ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

АЧИМГАЗ

# Разработка системы мониторинга состояния трубопроводов

Усачёв Александр Игоревич

Исполнительный директор

usachev@its-samara.com

+7 (919) 800 87 49

Беркович Глеб Михайлович

Руководитель проектов департамента информационных технологий

berkovich@its-samara.com

+7 (919) 800 87 30



# Содержание


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **Описание проекта** | 1.1 Цель и основные задачи СПД<br>1.2 Целевые пользователи СПД |
| **2** | **Архитектура СПД** | 2.1 Блоки системы<br>2.2 Взаимодействие между блоками системы |
| **3** | **Пример исследования трубопроводов обвязки скважины** | 3.1. Исследование состояния трубопроводов обвязки скважины по состоянию на январь 2022 г.<br>3.2. Идентификация проблемных участков. Выбор участков, требующих внимания<br>3.3. Учёт выполненных ремонтов<br>3.4. Прогноз толщины стенки выбранных участков |
| **4** | **Пример исследования шлейфа** | 4.1. Исследование состояния шлейфа по состоянию на декабрь 2022 г.<br>4.2. Прогноз толщины стенки в двух точках  шлейфа |

# Цель и основные задачи системы

**Полное наименование:**
Информационная система мониторинга состояния трубопроводов обвязки газоконденсатных скважин и шлейфов (далее Интеллектуальная система)

**Цель:**
Разработка программно-технического комплекса (Интеллектуальной Системы) мониторинга состояния трубопроводов обвязки газоконденсатных скважин и шлейфов на предмет коррозионно-эрозионного износа, а также интерактивного картирования паспортов оборудования и иной необходимой информации

**Задачи:**

- Двухмерное и трехмерное отображение трубопроводов с привязкой к местности на основе данных проектной и исполнительной документации с отображением динамики пространственного изменения положения трубопровода
- обеспечение автоматизированного отслеживания и анализа технического состояния элементов трубопроводной сети
- интерактивное картирования паспортов оборудования и иной необходимой информации
- оперативное предоставление текущей и аналитической информации по коррозионно-эрозионному износу и остаточному ресурсу элементов трубопроводной сети
- планирование и ведение операций по техническому обслуживанию и ремонту трубопроводов

# Основные пользователи системы

**1. Инженер службы «ТОиР» (эксплуатационной службы УКПГ (механик/ мастер по добыче Н.Г.К.))**

- занесение результатов толщинометрии (УЗД для трубопроводов обвязки газоконденсатных скважин и ВТД для шлейфов)
- просмотр и интерпретация информации о текущих и прогнозируемых скоростях коррозионного и эрозионного износа, остаточной толщины по всей протяженности трубопроводов
- принятие решения по мероприятиям в рамках обслуживания и ремонта

**2. Отдел автоматизации и метрологического обеспечения**

- внесение изменений в ИС
- добавление новых элементов сети

**3. Служба информационно-управляющих систем**

- контроль и мониторинг функционирования системы с точки зрения программных и сетевых компонент системно-технической инфраструктуры информационно-управляющей системы производственно-хозяйственной деятельности (за исключением ИУС ДУ, АСУ ТП)

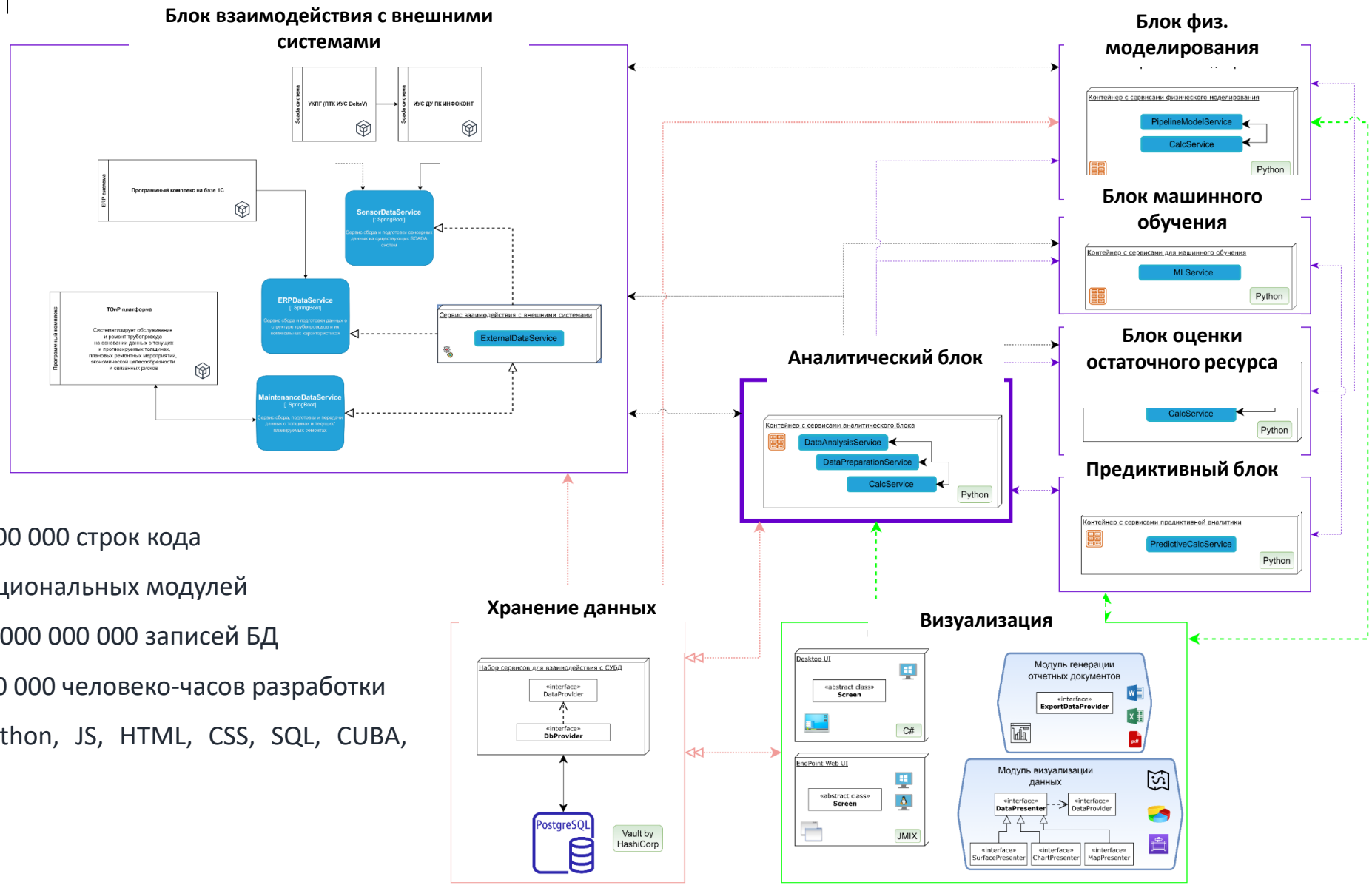
**4. Руководство компании**

- оперативная информация о состоянии трубопроводной системы, планировании и проведении ремонтов
- использование интерактивной интеллектуальной системы для аналитики, презентаций и подготовки отчетности

