

Применение технологий виртуальной реальности при разработке месторождений урана способом СПВ

Курасова Юлия Дмитриевна
Ведущий инженер производственного отдела АО «Далур»

М.В. Гуцул, А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.А. Чеглоков

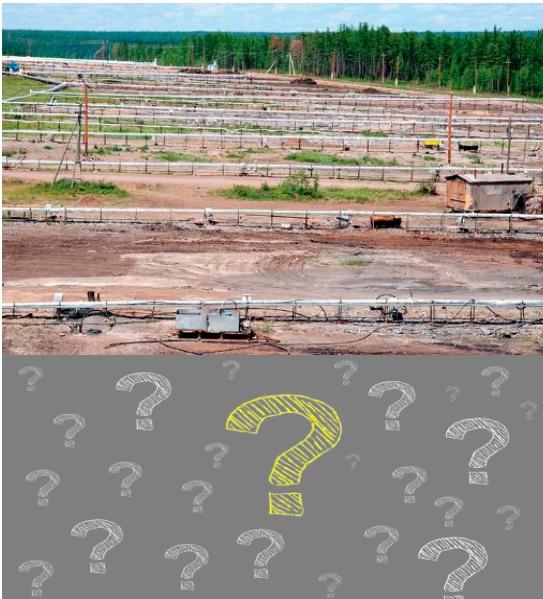


VI международный симпозиум « УРАН : ГЕОЛОГИЯ, РЕСУРСЫ, ПРОИЗВОДСТВО »
22-23 апреля 2025 года г. Москва ФГБУ «ВИМС»

Актуальность

При разработке месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания единственной информацией о процессах, происходящих в продуктивном горизонте, являются данные исследования скважин и состава поднимаемых на поверхность технологических растворов.

Скважинное подземное выщелачивание



Для обеспечения эффективной добычи урана методом СПВ и получения целостного представление о состоянии продуктивного горизонта можно использовать технологию виртуальной реальности.

