



ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ БУДУЩЕГО - СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ НАУК О ЗЕМЛЕ

Наумова В.В.¹, Патук М.И.¹, Еременко А.С.^{1,2,3}, Загуменнов А.А.^{1,2,3},
Ерёменко В.С.¹

¹Государственный геологический музей им. В.И.Вернадского РАН,
г.Москва

²Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток

³Дальневосточный федеральный университет, г.Владивосток

РЕЙТИНГ ИЗ 10 НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО ВЕРСИИ ВСЕМИРНОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО ФОРУМА 2024

Рассмотрим ряд перспективных цифровых технологий, способных радикально изменить развитие сразу многих областей, которые в настоящее время уже применяются или имеют перспективы применяться в геологических исследованиях



- 1. Искусственный интеллект**
- 2. Технологии беспроводной связи**
- 3. Системы распределенного реестра**
- 4. Большие данные и квантовые вычисления**
- 5. Виртуальная и дополненная реальность (VR и AR)**
- 6. Digital-инструменты и Виртуальные ассистенты**

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

Разработан широкий спектр алгоритмов МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ, подходящих для выполнения специализированного геологического анализа. Машинное обучение можно использовать с целью выявления геологоразведочных объектов в условиях избытка данных, автоматического выявления геологических зон залегания полезных ископаемых, оценки твердости руды на основе результатов анализа и др.

Совместно с коллегами из Sber AI и МГУ специалисты Минералогического музея им. А. Е. Ферсмана собрали БД ИЗ 44 ТЫСЯЧ ИЗОБРАЖЕНИЙ БОЛЕЕ ЧЕМ 5 ТЫСЯЧ ВИДОВ МИНЕРАЛОВ. Внутри неё содержатся подмножества данных для классификации, сегментации и оценки размера образцов. Созданная база позволит обучить ИИ классифицировать минералы и определять их размер

Развитие МЕТОДОВ ИИ, СВЯЗАННОЕ С ОБРАБОТКОЙ И ГЕНЕРАЦИЕЙ ТЕКСТОВ, открыло серьезные возможности по извлечению новых знаний из потока научной геологической информации, которую очень трудно, а зачастую и невозможно переработать традиционным методом чтения.

В области наук о Земле с помощью методов обработки естественного языка решаются следующие задачи: выделение геологических и географических именованных сущностей, извлечение пространственных и временных взаимосвязей, классификация, кластеризация, реферирование геологических отчетов и публикаций и др.



ТЕХНОЛОГИИ БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ



Сенсорные сети (wireless sensor networks, WSN) используются для мониторинга вулканов — объектов, требующих постоянного наблюдения и изучения. Такие сети — это распределённые, самоорганизующиеся сети множества датчиков (сенсоров), объединённых между собой посредством радиоканала. Цель — фиксировать физические параметры, связанные с геологическими процессами под поверхностью, и передавать данные в центры мониторинга.

Распределенное детектирование событий в многомерных потоках данных в беспроводных сенсорных сетях
Жижин М.Н.^{1, 2}, Андреев А.В.³, Медведев Д.П.³, Пойда А.А.³, Мальков С.В.³

Технология беспроводных сенсорных сетей позволяет совместить сенсоры, микропроцессор для сбора и первичной обработки данных, системы питания и радиосвязи в небольшом защищенном корпусе и объединить много таких устройств в беспроводную сеть сбора данных, которая способна к самонастройке и автономной работе на открытой местности в течение нескольких лет.

СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА

СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЁННОГО РЕЕСТРА применяются в геологии для обеспечения безопасной, неизменяемой и прозрачной передачи данных между участниками геологоразведочных работ, добычи полезных ископаемых и мониторинга геотехнических объектов. Такие системы позволяют:

Хранить информацию в электронной системе БД, распределённой между несколькими сетевыми узлами или устройствами, без единого управляющего узла.

Синхронизировать данные между узлами с помощью автоматического алгоритма консенсуса: каждый узел самостоятельно обновляется, после чего все узлы «голосуют» за обновление реестра и достигают согласия в отношении одной из его копий.

Защищать данные уникальной электронной подписью, что обеспечивает защищённость БД и при этом её прозрачность.