**5. Инженер компании поставщика ИС**

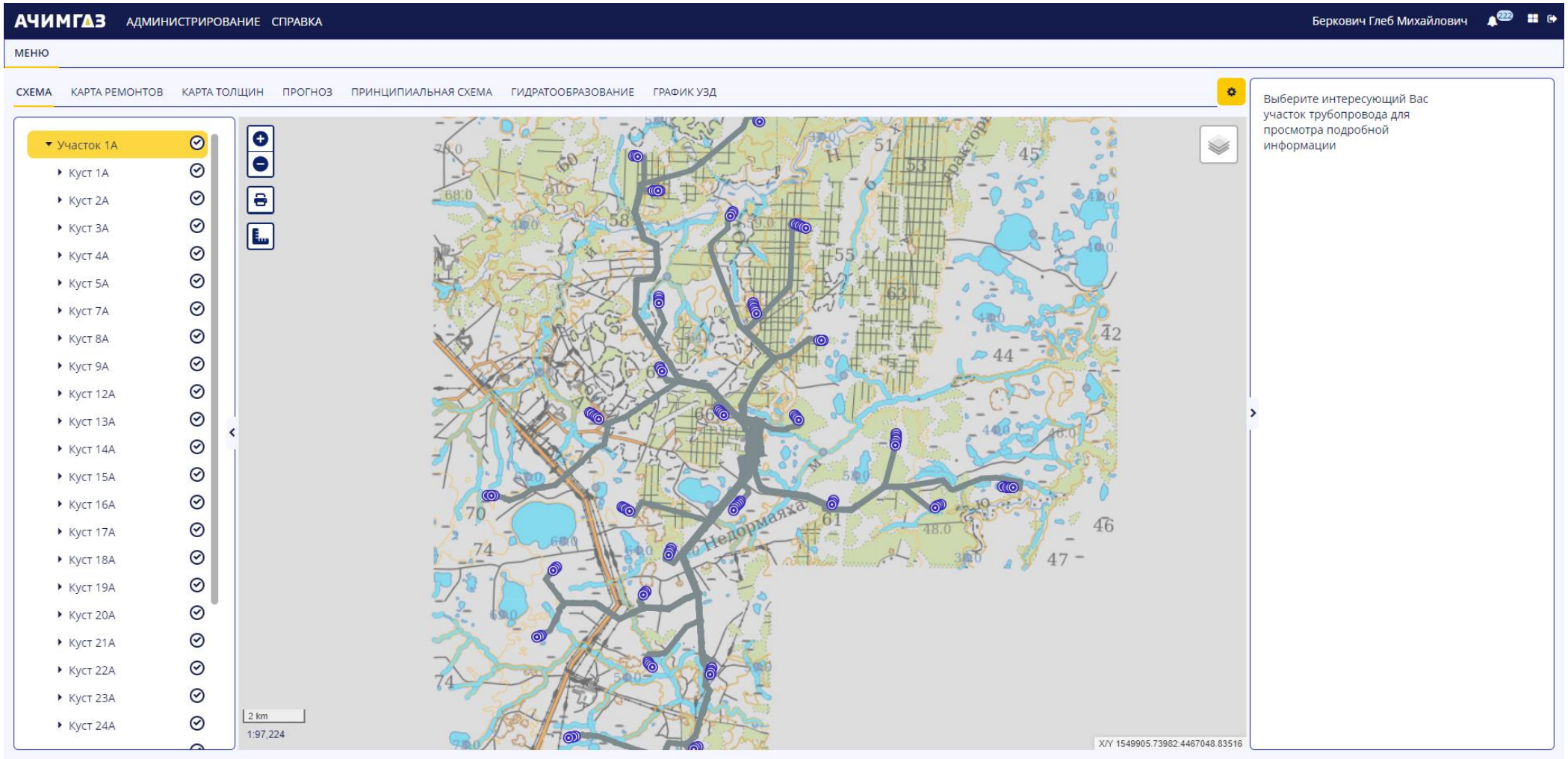
- внесение существенных обновлений в систему (в том числе в суррогатные модели)

# Архитектура системы



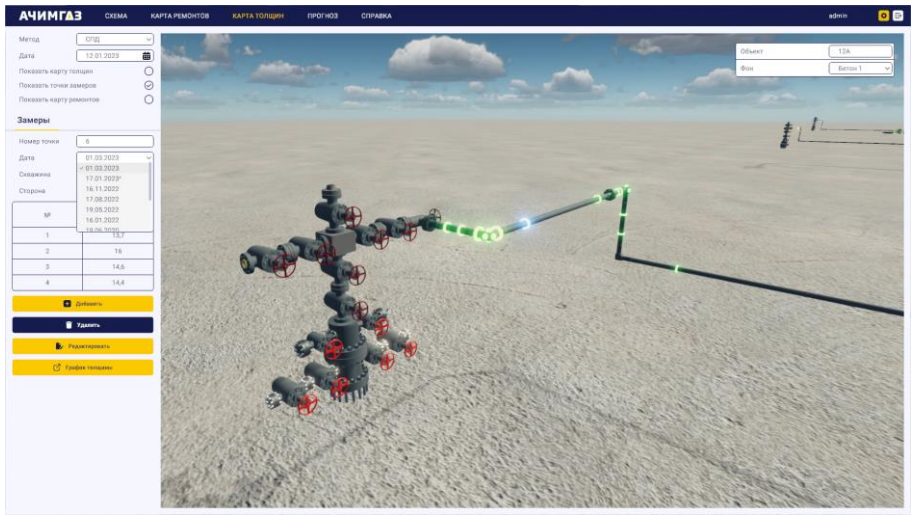

- более 100 000 строк кода
- 12 функциональных модулей
- Более 5 000 000 000 записей БД
- Более 20 000 человеко-часов разработки
- Java, Python, JS, HTML, CSS, SQL, CUBA, Flask