Карьерный метод

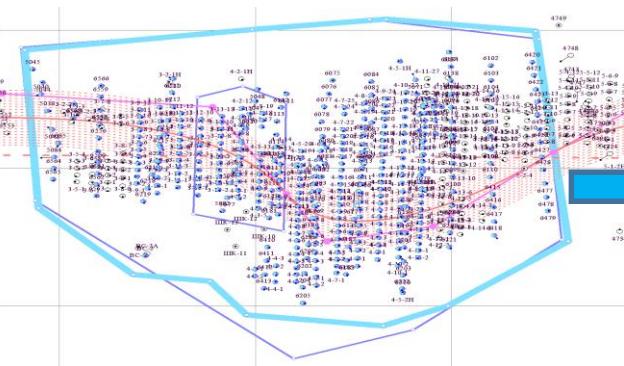


Шахтный метод

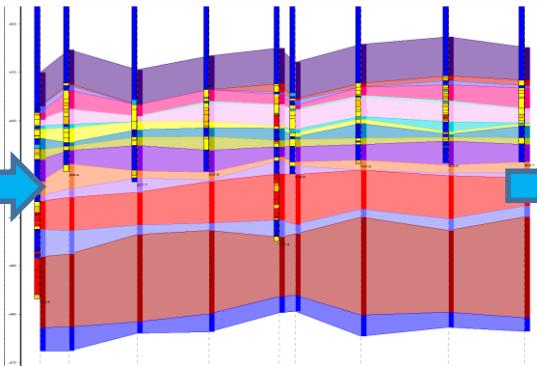


3D сопряженная геологическая геофильтрационная модель залежи

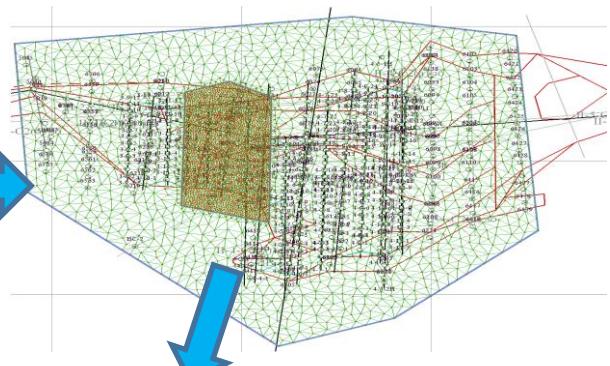
Выделение области моделирования



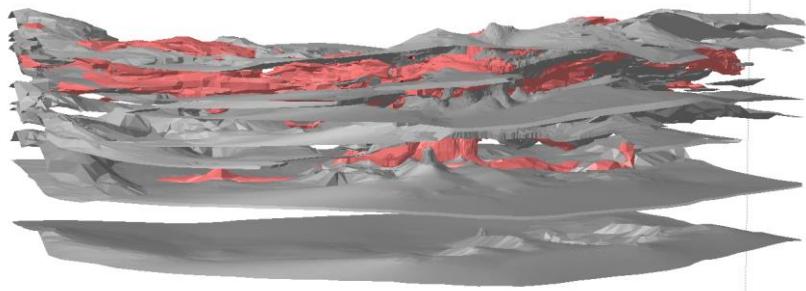
Выделение пропластков



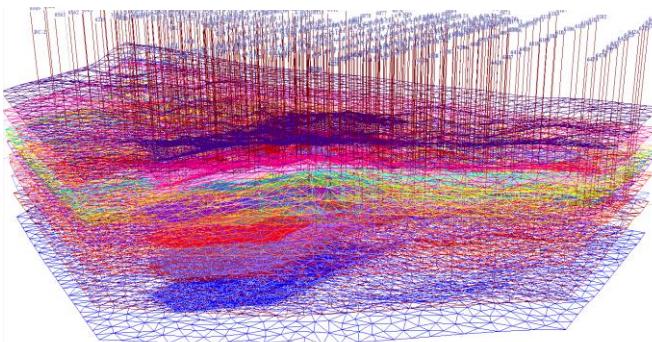
Построение 2D сетки



Построение 3D модели

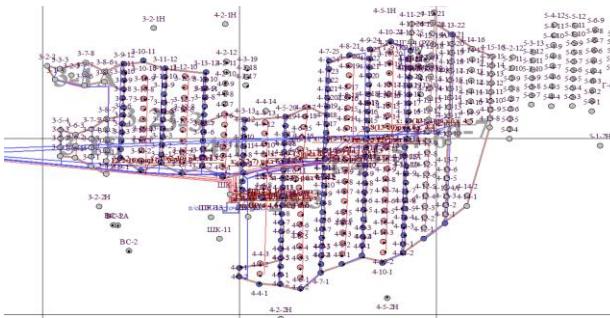


Построение 3D сетки

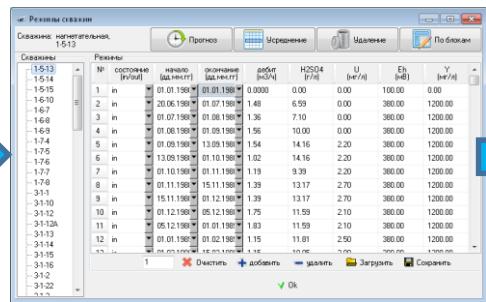


3D геотехнологическая модель процесса подземного выщелачивания

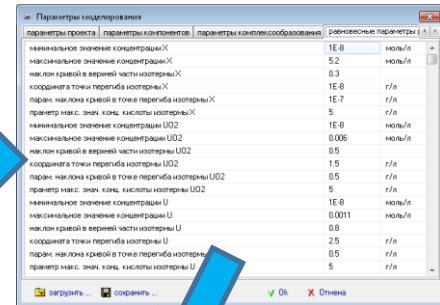
Построение технологической схемы



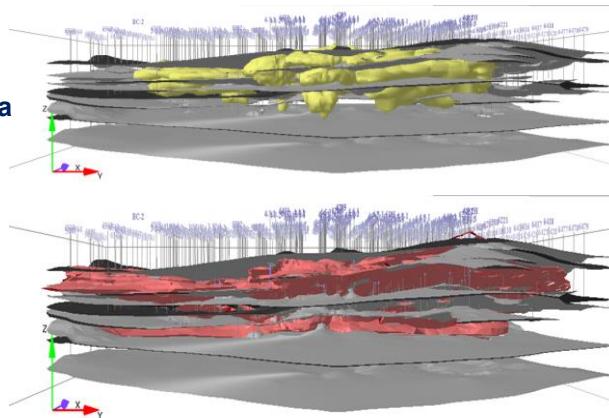
Задание режимов



Определение параметров моделирования



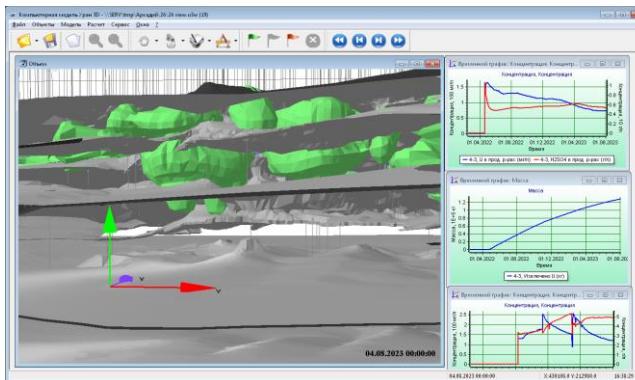
Подготовка результатов расчета



Распределение концентрации урана

Рудное тело

3D геотехнологическое моделирование



Программные и технические решения

- Представление объектов в VR пространстве;
- Вывод информации по объектам.

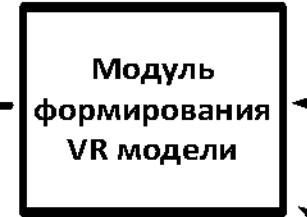
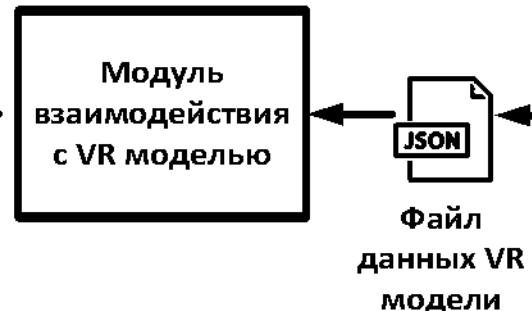
- Определение набора данных;
- Формирование файла с данными VR модели.