ФГИС «Единый фонд геологической информации о недрах» (ЕФГИ) — федеральная государственная информационная система, которая содержит реестр геологической информации, имеющейся в федеральном и территориальных фондах геологической информации, а также в организациях, находящихся в ведении органов государственной власти. Цель — информационное обеспечение управления государственным фондом недр, ведения государственного кадастра месторождений и проявлений полезных ископаемых, государственного баланса запасов полезных ископаемых, реестра работ по геологическому изучению недр.





КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Невероятная Мощность

Квантовые компьютеры смогут решать задачи, непосильные для классических систем, открывая новые горизонты в науке, криптографии и оптимизации.

Сверхбыстрые Вычисления

Благодаря квантовым явлениям, квантовые компьютеры будут способны выполнять вычисления с беспрецедентной скоростью.

Неразрушимая Безопасность

Квантовая криптография обеспечит абсолютно безопасную передачу данных, защищенную от взлома.

ВИРТУАЛЬНАЯ И ДОПОЛНЕННАЯ РЕАЛЬНОСТЬ



ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ (VR) И ДОПОЛНЕННОЙ (AR) РЕАЛЬНОСТИ используются в геологии для визуализации геологических данных, моделирования и анализа структур. Эти технологии позволяют специалистам погружаться в геологические структуры, изучать их изнутри и получать более глубокое понимание строения недр.

Технологии виртуальной и дополненной реальности изменяют способы общения, обучения и совместной работы.

Научно-технический центр «Газпром нефти» и Сколковский институт науки и технологии создают уникальную цифровую технологию для выбора оптимальной системы разработки нефтяных месторождений.

DIGITAL-ИНСТРУМЕНТЫ И ВИРТУАЛЬНЫЕ АССИСТЕНТЫ



Обнаружение месторождения железной руды в Западной Австралии. Специалисты стартапа Earth AI с помощью алгоритмов искусственного интеллекта проанализировали архивные спутниковые снимки за последние 20 лет, данные геофизических исследований и результаты предыдущих разведочных работ. В результате затраты на поиск сократились на 30%, а время разведки — с 3 лет до 8 месяцев.

Выявление дополнительных запасов нефти в уже разрабатываемых пластах. Компания «Газпром нефть» применила ИИ-алгоритмы, которые проанализировали исторические данные бурения и сеймики за 15 лет. По оценкам экспертов, такие «цифровые месторождения» могут увеличить добычу на 5–15% без дополнительных капитальных вложений.

Обнаружение никелевых месторождений в Индонезии. Спутник Phisat-2 с ИИ-алгоритмами обнаружил никелевые месторождения по повышенной температуре поверхности в районах древних вулканов.

Обнаружение крупных залежей фосфатов в Западной Африке. Система на основе ИИ от EOS Data Analytics выявила участки с аномальным содержанием фосфора в почве по изменению её отражательной способности.

Поиск кимберлитовых трубок — главных источников алмазов. В 2023–2024 годах специалисты Института геологии алмаза (Якутск) успешно внедрили систему на основе искусственного интеллекта, которая анализирует комплекс данных: от спектральных характеристик растительности до магнитных аномалий.

ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ ТЕХНОЛОГИЙ БУДУЩЕГО

Технологии будущего в геологии связаны с развитием цифровых решений, которые повышают эффективность и точность геологических исследований, открывают новые возможности для поиска и разведки полезных ископаемых.

Главный тренд – интеграция ИИ, IoT и Big Data.

**Развитие квантовых вычислений для
сверхточного моделирования**





ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СРЕДА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ

Основной целью данных работ является разработка Единого цифрового пространства геологических знаний, которое рассматривается как некоторая перспектива создания, развития и интеграции разно типовых информационных ресурсов РФ и сервисов, в том числе основанных на моделях и технологиях искусственного интеллекта, в современной цифровой интеллектуальной среде.

Сравнительный анализ текстов геологических публикаций с использованием больших языковых моделей

Стремительный рост объёма публикаций во всех областях геологических наук делает критически важным внедрение методов автоматизированной обработки научных текстов. Одним из наиболее перспективных инструментов для решения этой задачи выступают большие языковые модели на основе нейронных сетей. Наши работы по семантическому поиску публикаций с использованием дополнительно тренированных языковых моделей и нахождения меры близости геологических текстов показали хорошие результаты. Но используемые модели оказались неспособны выполнить глубокий анализ текстов. Сравнительный анализ современных архитектур позволил нам выделить модель DeepSeek R1, относящуюся к классу систем с расширенными возможностями логического вывода. Проведено тестирование предложенного подхода для сравнительного анализа геологических публикаций. Тестирование показало вызывающие доверие результаты.

