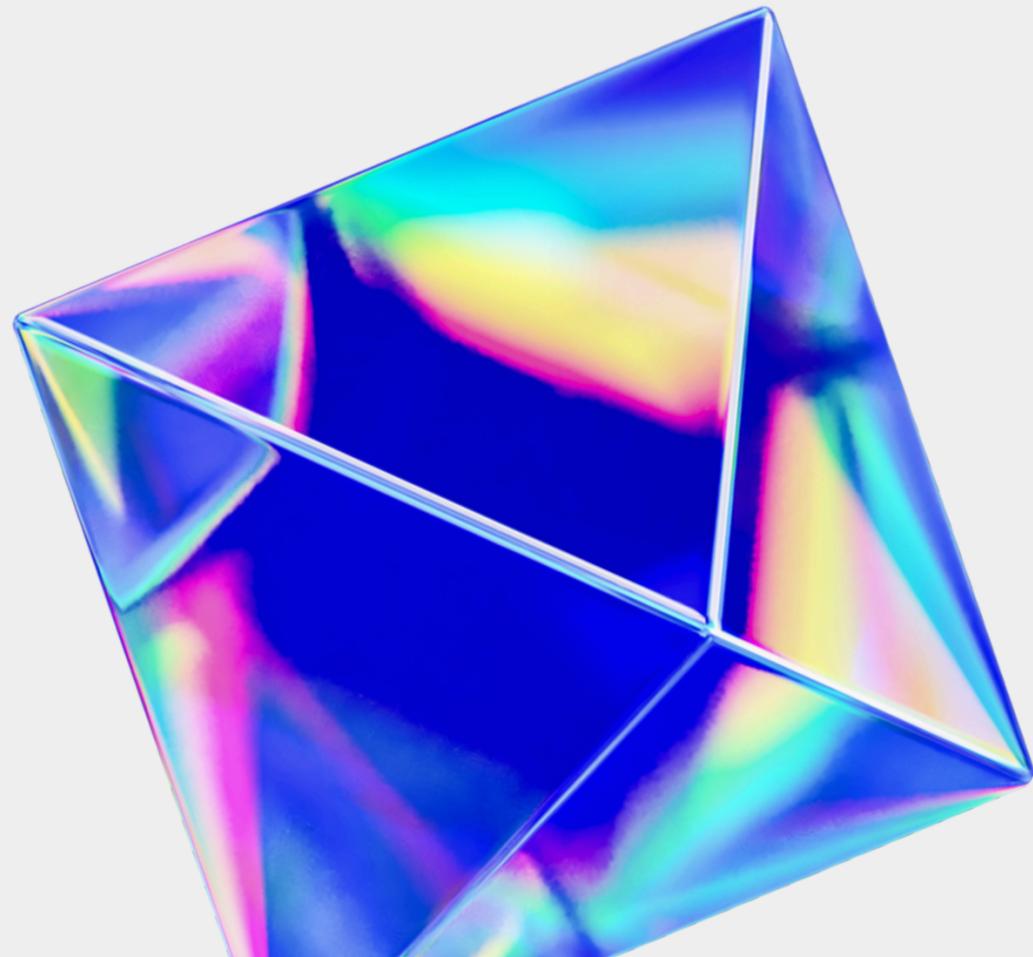
Идеальные дата-центры



Изменяемые исторические данные

ПЛАНИРОВАНИЕ И MINE-TO-MILL

ПРЕДИКТИВНОЕ ТО ОБОРУДОВАНИЯ



Симуляция взрывов, оптимизация дробления/измельчения, прогнозирование гранулометрии-

Мониторинг самосвалов, экскаваторов, буров (вибрация, температура, износ)

ОТДЕЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ

* новые энергетические установки

Бокситы + марганец (кейс-факт)

добыче бокситов/марганца с использованием искусственного интеллекта для переработки в экономике замкнутого цикла