Шлем VR



Контроллеры VR



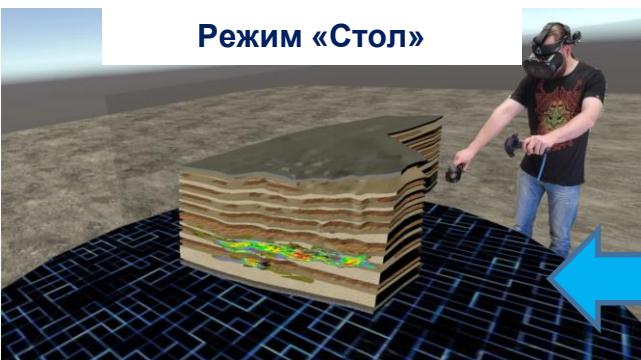
База ПДМ

Инструменты разработки	Инструмент
Модуль формирования файла VR модели	
Среда разработки	Embarcadero RAD Studio 10.3
Язык разработки	C++
Язык взаимодействия с БД	T-SQL
Модуль взаимодействия с VR моделью	
Среда разработки	Unity
Язык разработки	C#
Локальная база данных	JSON-файл



Модуль взаимодействия с VR моделью. Режимы представления данных

Режим «Стол»



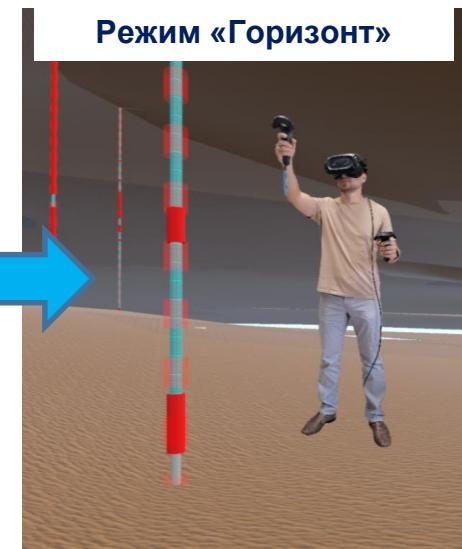
- Модель подвешена над плоскостью виртуального стола;
- Пользователь находится рядом со столом.

Стартовая сцена



- Позволяет осуществлять выбор VR модели и режим представления данных

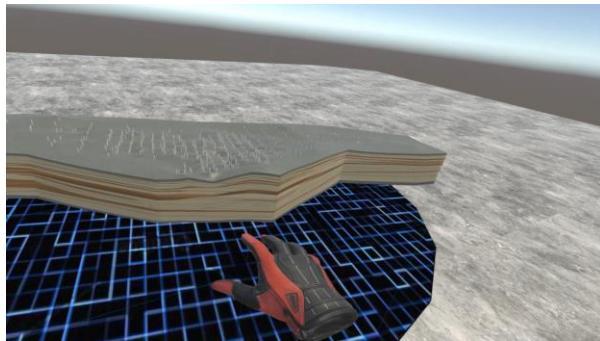
Режим «Горизонт»



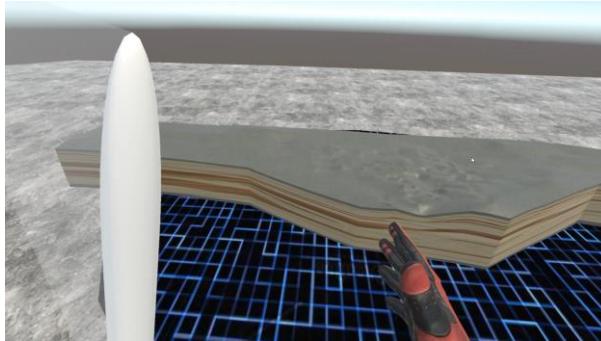
- Пользователь находится внутри продуктивного горизонта.

