

Сервис быстрой интерпретации (СБИ)

■ Завьялов А.И., Тянь А.Д., Маргина Т.С., Князев В.А., ООО «Тюменский нефтяной научный центр» (дочернее общество ПАО «НК «Роснефть»), Тюмень.

Аннотация: В работе описаны основные проблемы текущего процесса интерпретации данных геофизических исследований при бурении горизонтальных скважин на месторождениях Западной Сибири. Предложено решение - информационная система «Сервис быстрой интерпретации» (далее – Система, ИС «СБИ») для оптимизации и автоматизации текущего бизнес-процесса, позволяющее оперативно и в автоматическом режиме интерпретировать данные поступающие с буровых установок. Описана архитектура системы и перечислен функционал ее блоков, а также пути дальнейшего развития СБИ.

Ключевые слова: Интерпретация данных ГИС, LWD, автоматизация.

Одним из направлений нефтегазовой промышленности являются геофизические исследования скважин (далее - ГИС). Оно включает методики и технологии, используемые для изучения геологического строения и свойств пород, вскрываемых скважинами.

Доля горизонтального бурения ежегодно растет, с 2021 года в компании ПАО «НК Роснефть» составляет более 70%.

Оперативная интерпретация ГИС играет ключевую роль в процессе бурения горизонтальных скважин и позволяет получить представление о геологическом разрезе, оценить литологию, характер насыщения и фильтрационно-емкостные свойства. Оперативно полученные данные позволяют принимать решения о своевременной корректировке траектории и как следствие увеличении эффективности проходки, а в некоторых случаях, благодаря представлению о литологии вскрываемых отложений – избегать аварийных ситуаций.

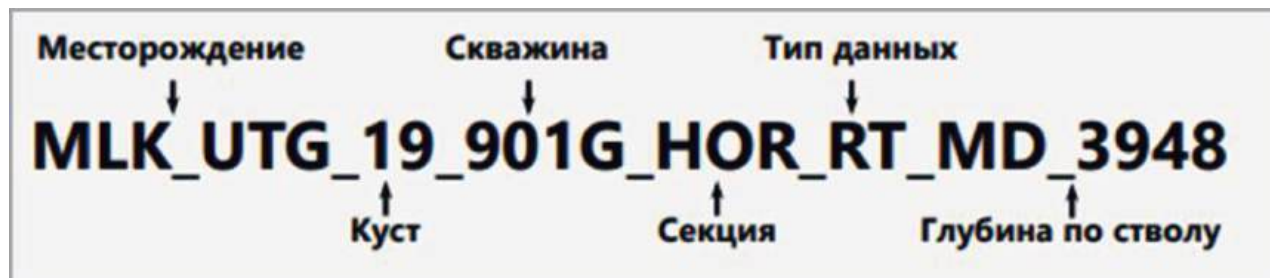
Данная работа преследует актуальный на сегодня в Компании вектор развития автоматизации и цифровизации с целью повышения эффективности бизнес-процессов и имеет за собой цель разработать ИС СБИ, которая должна обладать следующими преимуществами:

- мгновенное получение информации о качестве коллектора в процессе бурения;
- оперативное принятие решений при дальнейшей стратегии бурения совместно с ОГ;
- перераспределение высвободившихся ресурсов на наукоемкие процессы.

В контексте сопровождения процесса бурения горизонтальных скважин следует уделять внимание упорядочению системы именования файлов. Это обусловлено тем, что внедрение любых автоматизированных протоколов в данной сфере обречено на провал в отсутствии четко сформулированного и понятного алгоритма присвоения наименований файлам и сопроводительной документации.

На практике на почтовые адреса Системы поступают письма, содержащие набор данных для интерпретации. Вложенные файлы могут быть как отдельными, так и в одном архиве. Архив должен быть назван так же, как и файлы, в соответствии с правилом (рисунок 1).

Почтовый сервис обрабатывает входящие письма и выполняет поиск шаблонного макрос-файла в заданной директории согласно префиксу месторождения и скважины.



▲ Рис. 1. Алгоритм присвоения имён файлам.

На протяжении всей работы почтового сервиса производится проверка вложенных данных согласно алгоритму проверки. В случае обнаружения ошибок, формируется список для полученного набора данных и отправляется ответным письмом. К ответному письму со списком ошибок прикладывается файл-конструктор, который позволяет сформировать корректные названия файлов, темы письма и т.п. (рисунок 2).