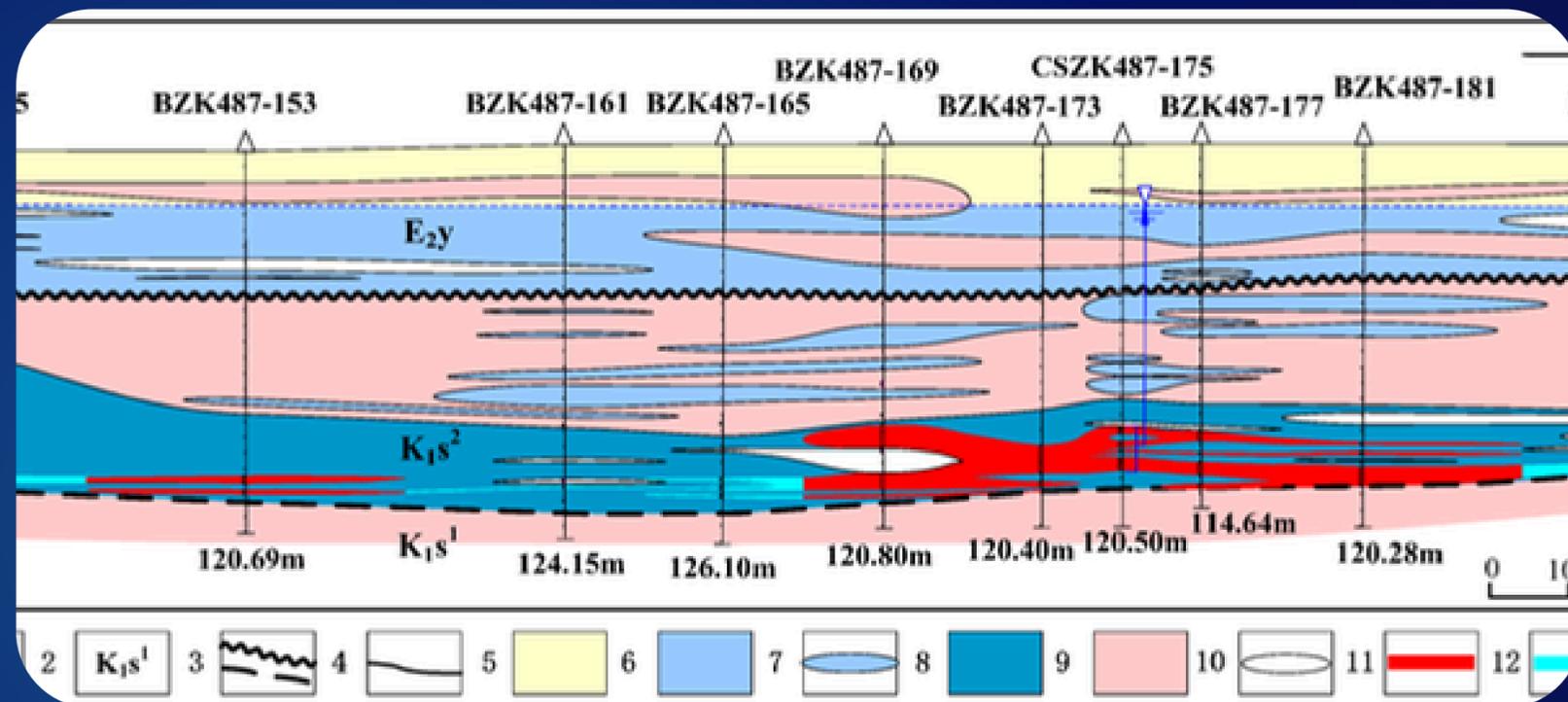
Особенности добычи урана

Первый способ – открытый, подходит для тех случаев, когда рудное тело находится близко к поверхности земли.

Второй способ – подземный – используется при глубоком залегании рудного тела. Способ этот более дорогостоящий и подходит при высокой концентрации урана в породе.

скважинное подземное выщелачивание (СПВ). При СПВ бурят 6 скважин по углам шестиугольника, через которые в рудное тело закачивают серную кислоту. В центре шестиугольника бурят еще одну скважину и через нее выкачивают на поверхность раствор, насыщенный солями урана. Продуктивный раствор пропускают через сорбционные колонны, в которых соли урана собираются на специальной смоле. Смолу в свою очередь снова обрабатывают серной кислотой и так несколько раз, пока концентрация урана в растворе не станет достаточной. А дальше снова желтый кек, очистка и получение закиси окиси-урана