Режим «Стол». Инструменты взаимодействия с VR объектами

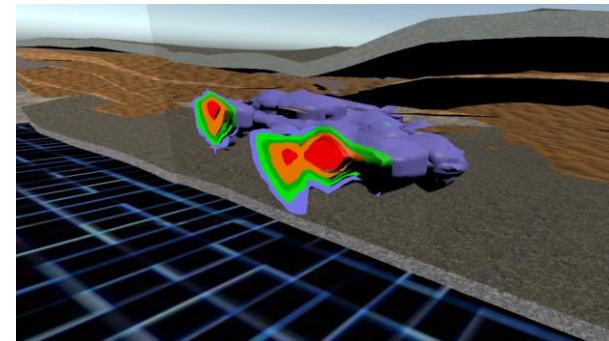
Вращение стола



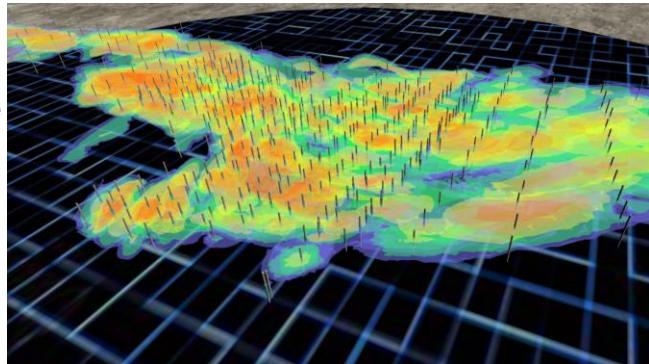
Раздвижение слоев



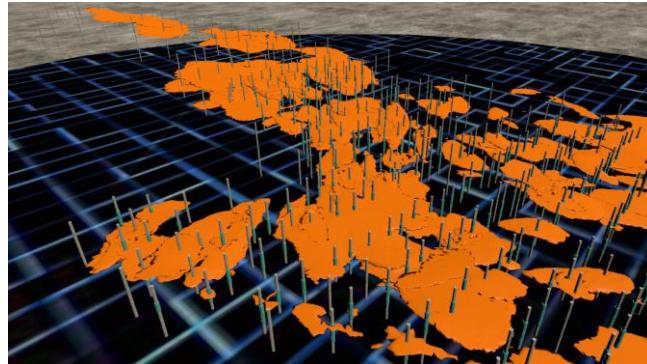
Геологический разрез



Представление рудного тела



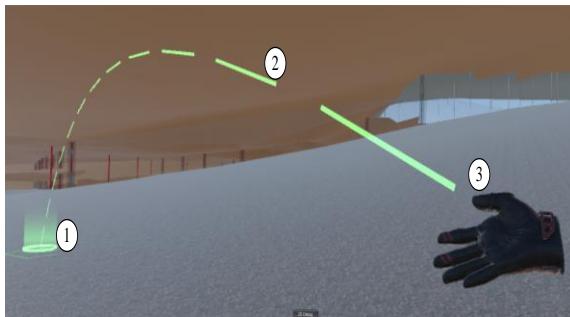
Полупрозрачные изоповерхности



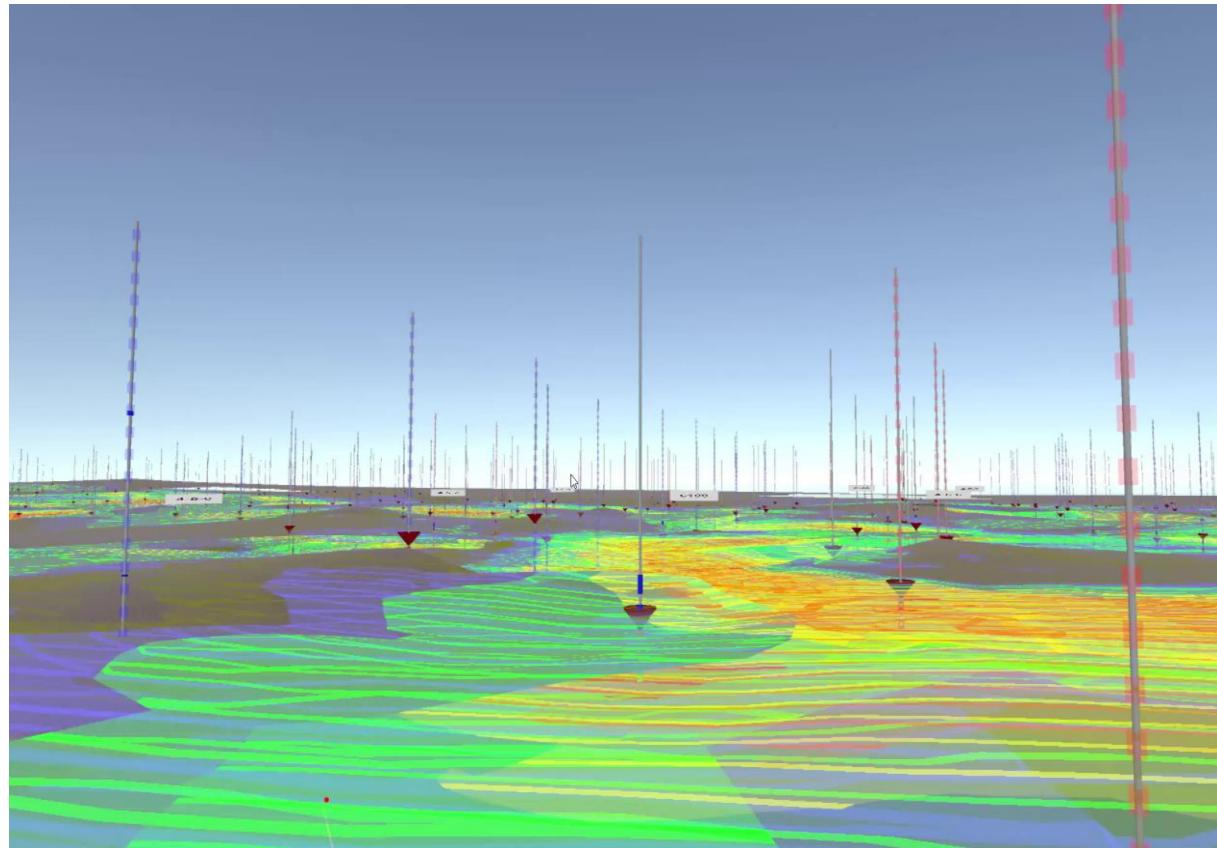
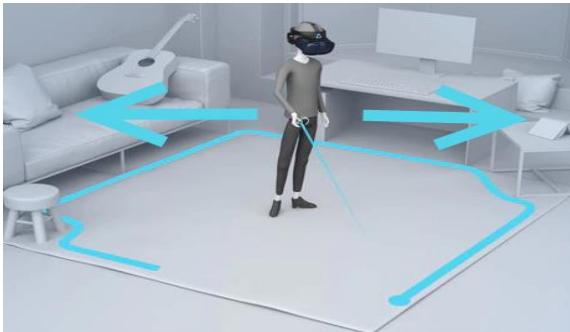
Непрозрачные изоповерхности