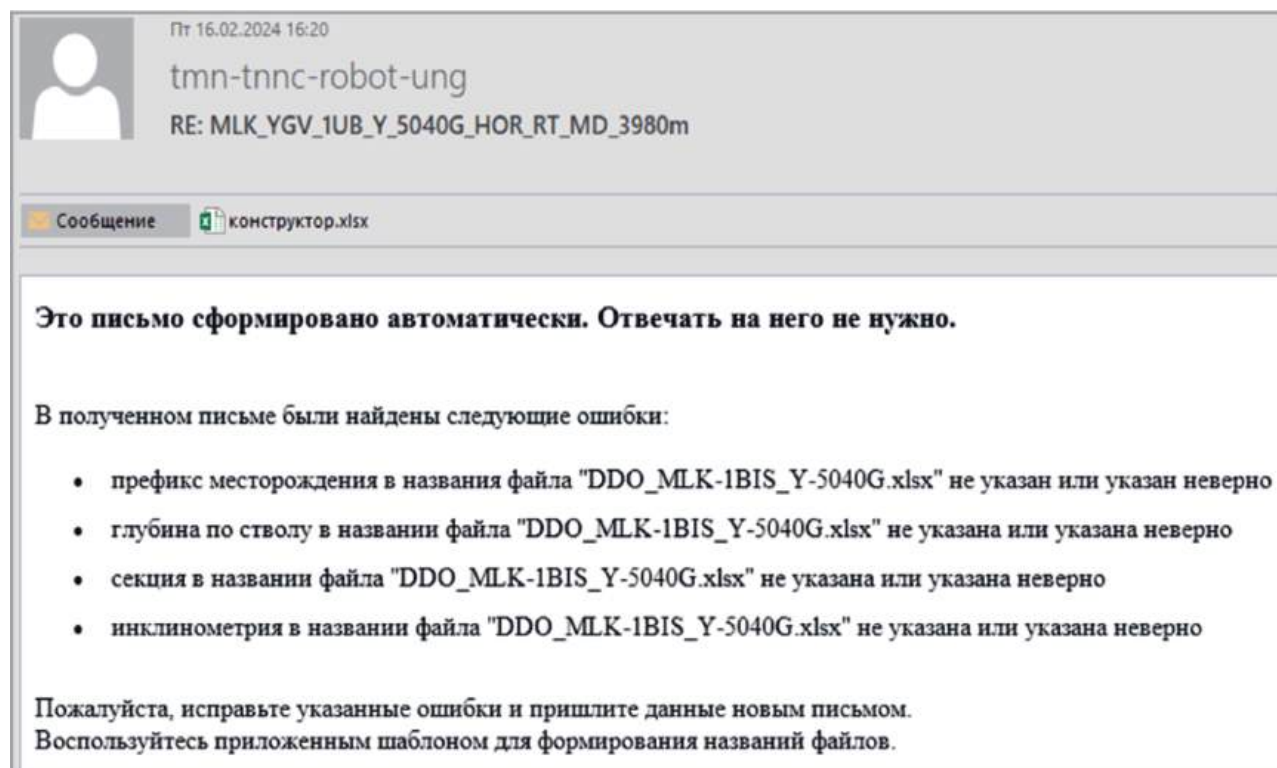
В такой ситуации необходимо исправить ошибки и повторно направить данные на адрес электронной почты Системы (адрес будет отличаться в зависимости от Общества Группы (далее - ОГ).

Сервис быстрой интерпретации (СБИ) — это специально разработанный сервер для анализа и автоматической обработки геолого-геофизической информации с внедрением робота-интерпретатора. Работает СБИ с лас-файлами и табличными данными. Специалисту на подготовительном этапе остаётся привязать геологический разрез, загрузить структурную карту и данные ГИС по скважинам окружения для нормировки плотностного и гамма каротажей.

Остальные операции сервис способен выполнить самостоятельно (рисунок 3). К ним относятся:

1. Передача информации с буровой на

▼ Рис. 2. Пример ответного письма, при наличии ошибок в данных.





▲ Рис. 3. Рабочий процесс автоматической интерпретации.

почтовый ящик СБИ;

2. Автоматическая фильтрация и загрузка данных в расчётное пространство сервера:

- кривые ГИС;
- фактическая траектория.

3. Автоматическая интерпретация данных ГИС:

- коэффициент пористости, проницаемости и нефтенасыщенности;
- литология и характер насыщения.