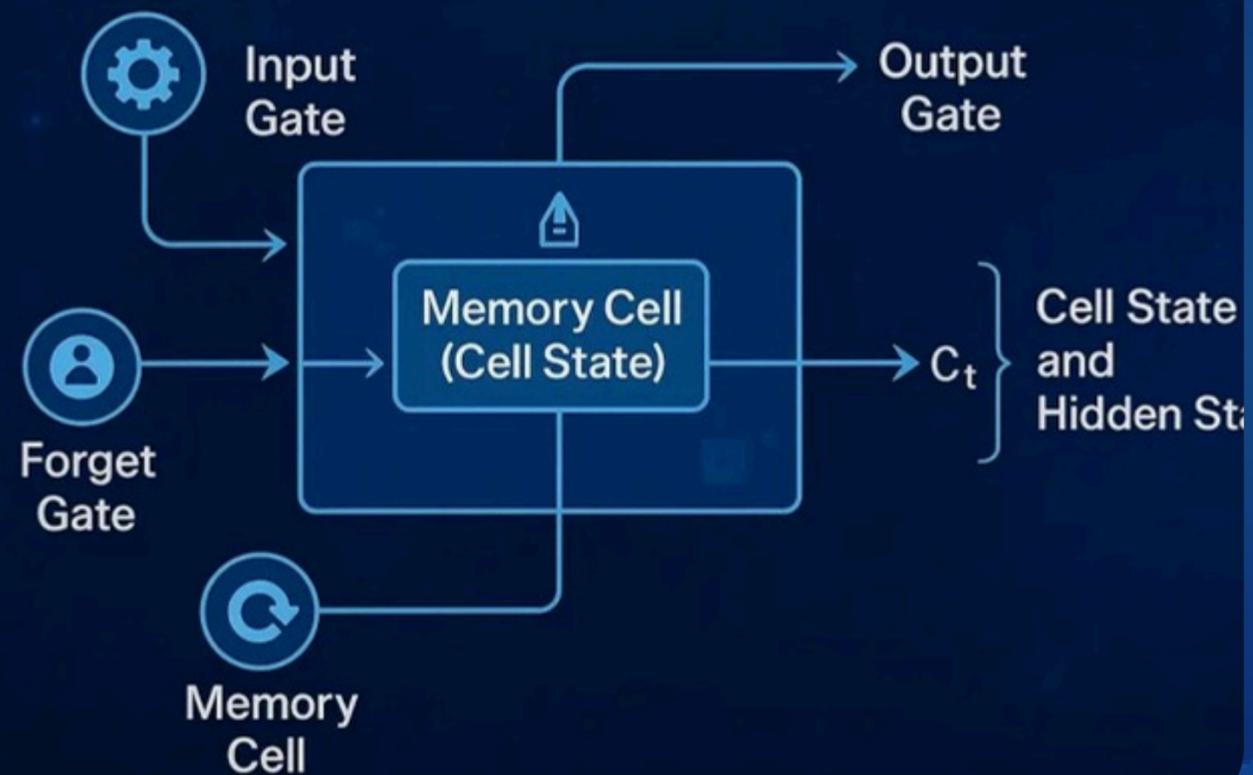
ИИ для добычи урана



Алгоритмы прогнозного моделирования выщелачивания ML (например, ANN, SVM) моделируют взаимодействие выщелачивателя с рудой, прогнозируя скорость извлечения на основе данных скважины, pH, скорости потока и геохимии. Улучшает извлечение меди/урана на 15–25%; например, модели ANN прогнозируют добычу отвалов/ISL с точностью 95%, что можно адаптировать к закачке в скважину. В Китае в процессах ISL CO_2/O_2 используется машинное обучение для моделирования потоков при добыче урана.

(гиперскейл дата-центры потребляют огромную энергию → ядерная энергетика как базовая нагрузка → уран как топливо).