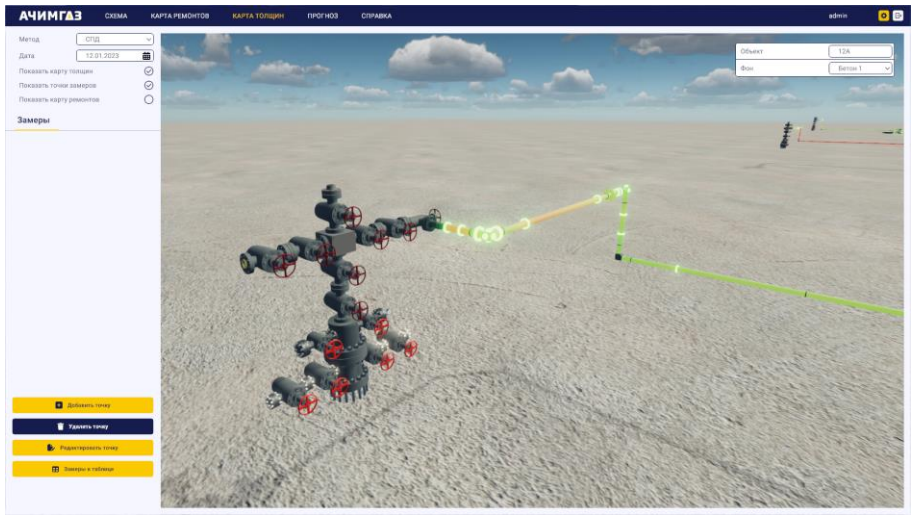
# Основной функционал: ГИС

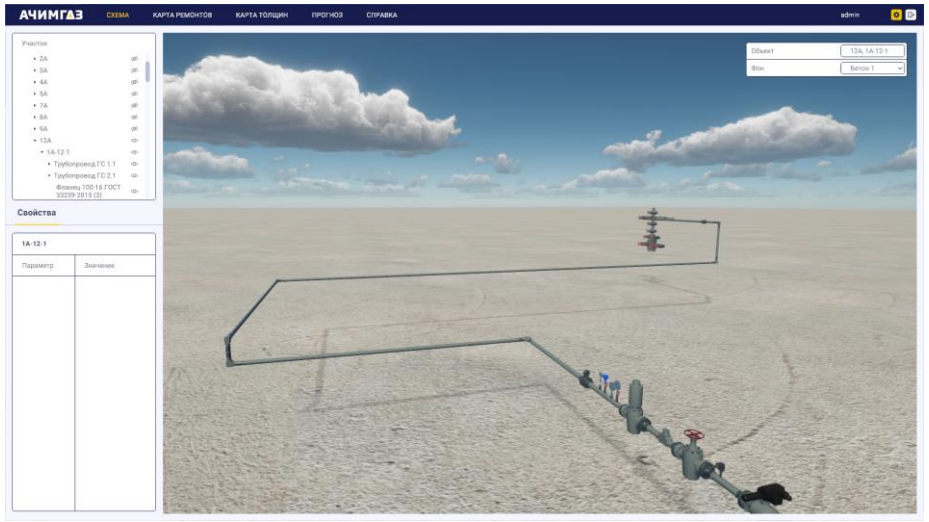


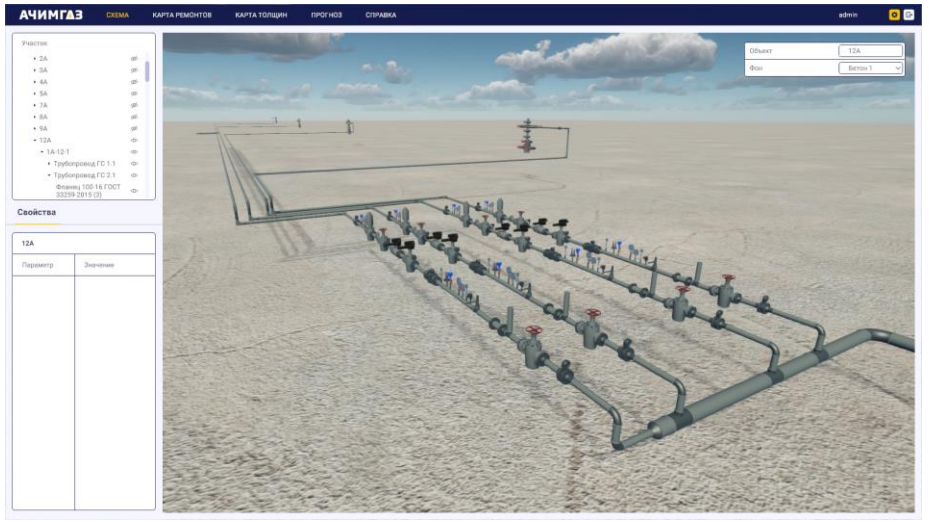

Нанесение на карту объектов инфраструктуры

# Основной функционал: 3D



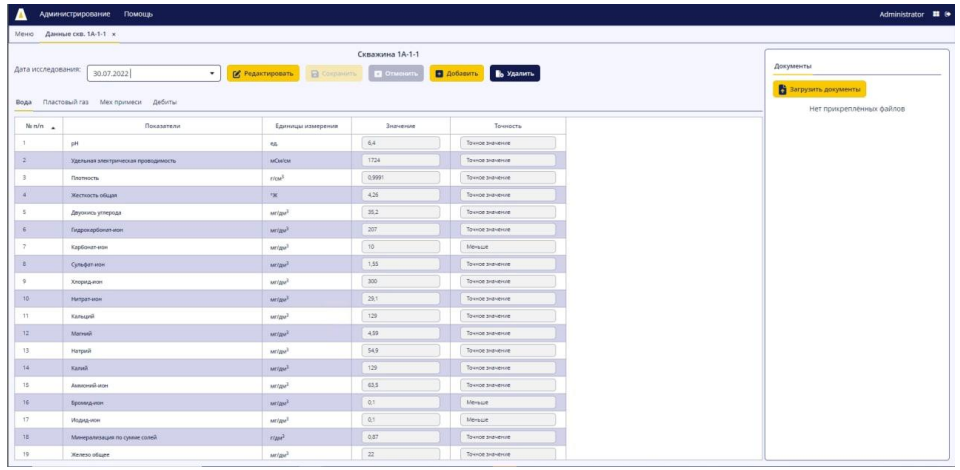




3D-визуализация объектов

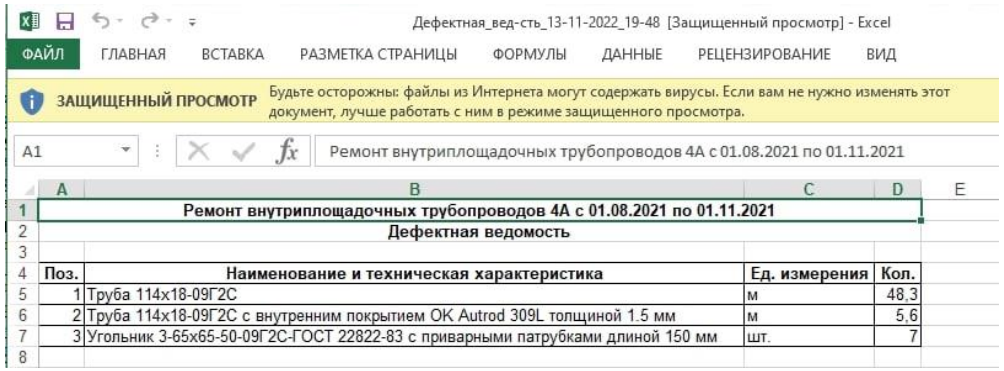
# Основной функционал: 3D



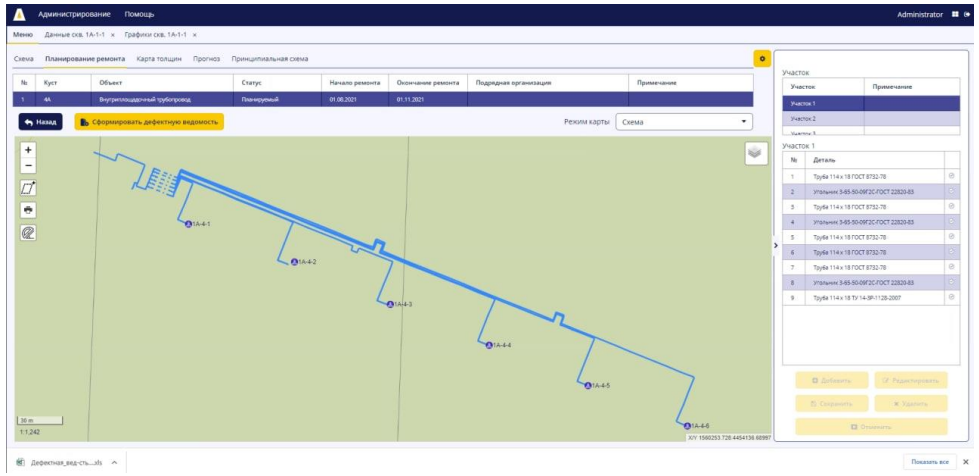

Работа с таблицами




Построение графиков




Генерация отчетов

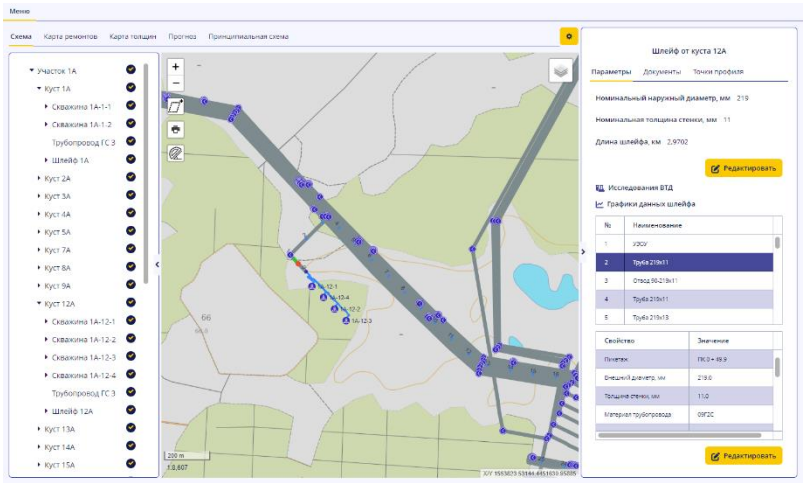



Планирование мероприятий

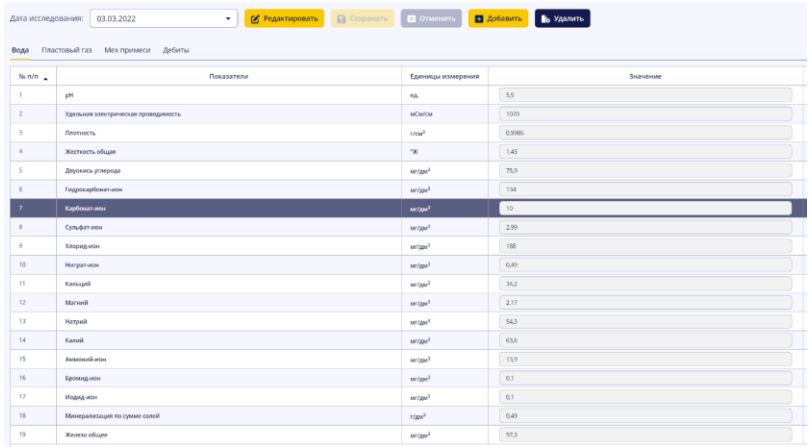
# Основной функционал: инструменты для работы



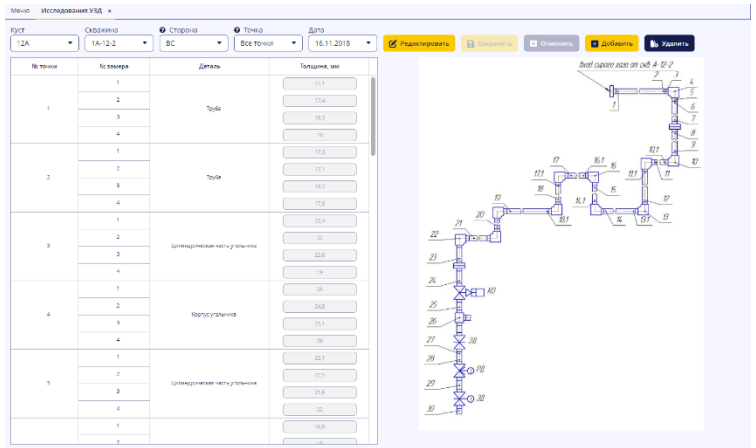