<http://83.149.241.22/>

Сервисы анализа геологических текстов с помощью нескольких больших нейросетевых языковых моделей. Они позволяют выполнять поиск на основе введенного запроса или анализировать предоставленные тексты, включая составление резюме и сравнение нескольких публикаций.

Список сервисов:

- [Поиск семантически близких публикаций](#)
- [Косинусная близость двух текстов](#)
- [Сравнительный анализ текстов геологических публикаций](#)

Сервис анализа PDF файлов геологических публикаций

с помощью нейросетовой языковой модели [DeepSeek R1](#)

[Патук М.И. ГГМ РАН](#)

Сервис предназначен для анализа научных публикаций геологической направленности на русском и английском языках.

[К сервису](#)

Для начала работы по анализу PDF файла щелкните по кнопке "Обзор..." и выберите файл, который вы хотите проанализировать. Если вам надо проанализировать только один файл, то слева, где написано "Введите свой вопрос..." напишите примерно следующее - "Проанализируй этот файл" и нажмите кнопку "Отправить" или клавишу Enter.

Обзор... bog-hub2004.pdf

Отправить

Через некоторое время, ~1 мин., зависит от загрузки сервера, на экране появится ваш вопрос и ответ модели. Ответ представлен сплошным текстом, не вполне удобным для восприятия. Для получения ответа в структурированном виде, нажмите на кнопку "Просмотр результата". Откроется отдельное окно со структурированным ответом.

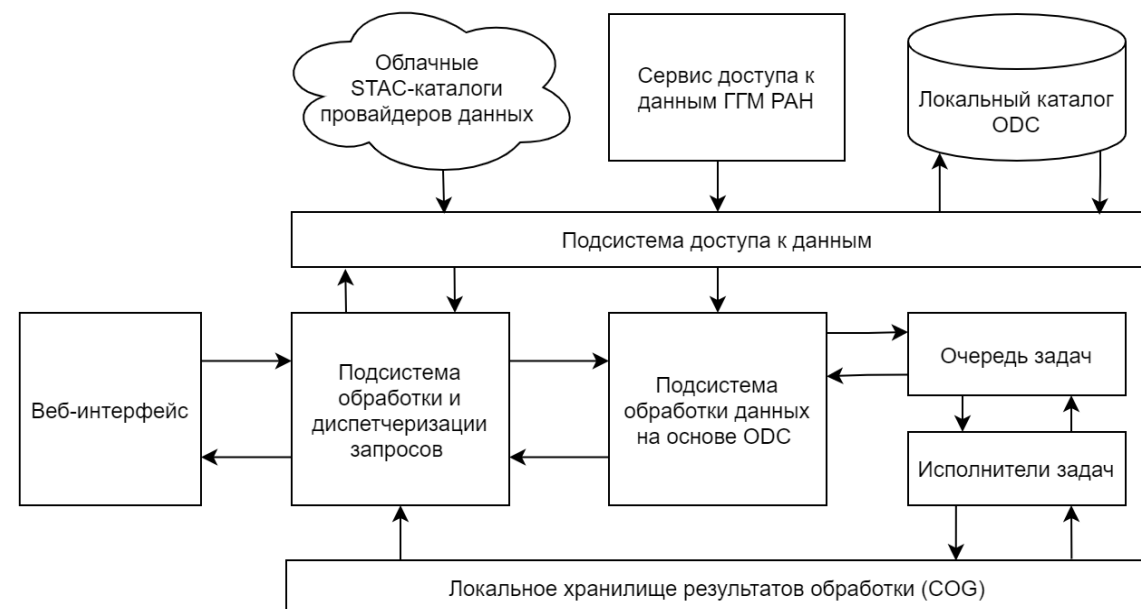
Ответ ИИ

Анализ статьи "Месторождение алмазов кимберлитовой трубки Мир: основные этапы изучения, особенности и результаты разведки"