4. Экспорт данных:

- планшет с кривыми ГИС, геологическим разрезом и фактической траекторией;
- таблица РИГИС – поплавовая интерпретация;
- лас-файл – поточечная интерпретация.

5. Рассылка данных.

Данный алгоритм получил свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2023685628.

Для специалиста затраченное время на вышеописанные действия в среднем составляет 70 минут: поиск необходимой информации в почте или на сетевом ресурсе, загрузка информации, обработка. Далее при необходимости нормировка, интерпретация, создание таблицы РИГИС и экспорт лас-файла. В финале оформление результатов интерпретации и рассылка на почтовые ящики.

С элементами автоматизации в специ-

ализированном ПО - 52 минуты: тот же самый алгоритм действий, что и описанный выше, но с доработками по части скриптов. В первую очередь был написан скрипт, который значительно упростил и ускорил загрузку и обработку лас-файлов и инклинометрии. Также модернизации подверглись скрипты для интерпретации и макрос в MS Excel, который сэкономил время на оформление результатов. Благодаря чему удалось сократить обработку замера специалистом в среднем на 18-20 минут.

СБИ выполняет эту работу менее чем за минуту (рисунок 4).

С момента внедрения автоматической интерпретации в рабочий процесс на рассматриваемых месторождениях было пробурено 304 горизонтальных скважины (рисунок 5). Более 60 процентов скважин проинтерпретированы полностью в автоматическом режиме, около 30 процентов скважин обработано в режиме частичной автоматизации. Это означает, что автоматическая обработка была настроена и выполнялась, но, в тоже время, по запросу от Недропользователя интерпретация реализовывалась специалистом. Десять процентов скважин, в связи со сложными геологическими условиями и высокой долей неопределённости пробурены без автоматизации.

Экономия времени за два года на одного специалиста составила приблизи-



▲ Рис. 4. Временные затраты на интерпретацию.

тельно 110 рабочих дней. При расчёте этого времени учитывались следующие факторы: количество скважин в год, количество интерпретаций в день, среднее количество дней бурения горизонтальной секции, сэкономленное время на интерпретацию одного замера.

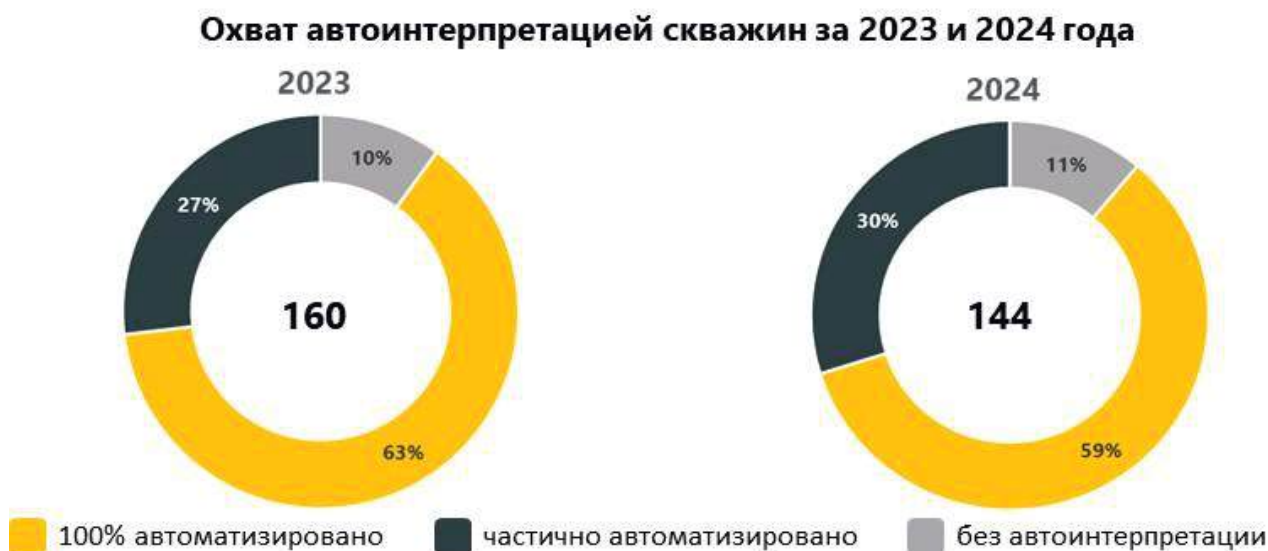
Практическая значимость интеграции автоинтерпретации, посредством экономии времени на рутинных операциях, отразилась в разработке новых проектов, более тесном взаимодействии со смежными управлениями в рамках синхронизации петрофизических моделей, актуализации петрофизических моделей и