Принципиальные схемы



Интерактивная карта



Лабораторные исследования



Внесение и просмотр данных УЗД и ВТД

# Инновационная составляющая: предиктивные модели

Аналитическая модель
(на основе NORSOK M506)

(t); 5 °C, 15 °C, 20 °C, 40 °C, 60 °C, 80 °C, 90 °C, 120 °C and 150 °C is used:

$$CR_t = K_t \times f_{CO2}^{0.62} \times (S/19)^{0.146 + 0.0324 \log(fCO2)} \times f(pH)_t \quad \text{(mm/year)}$$

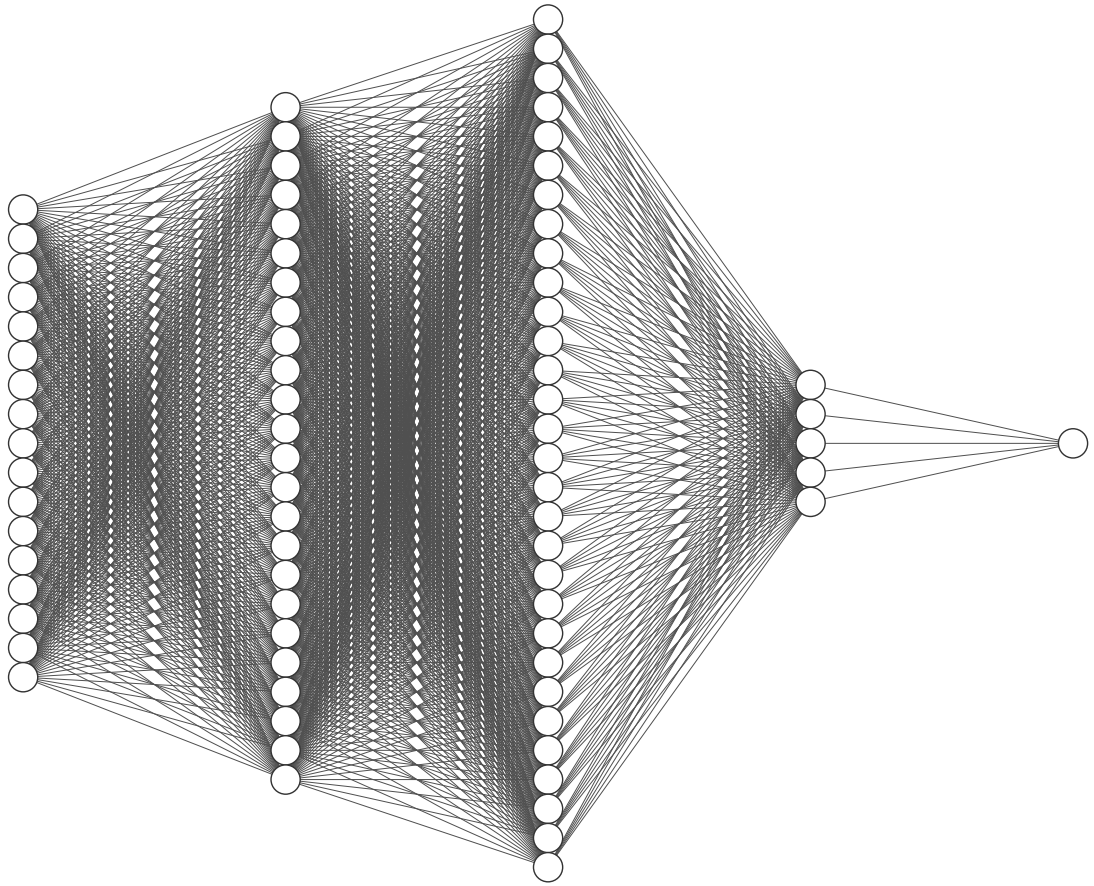
The following equation is used at temperature 15 °C:

$$CR_t = K_t \times f_{CO2}^{0.36} \times (S/19)^{0.146 + 0.0324 \log(fCO2)} \times f(pH)_t \quad \text{(mm/year)}$$