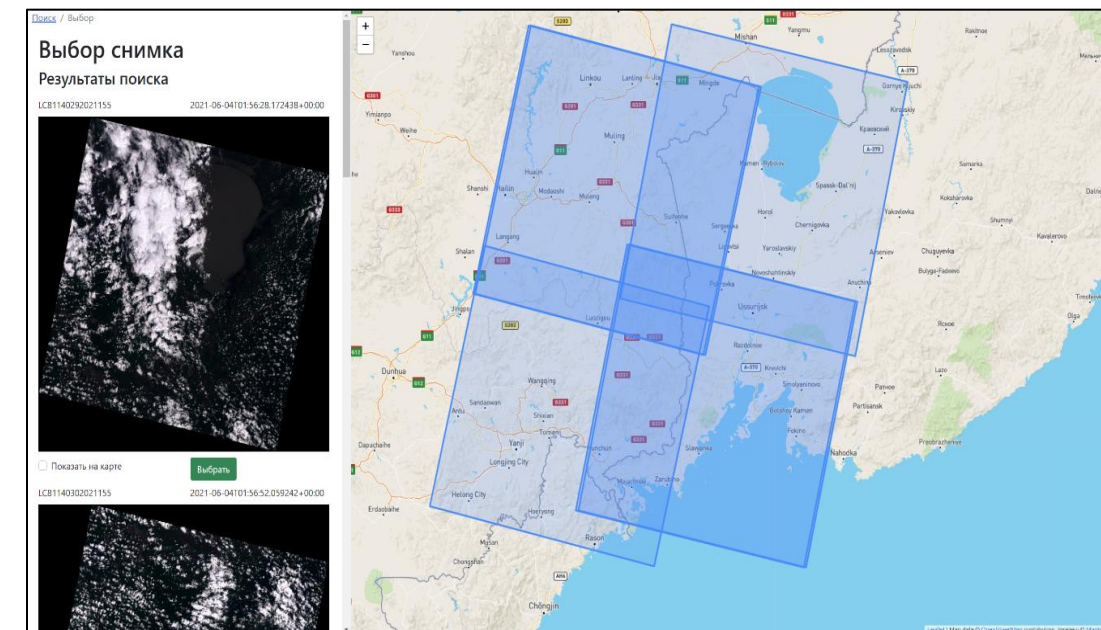
Цель исследования

Разработка интеллектуальной платформы по работе со спутниковыми и пространственными данными в виде мультиагентной системы на базе больших языковых моделей искусственного интеллекта

В ГГМ РАН осуществляется разработка информационно-вычислительного узла для поиска и обработки спутниковых и пространственных данных для решения задач геологии на основе программной платформы Open Data Cube AI