LSTM Architecture: Components

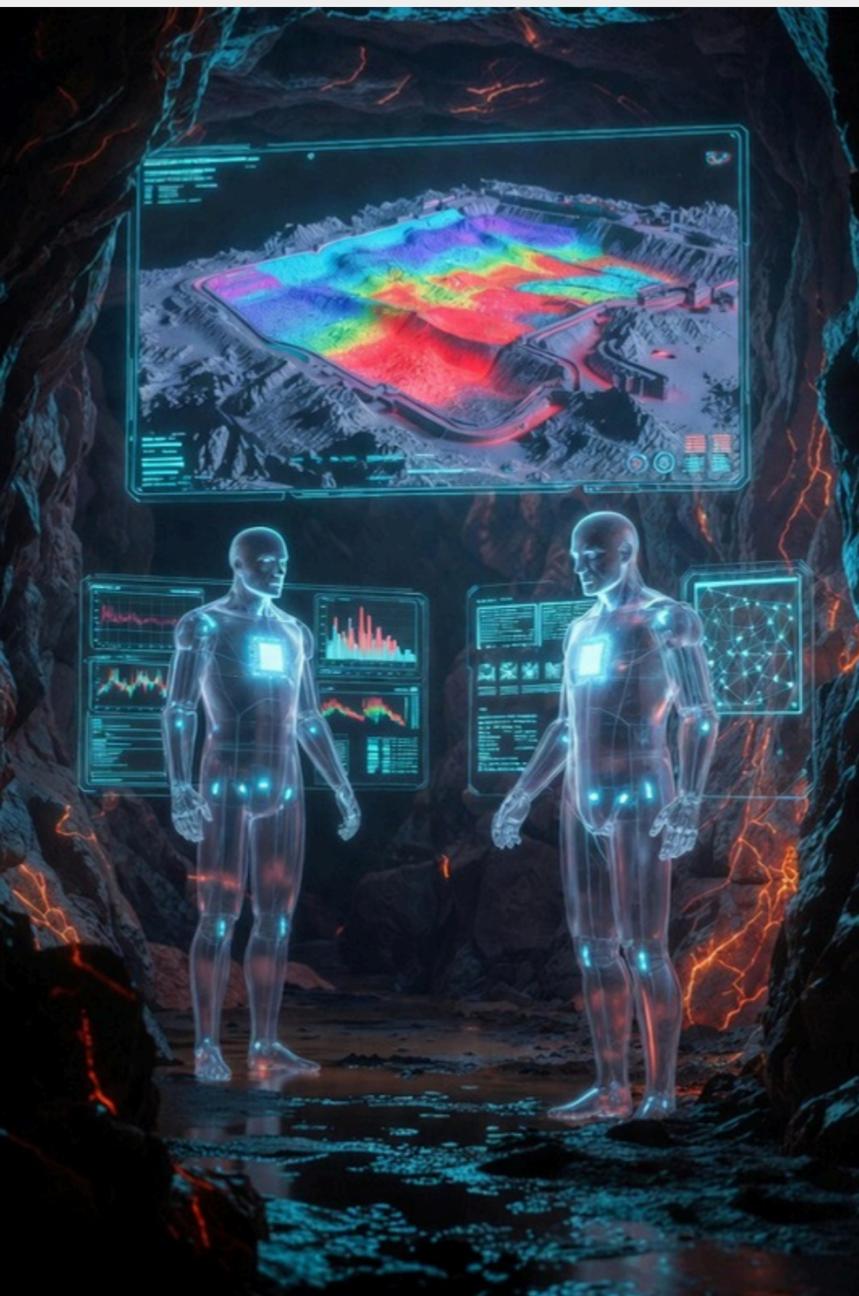


Дополнительный фокус подземное выщелачивание

Сверточные нейронные сети (CNN) для оценки рисков

Длинная краткосрочная память (LSTM) для прогнозирования потока временных рядов, особенно подходит для динамических условий скважин ISL