The following equation is used at temperature 5 °C:

$$CR_t = K_t \times f_{CO2}^{0.36} \times f(pH)_t \quad \text{(mm/year)}$$

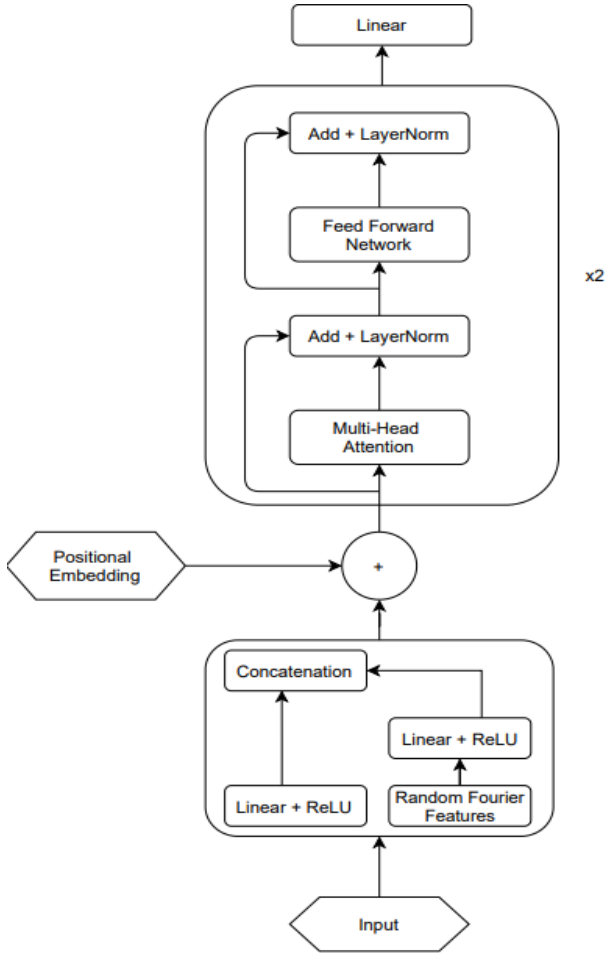
Модель машинного обучения. Полносвязная нейронная сеть (FCN)



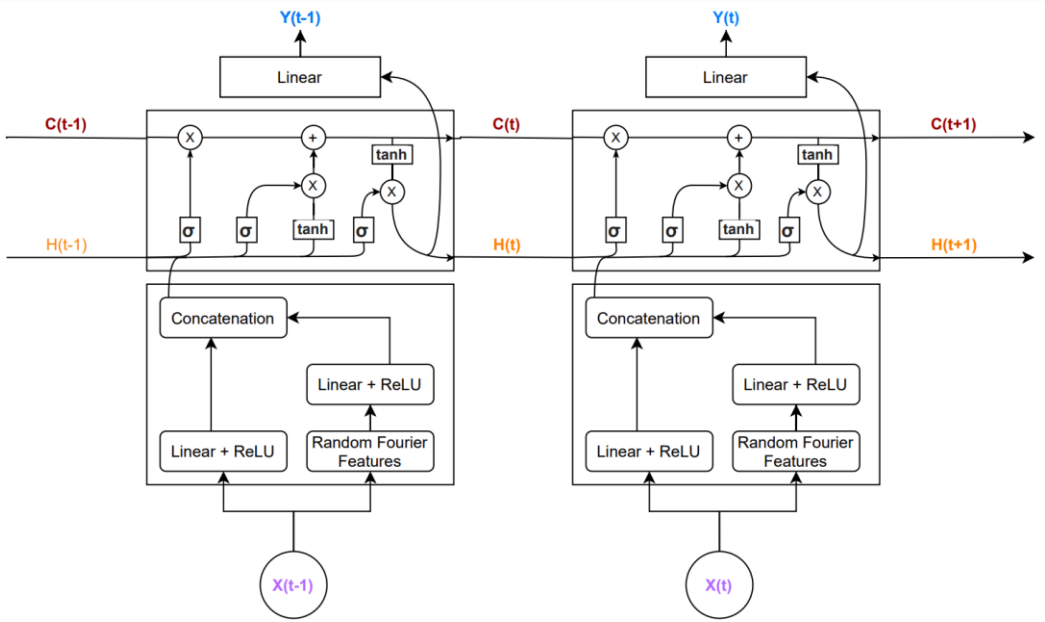
Признаки Скрытые слои Утонение

# Инновационная составляющая: предиктивные модели

Модель машинного обучения.
Нейронная сеть Трансформер (TR)




Модель машинного обучения.
Рекуррентная нейронная сеть (RNN)




**Y(t)** - ответ (значения истончения) на временном шаге t.
**H(t)** - скрытое состояние рекуррентного слоя на временном шаге t.
**C(t)** - значение-кандидат рекуррентного слоя на временном шаге t.
**X(t)** - вектор признаков (значения замеров параметров трубы) на временном шаге t.

# Инновационная составляющая

- **4 модели** (1 аналитическая и 3 модели машинного обучения)
- более **100 модификаций** архитектур моделей
- более **4 000 моделей** для каждой скважины на этапе исследования
- более 1**0 000 часов** обучения моделей
- по **25 000 векторов признаков** для каждой скважины

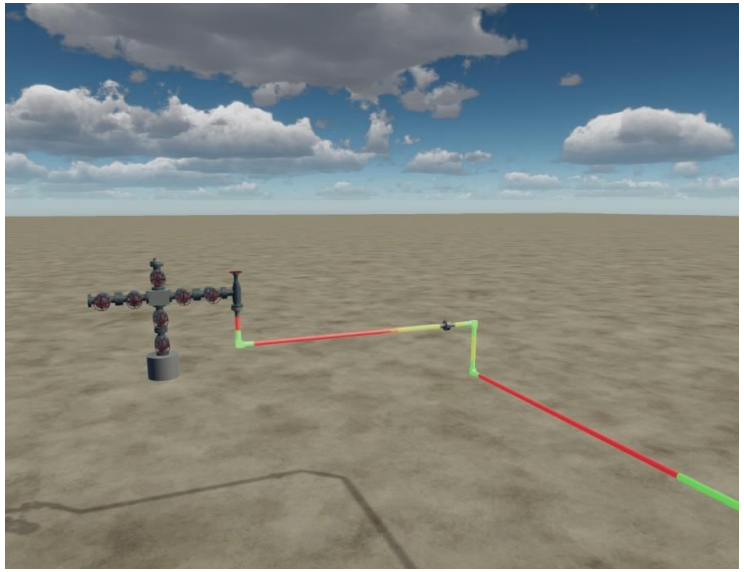
Планируемые результаты работы предиктивного блока в частности и разрабатываемая интеллектуальная система в целом обладают научной новизной и представляют собой большой интерес для научных публикаций и написания кандидатских и докторских диссертаций в области технических наук.

# Исследование состояния обвязки скважины

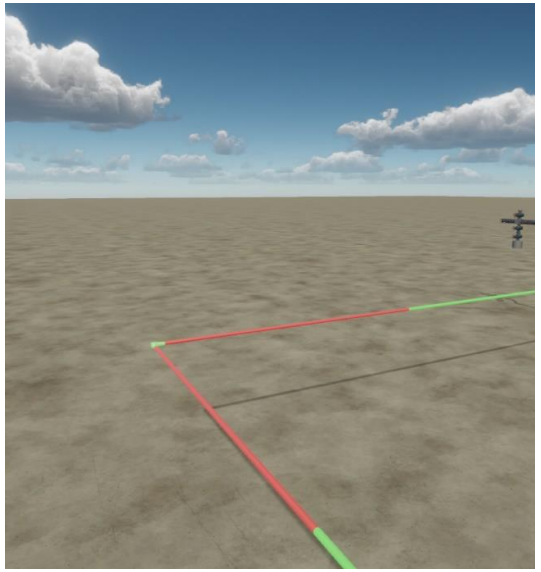
Командой ООО “ИТ-Сервис” было исследовано состояние обвязки трубопровода по наблюдениям на январь 2022 года. Ниже представлен вид сверху на участки ГС1 и ГС2 трубопровода обвязки скважины в десктоп-приложении СПД для просмотра 3D-моделей. При просмотре был задействован режим отображения толщин в виде цветовой индикации: зелёный цвет - значения близкие к номинальной толщине стенки, красный - критическое утонение. Из рисунка особо выделяются 3 участка:

- участок близкий к фонтанной арматуре;
- участок, находящийся на расстоянии примерно 30 м от фонтанной арматуры вдоль трубы;
- участок, расположенный ближе к блоку ЗРА.