Режим «Горизонт». Инструменты перемещения пользователя в пространстве модели

Телепорт в области видимости

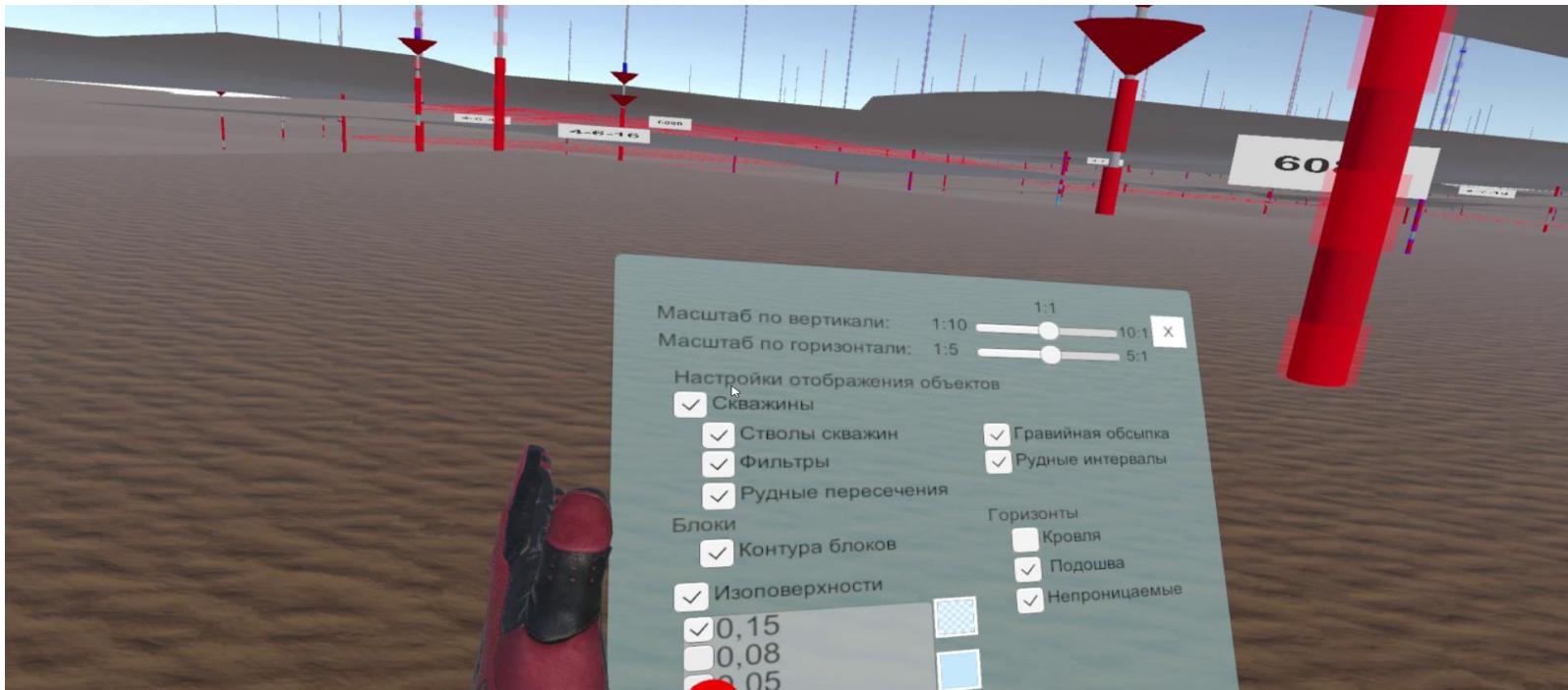


Перемещение по игровой зоне



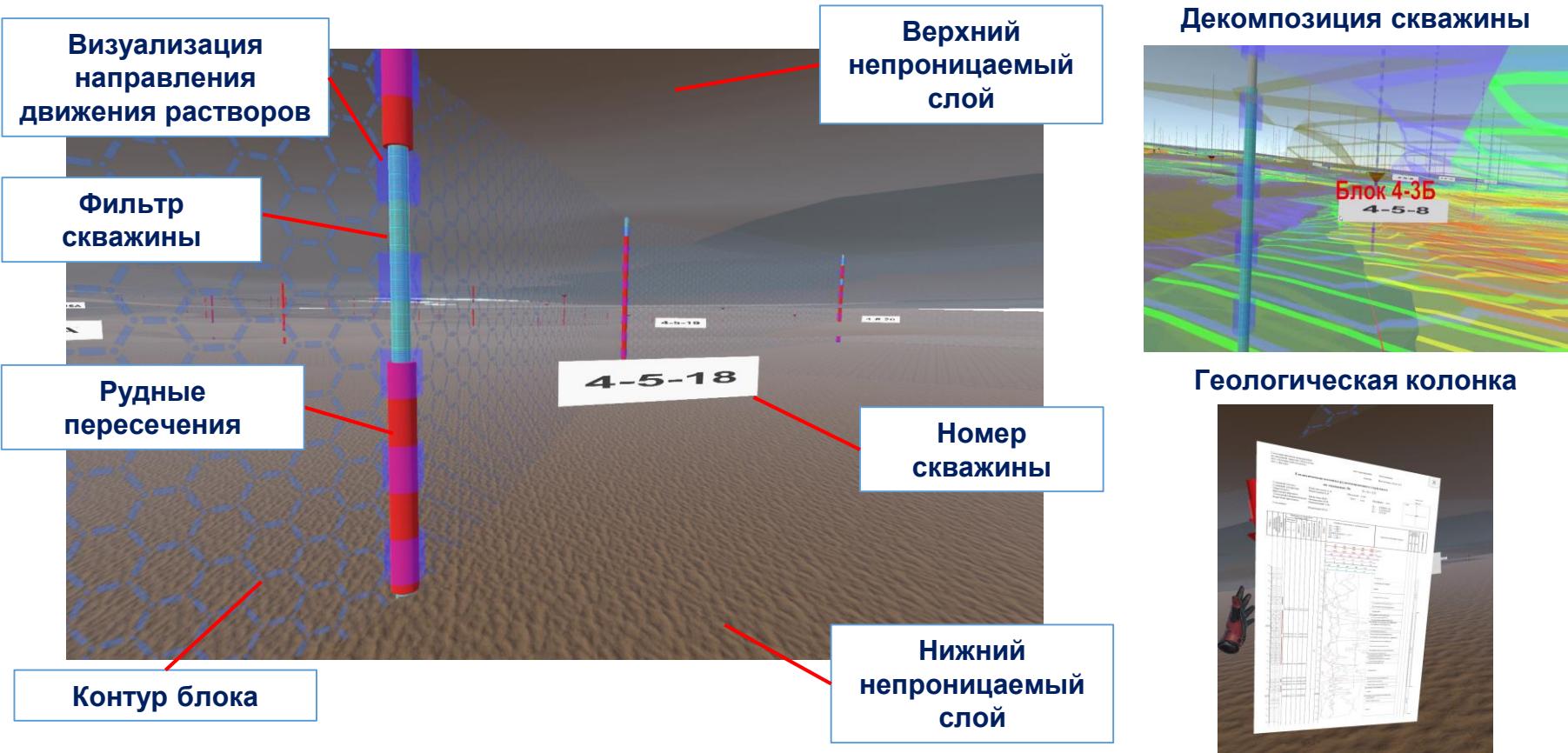