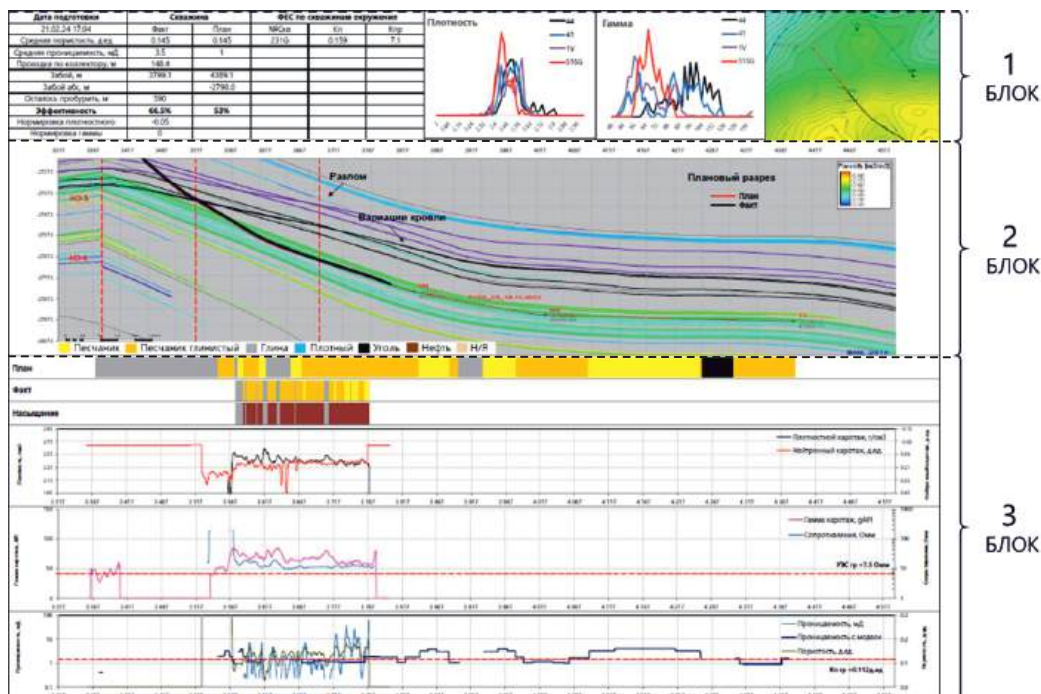
расчётных скриптов.

Основным видом полученных в результате автоинтерпретации данных является планшет оперативной интерпретации для геонавигации (рисунок 6), на котором отражается геолого-геофизическая информация в процессе бурения горизонтальной скважины.

Условно планшет можно разделить на три блока. Первый блок состоит из плановых и фактических данных Кп, Кпр и эффективной проходки, а также ФЕС по скважинам окружения и гистограмм распределения гамма и гамма-гамма плотностного каротажей.

▼ Рис. 5. Охват автоинтерпретацией скважин за 2023 и 2024 года.