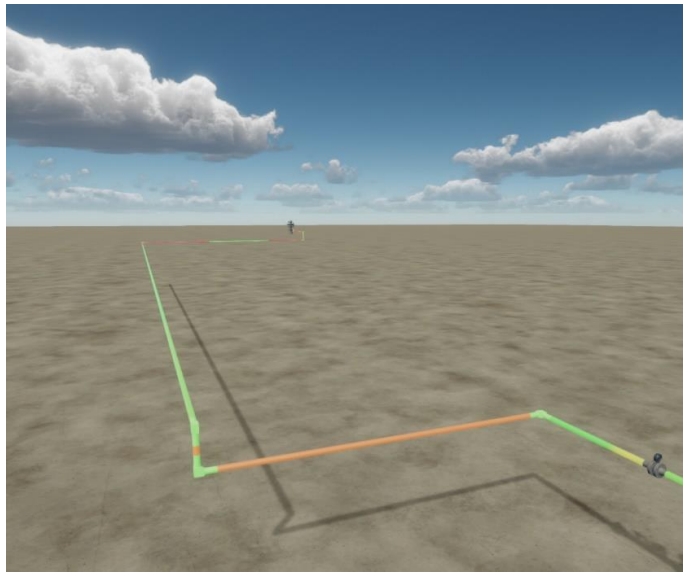
Последний из указанных участков обладает минимальной толщиной стенки около 15 мм, что не является критическим значением. Поэтому для более тщательного исследования были выбраны точки на участках 1 и 2.



**1**



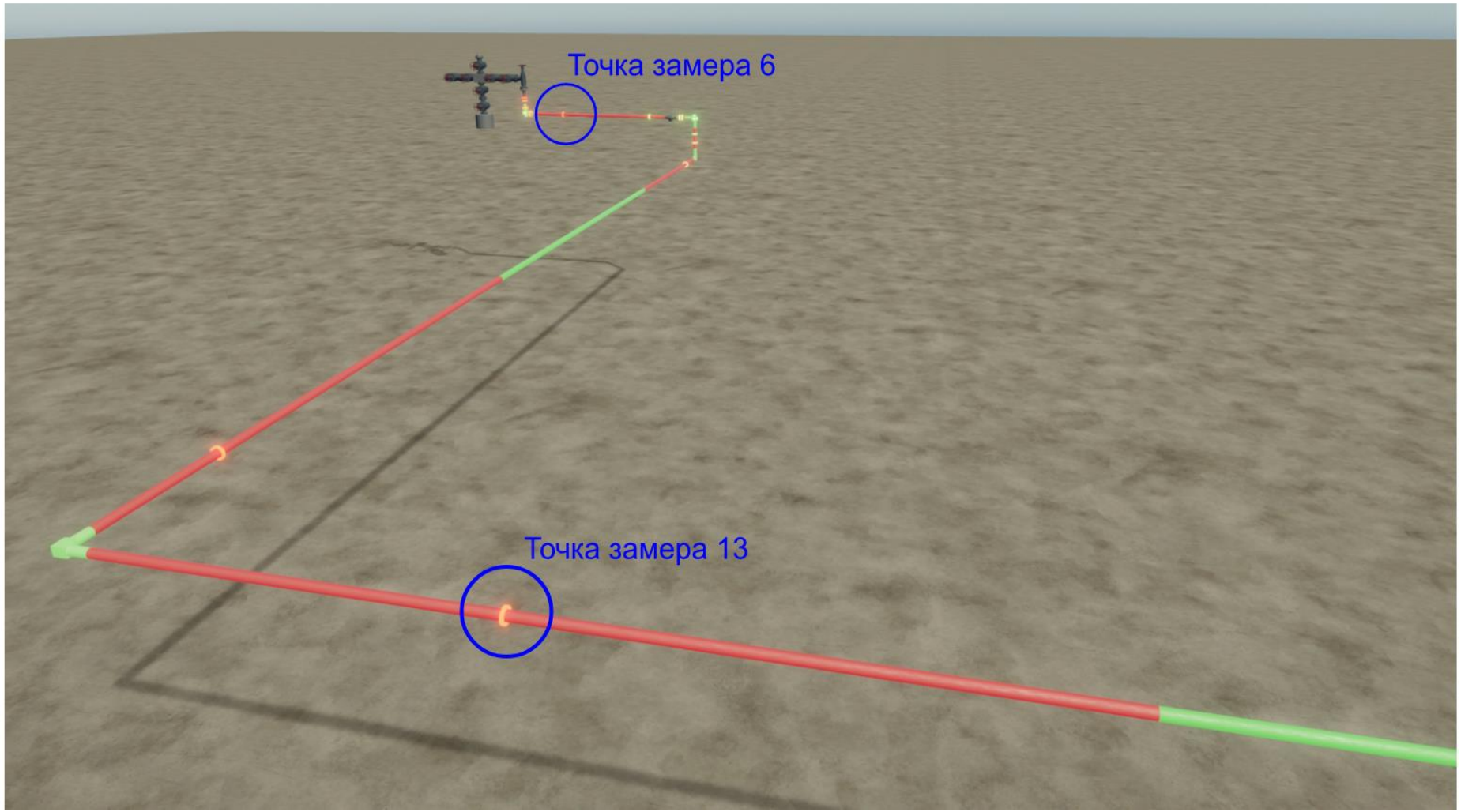
**2**



**3**

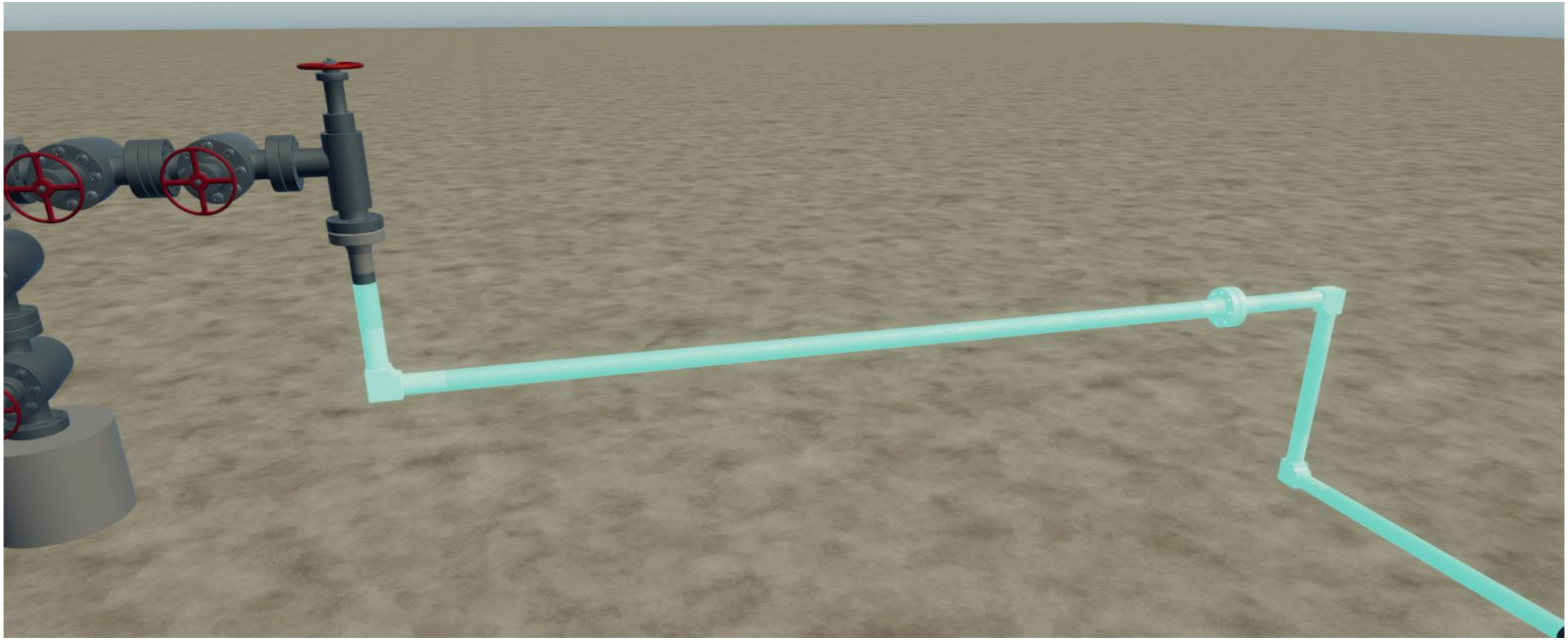
# Исследование состояния обвязки скважины