Режим «В пласте». Представление рудного тела

Представление рудного тела с помощью полупрозрачных изоповерхностей

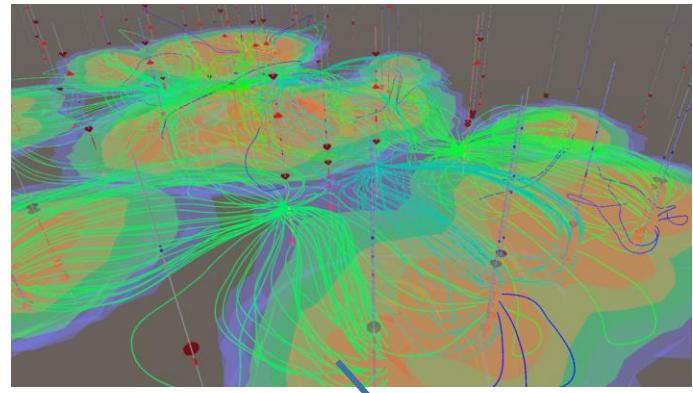
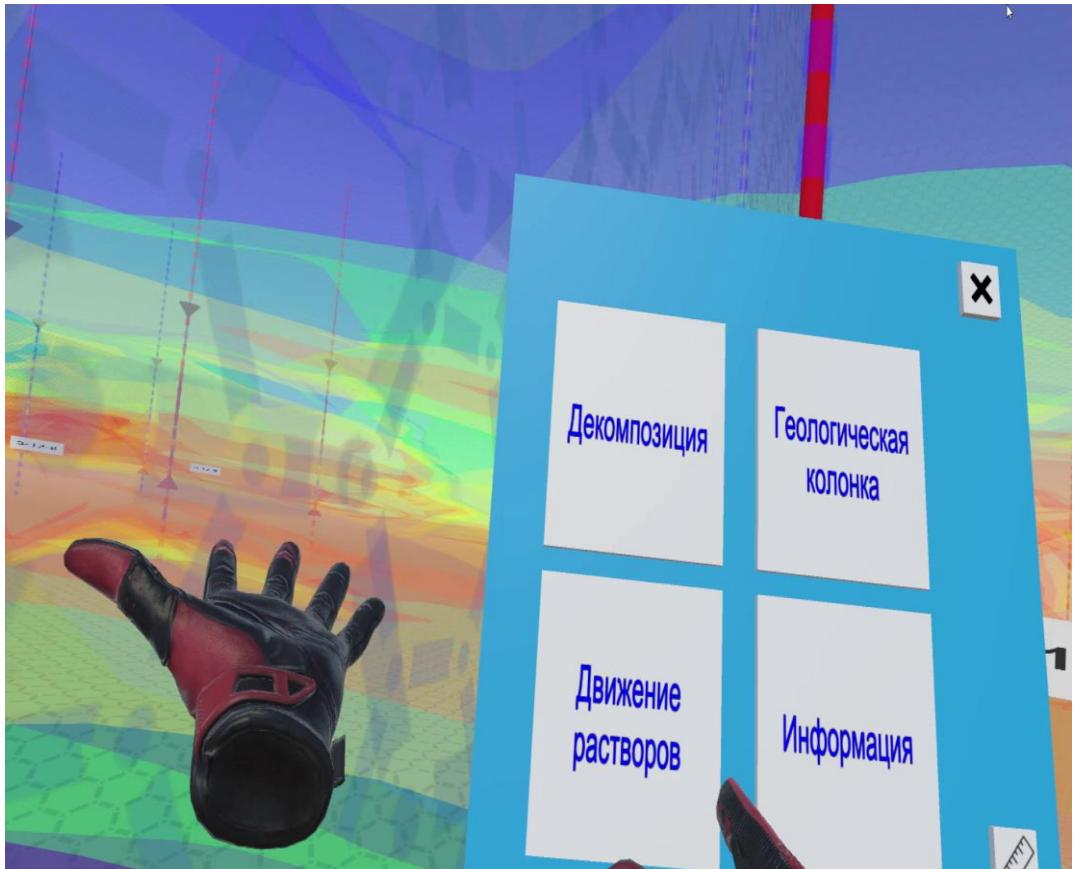