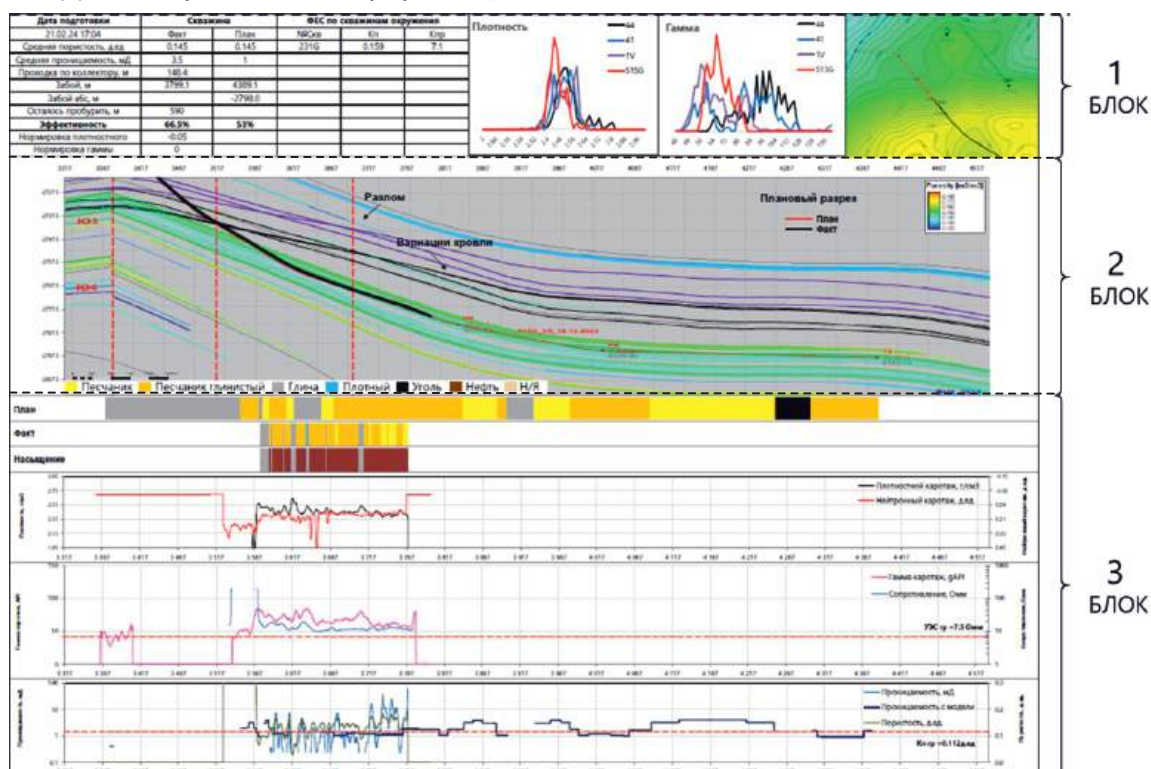
▲ Рис. 6. Планшет информации для геонавигации.

Второй блок - геологический разрез с отображением плановой и текущей траекторий.

Третий блок - литологическая колонка и насыщение, а также треки с кривыми ГИС и рассчитанные коэффициенты пористости и проницаемости.

Опытно-промышленные работы показали высокую эффективность и достоверность СБИ (рисунок 7). По результатам анализа 90 скважин сходимость эффективной проходки и оценки пористости СБИ-человек составила 95%.

▼ Рис. 7. Достоверность интерпретации.



Для взаимодействия с результатами интерпретации и исходными файлами используется клиент-серверное приложение. Клиентское приложение реализовано с использованием библиотеки React JS, серверная часть – с использованием фреймворка Flask и представляет из себя API (программная реализация способа взаимодействия между клиентским приложением и серверным) для работы с файлами.

Перед началом работы пользователь авторизуется на сервере (клиент-сервер по протоколу HTTP, сервер-Active Directory (корпоративное хранилище со всеми пользователями) по протоколу LDAP (протокол взаимодействия, проверка существования пользователя)). Срок хранения сессии пользователя составляет 24 ч.

Интерфейс Системы состоит из трёх блоков (рисунок 8):

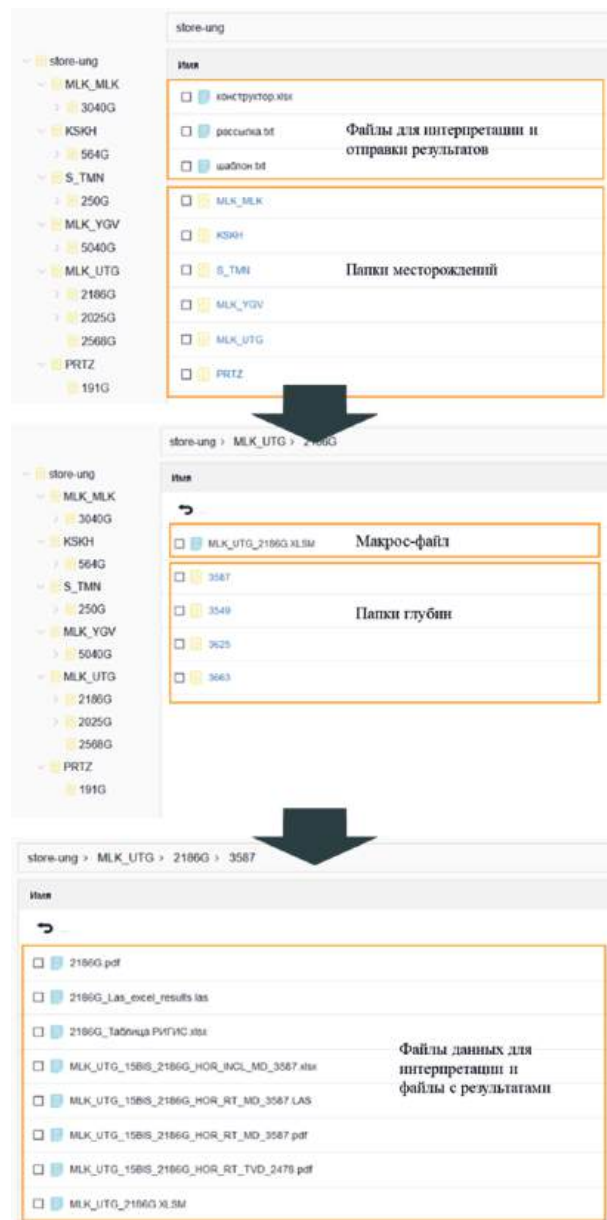
1. Дерево папок - 1.
2. Содержимое папок - 2.
3. Адресная строка с панелью управления - 3.