Расположение точек замера при УЗД с номерами 6 и 13, которые были выбраны для исследования

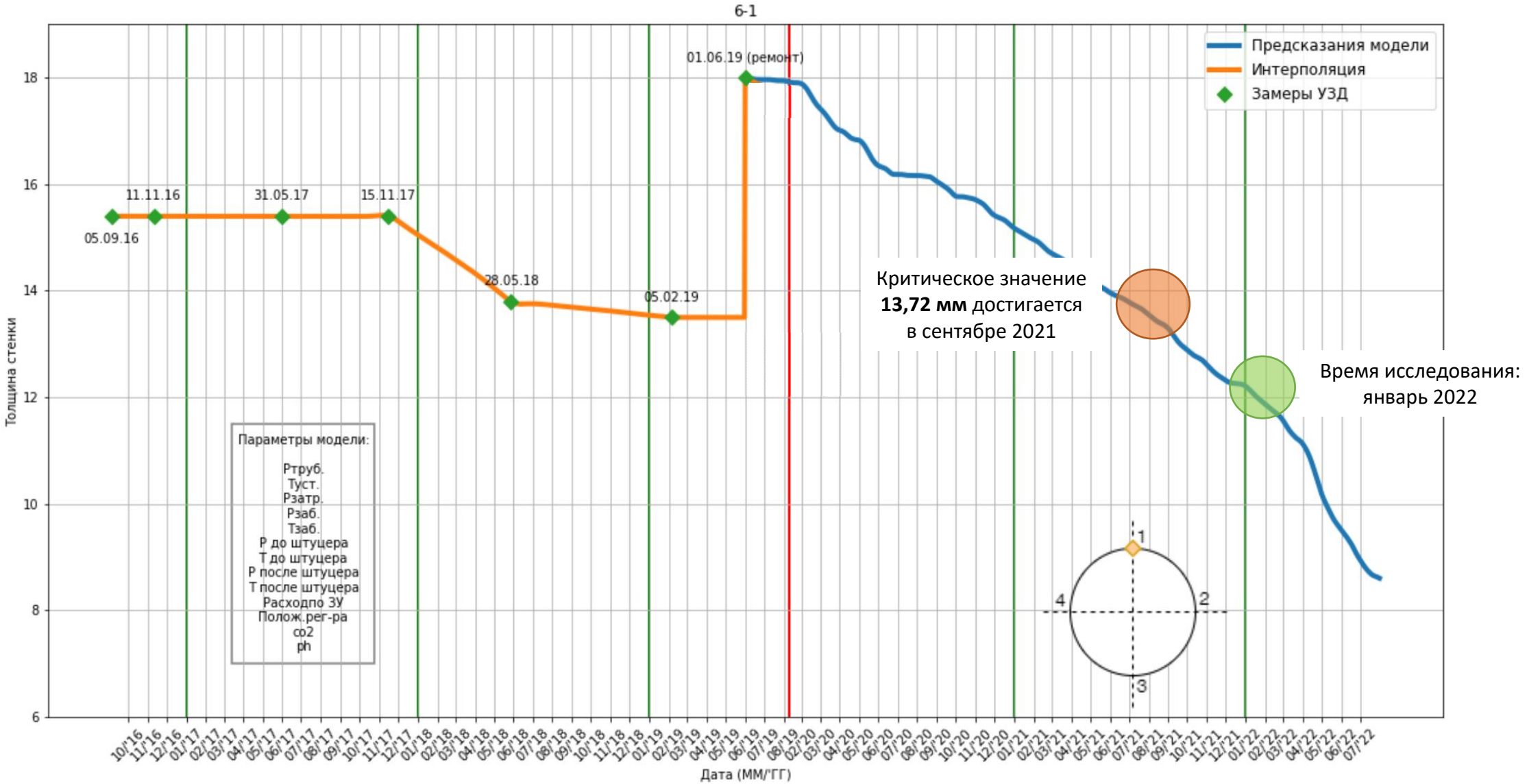


# Исследование состояния обвязки скважины

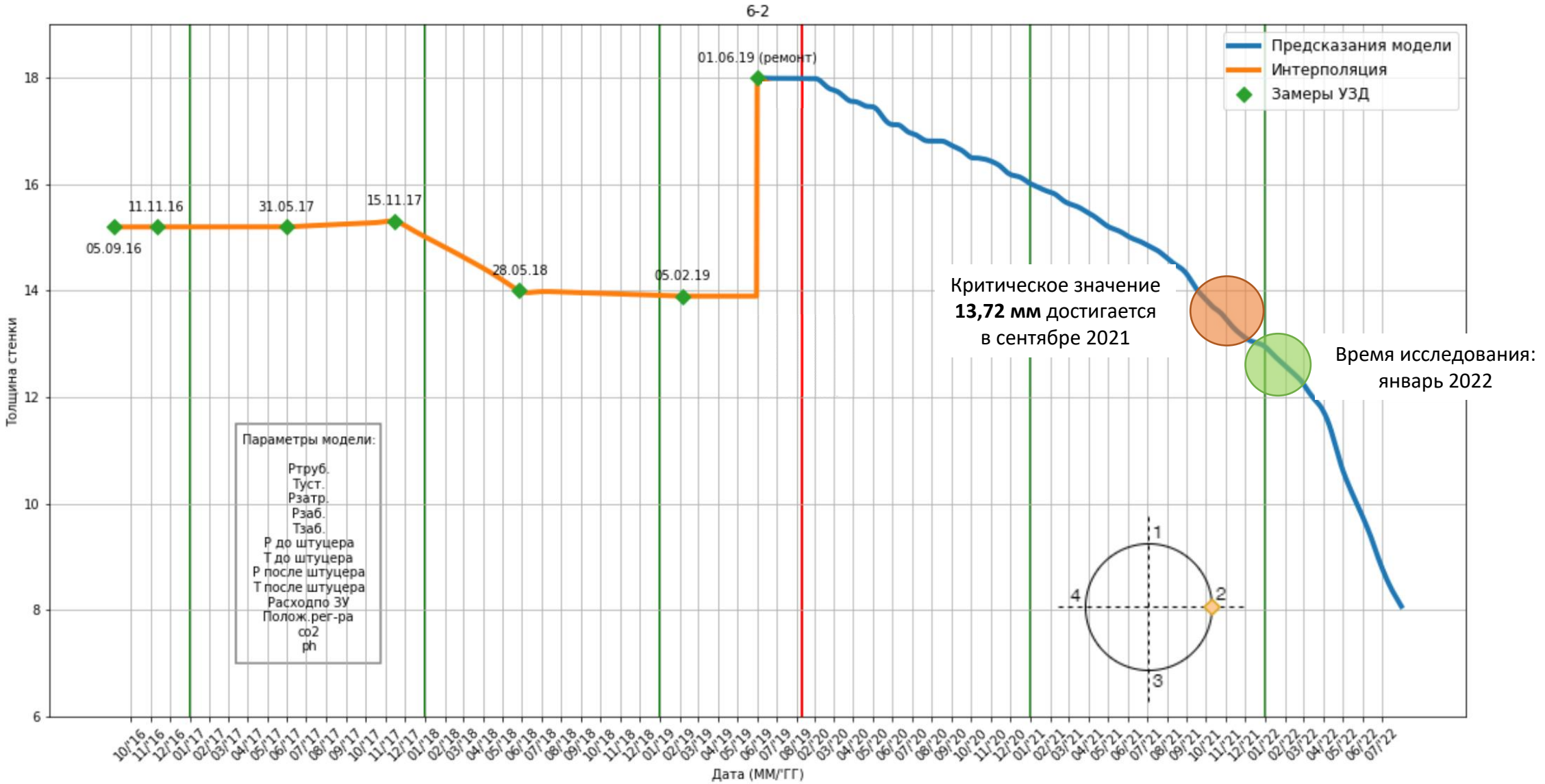
Ранее в систему была внесена информация о ремонте первого участка в 2019 году, поэтому при исследовании точки 6 было учтено, что в 2019 году толщина трубопровода на этом участке была “восстановлена” до номинальных 18 мм.