Цвета поверхностей настраиваются пользователем при создании VR модели, и соответствуют разному содержанию урана

Режим «Горизонт». Представление горизонтов, скважин и информации по скважинам



Режим «Горизонт». Движение растворов



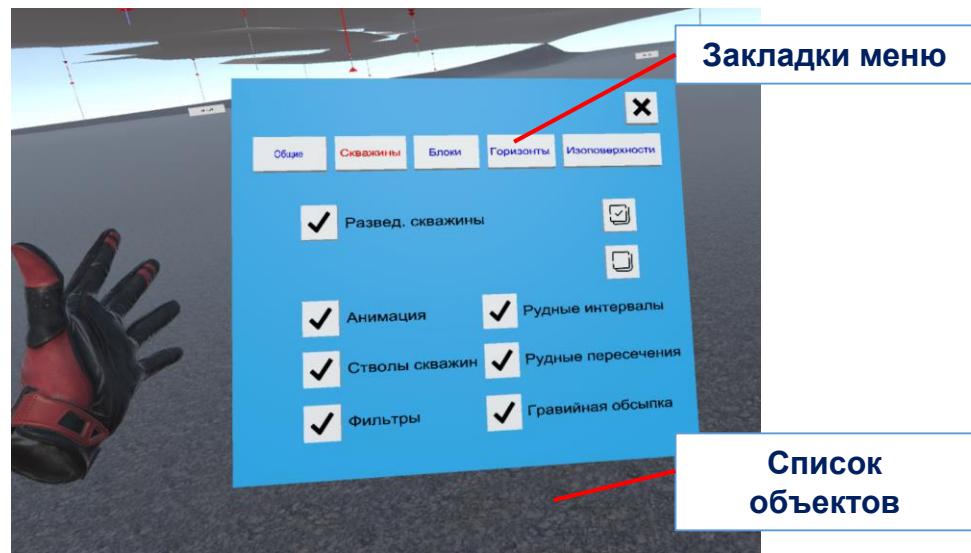
Цвет лент тока зависит от концентрации урана в области пролета частиц

Режим «В пласте». Инструменты взаимодействия с моделью

Меню инструментов



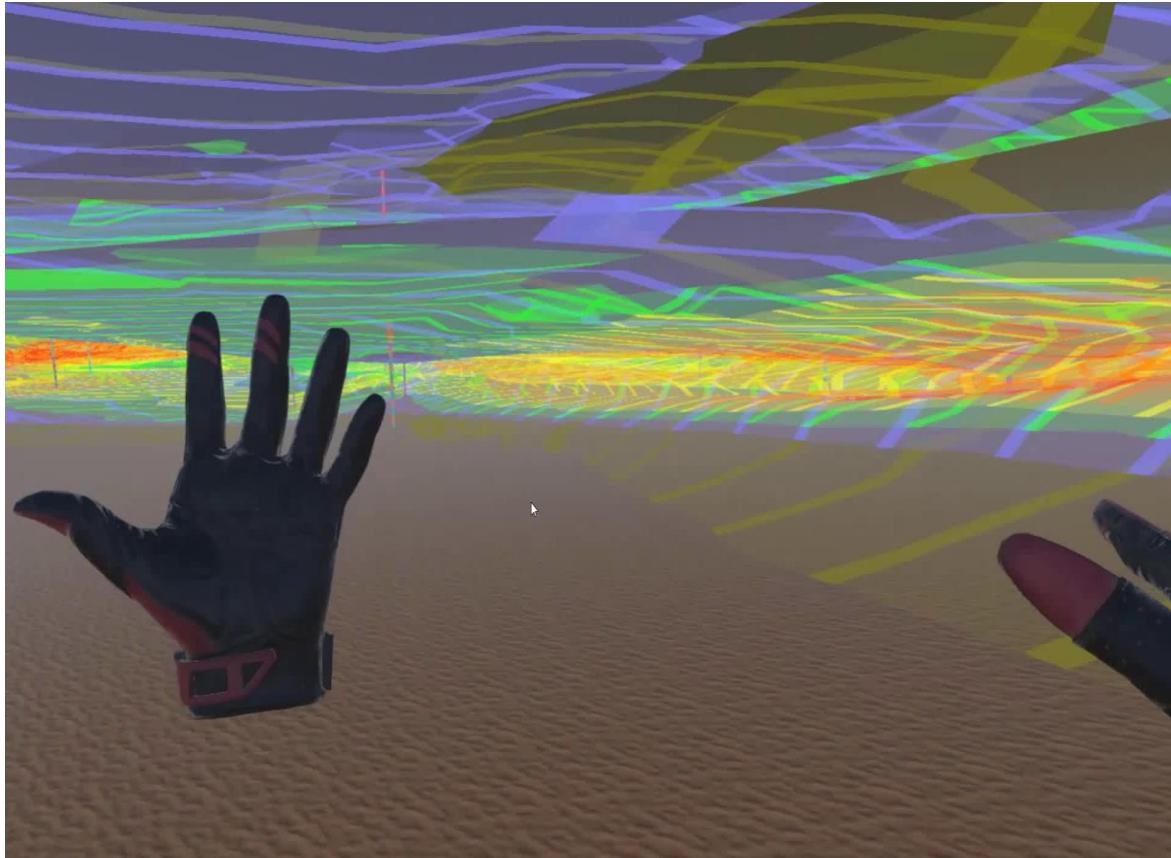
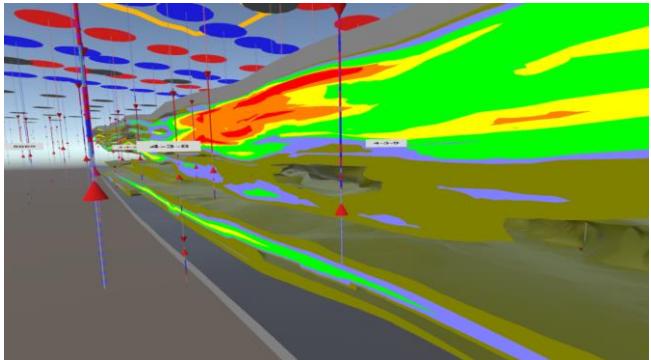
Меню настройки отображения