Набор кнопок на панели управления зависит от функций, которые можно выполнить в выбранной папке.

Структура дерева папок в Системе:

1. Корневая папка (store-ung, индекс «ung» будет меняться в зависимости от ОГ) содержит файлы для осуществления интерпретации и отправки результатов (являются одним из условий корректной работы сервиса).

- Конструктор.xlsx – содержит формы для корректного наименования файлов с данными для интерпретации.
- Рассылка.txt – содержит наименования почтовых ящиков сотрудников, на чьи адреса необходимо отправлять проинтерпретированные данные.
- Шаблон.txt – содержит список тегов



▲ Рис. 8. Интерфейс системы.

месторождений.

2. Папки месторождений, названные в соответствии с тегами из шаблона.

В интерфейсе Системы пользователь может увидеть полученные по почте результаты, выбрав нужную папку в структуре (рисунок 8).

Пользователю предлагаются стандартные функции загрузки, удаления и скачивания файлов в файловую систему сервера с помощью кнопок панели управления.

Возможна замена конкретного файла с помощью кнопки «Заменить» - удаление файла и добавление под его названи-

ем нового. Если заменяется макрос-файл, то Системой выполнится поиск соответствующей его названию скважины, последней глубины для скважины и исходных данных для этой глубины. Если все данные найдены, то файлы с результатами удаляются и для найденных данных запускается интерпретация новым макрос-файлом.

После произведения всех расчетов пользователю поступает всплывающее уведомление о завершении операции. При возникновении какой-либо ошибки также выводится уведомление.

На время выполнения каждой из операций файлы блокируются и недоступны для изменения пользователями до полного выполнения операций.

Ключевые преимущества Системы:

- Независимость от специализированного ПО;
- С момента получения письма до отправки результата проходит менее 1 минуты;
- Затраченное время на предбуровой дизайн шаблона на интерпретацию ГИС составляет 30 минут;
- Централизованное хранение и безопасность;
- Возможность оперативно корректировать алгоритм интерпретации и внедрять инновации в исполняемый файл.

Система позволит сократить время реакции до одной минуты с момента получения информации. Благодаря оперативной интерпретации пошагово оценивается изменение литологии и ФЕС по разрезу. Комплексный анализ в случае сложных геологических структур позволяет более уверенно принимать решения по корректировке траектории скважины в процессе бурения.

Кроме этого разрабатывается альтернативный вариант получения данных с

буровых. Это WITSML (Wellsite Information Transfer Standard Markup Language) — международный открытый стандарт обмена данными между различными службами и организациями, работающими в нефтегазовой отрасли.

Данный способ получения информации позволит анализировать ФЕС и литологию вскрываемых отложений в режиме онлайн.

Ссылки и литература

1. React: The library for web and native user interfaces [сайт].
URL: <https://react.dev/>
2. Flask: Flask provides configuration and conventions, with sensible defaults, to get started [сайт].
URL: <https://flask.palletsprojects.com/en/3.0.x/>
3. Каротажник 2023, ISSN 1810-5599, УДК 55.832 А.И. Завьялов, С.А. Ерёмин, Т.С. Маргина, А.В. Акиншин. ООО «ТННЦ» Робот-интерпретатор данных каротажа в процессе бурения (LWD) горизонтальных скважин.