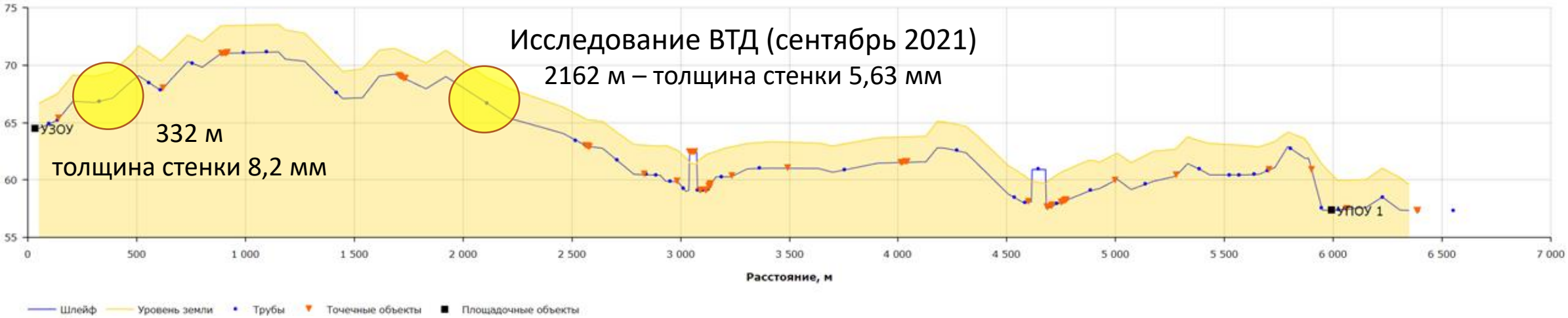
# Исследование состояния обвязки скважины

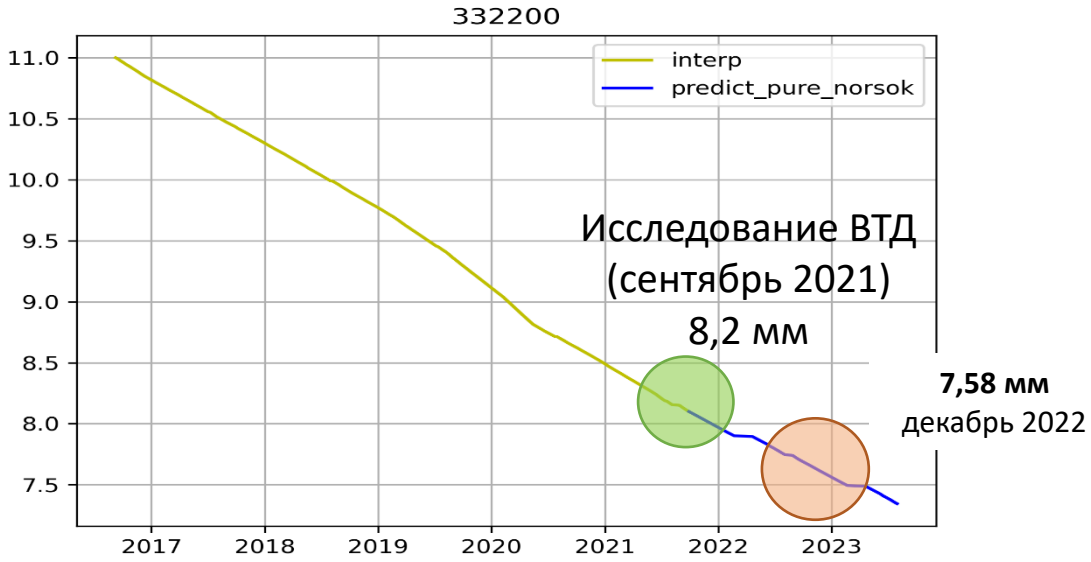


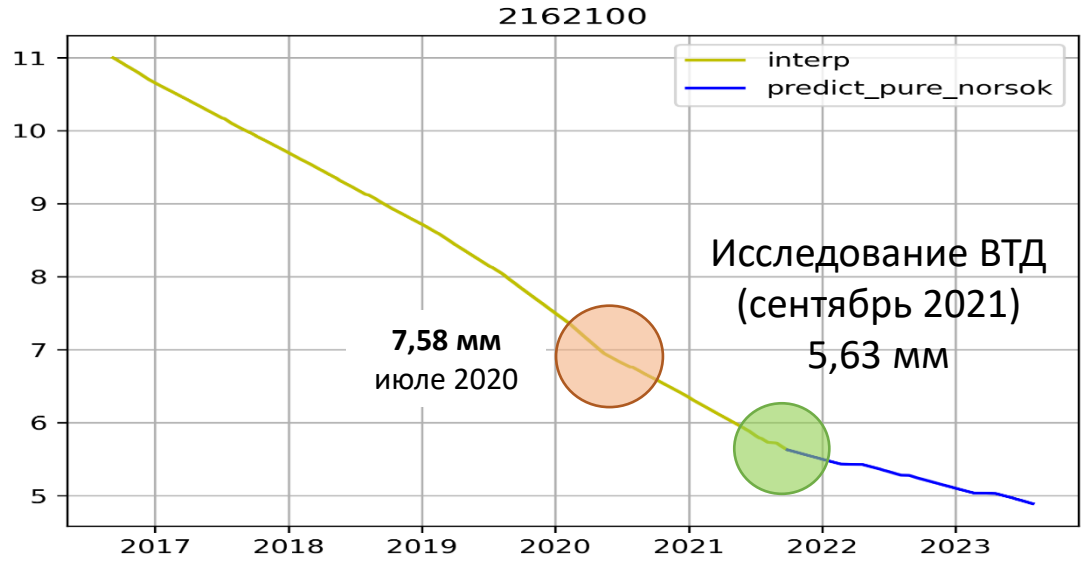
# Исследование состояния обвязки скважины



# Исследование состояния шлейфа



Александр
Усачёв

Исполнительный директор
+ 7 846 212 00 49
+7 919 800 87 49
usachev@its-samara.com

Глеб
Беркович

Руководитель проектов департамента
информационных технологий
+ 7 919 800 87 30
berkovich@its-samara.com