Взаимодействие с меню осуществляется с помощью виртуальной руки, привязанной к контроллеру

Режим «Горизонт». Инструмент «Секущая плоскость»

«Геологический разрез»



ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УРАНА СПОСОБОМ СПВ

- Проектирование схем вскрытия месторождений и определение интервалов посадки фильтров технологических скважин.
- Выявление участков блоков, где СПВ происходит недостаточно эффективно. Причинами неэффективной отработки блоков может быть образование застойных гидродинамических зон, подтягивание пластовых вод откачными скважинами, расположенными вблизи границы блока, растекание технологических растворов за контур блока и др.
- Подготовка предложений по оптимизации отработки эксплуатационных блоков за счет изменения дебитов технологических скважин, переключения скважин из нагнетания в откачуку и наоборот, а также с помощью сооружения новых технологических скважин.
- Знакомство с технологией СПВ.
- Обучение студентов, повышение квалификации сотрудников предприятия.
- Консультации экспертов на основе удаленного доступа.

Заключение

Применение технологии виртуальной реальности для изучения пластового инфильтрационного месторождения урана позволяет повысить качество управлеченческих решений при проектировании и отработке эксплуатационных блоков за счет::

- получения целостного представления о структуре продуктивного горизонта за счет эффекта присутствия внутри геологической среды;
- оперативного доступа к геологической, гидрогеологической и геотехнологической информации о морфологии рудных тел, фильтрационном строении продуктивного горизонта, интервалах посадки фильтров технологических скважин.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ		RU2021618447
		
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОВЕСТВЕННОСТИ ГОСУДАРСТВЕННАЯ РЕГИСТРАЦИЯ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ЭВМ		
Номер регистрации (свидетельства): 2021618447		Автор(ы): Гладышев Андрей Владимирович (RU), Гуул Михаил Владимирович (RU), Носков Михаил Дмитриевич (RU), Сакирко Георгий Константинович (RU), Чеглоков Алексей Александрович (RU)
Дата регистрации: 27.05.2021		Правообладатель(и): Акционерное общество «Хиагда» (RU)
Номер и дата поступления заявки: 2021613085 11.03.2021		
Дата публикации и номер бюллетеня: 27.05.2021 Бюл. № 6		
Контактные реквизиты: 8 (3022) 21-25-15, referent@hiagda.ru		
Название программы для ЭВМ: «Программное обеспечение для представления информации о месторождениях урана палеодолинного типа в виртуальном пространстве»		
Реферат: Программа предназначена для повышения эффективности разработки месторождений урана палеодолинного типа способом скважинного подземного выщелачивания путем использования технологий ВР для представления и анализа геологической информации. Программа позволяет: осуществлять взаимодействие с геологической базой данных; выбор и настройка необходимой информации о геологической среде; представление всех геологических объектов в виртуальном пространстве (с помощью шлема виртуальной реальности); осуществлять взаимодействие пользователя с объектами ВР модели (с помощью ВР контроллеров); выводить всю необходимую информацию по объектам. Тип ЭВМ: IBM PC - совмест. ПК. ОС: Windows 10.		
Язык программирования:	C++	
Объем программы для ЭВМ:	7,77 МБ	



Спасибо за внимание

Курасова Юлия Дмитриевна
Ведущий инженер производственного отдела АО «Далур»

Тел.: +7 (3522) 60-00-39 доб 117
E-mail: YDKurasova@rosatom.ru
<http://www.dalur.armz.ru>

22-23.04.2025