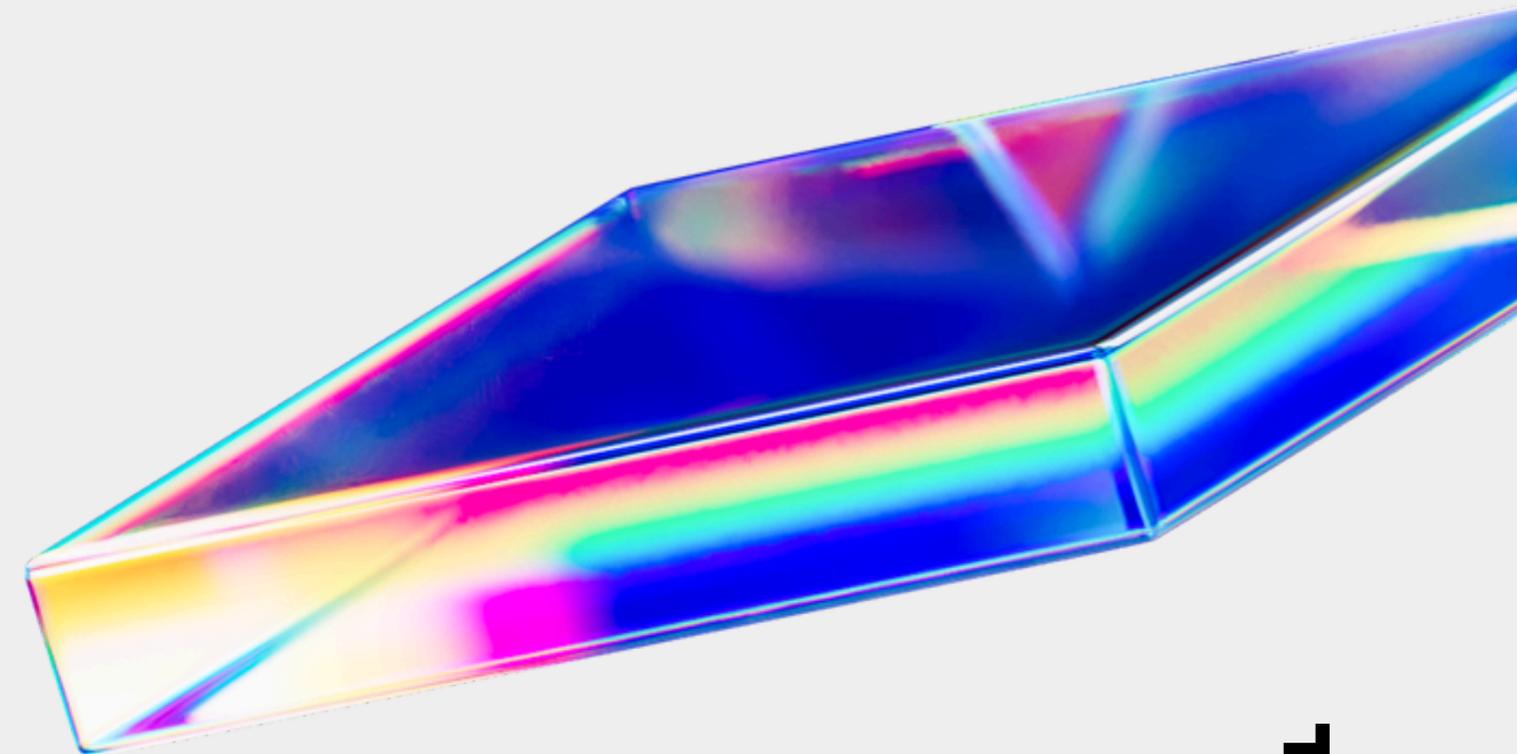
***ПВ(з) это химическая реакция в пласте (кислотное/щелочное выщелачивание урана из песчаников) – DT моделирует реактивный транспорт в реальном времени.



ОСОБЕННОСТИ ПОДХОДОВ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В РАКУРСЕ ESG

Радиационная безопасность + экология — DT симулирует миграцию радионуклидов, контроль загрязнения грунтовых вод.

РИСКИ СВЯЗАНЫ С МИГРАЦИЕЙ РАДИОНУКЛИДОВ (U, RA, RN, TH, PB И ДР.), ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ГРУНТОВЫХ ВОД ЛЕХИВИАНТАМИ (КИСЛОТА/ЩЕЛОЧЬ + ОКИСЛИТЕЛЬ), МОБИЛИЗАЦИЕЙ ТОКСИЧНЫХ МЕТАЛЛОВ (AS, MO, SE, V) И ДОЛГОСРОЧНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ НА АКВИФЕРЫ ПОСЛЕ ДОБЫЧИ



СЛОЖНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Ограничения:

- Недостаток данных в подземных условиях → *noisy/low-density* сенсоры.
- Высокая сложность *multi-physics* → нужны HPC/облака.
- Регуляторные требования: модели должны быть *traceable* и *physics-based*.
- Долгосрочная валидация (10–50 лет после закрытия).