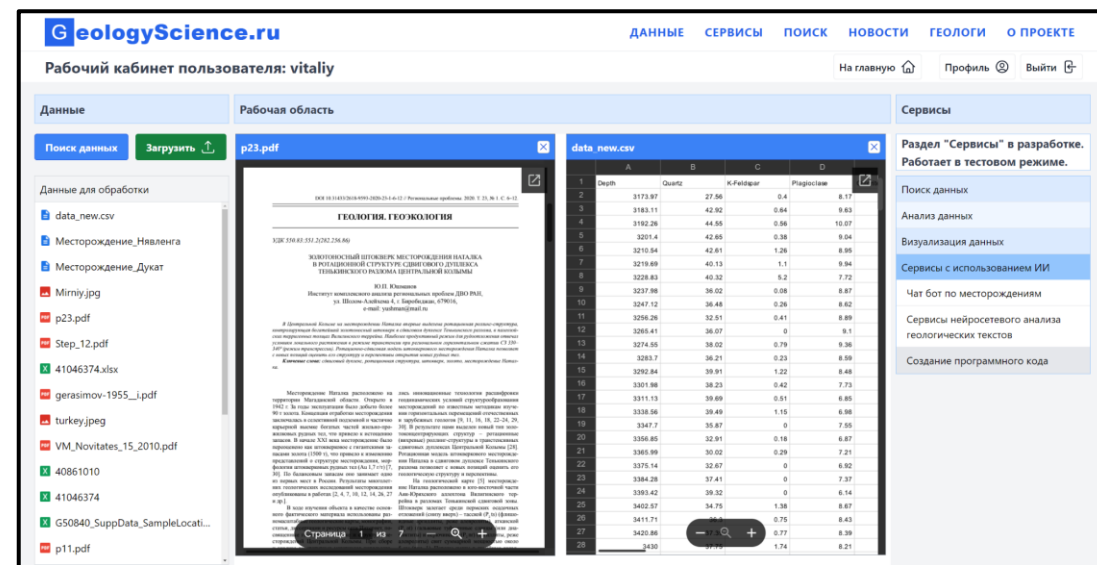
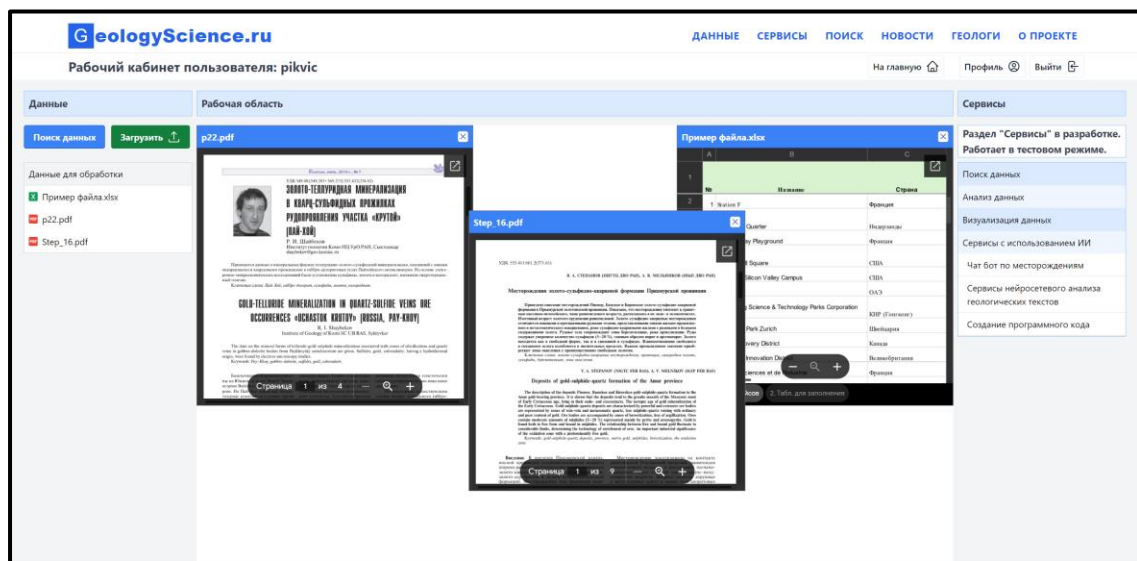
**Интеграция
технологий
DataCube AI, GeoAI
и LLM для поиска и
обработки
спутниковых
данных для наук о
Земле**



Мультиагентная система – ии виртуальный помощник геолога-исследователя

Научное открытие основывается на том, что ученые генерируют новые гипотезы, которые проходят тщательную экспериментальную проверку. Чтобы ускорить этот процесс, в разных тематических областях разрабатываются AI co-scientist, мультиагентные системы, построенные на различных платформах. Коллега по искусственному интеллекту призван помочь раскрыть новые, оригинальные знания и наглядно сформулировать новые исследовательские гипотезы и предложения, основанные на предыдущих доказательствах и согласованные с предоставленными учеными целями исследования и руководящими указаниями.

Виртуальный соавтор авторами разрабатывается для того, чтобы выступать в качестве полезного помощника и коллеги геолога-исследователя, способствуя ускорению процесса научных открытий. Предполагается, что система будет представлять собой сложную мультиагентную систему искусственного интеллекта, разработанную для отражения процесса рассуждений, лежащего в основе научного метода.



СЕРВИСЫ ДЛЯ ПОИСКА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

КАТАЛОГ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ :

Коллекция сервисов текстового поиска: по международной библиотеке DataCite; по Порталу открытых данных ГГМ РАН; по Государственным геологическим картам (ВСЕГЕИ); по Цифровому репозиторию научных статей по геологии ГГМ РАН; по Энциклопедии "Геология России" ГГМ РАН; по БД «Роснедра»: метаданным геол. отчетов и месторождениям пол. Ископаемых.

Сервисы анализа количественных данных , а также доступ к интерактивному облачному сервису Excel (Microsoft) и к сервису анализа петролого-геохимических данных (ИФЗ РАН).

Сервисы анализа спутниковой и пространственной информации *(в разработке)*

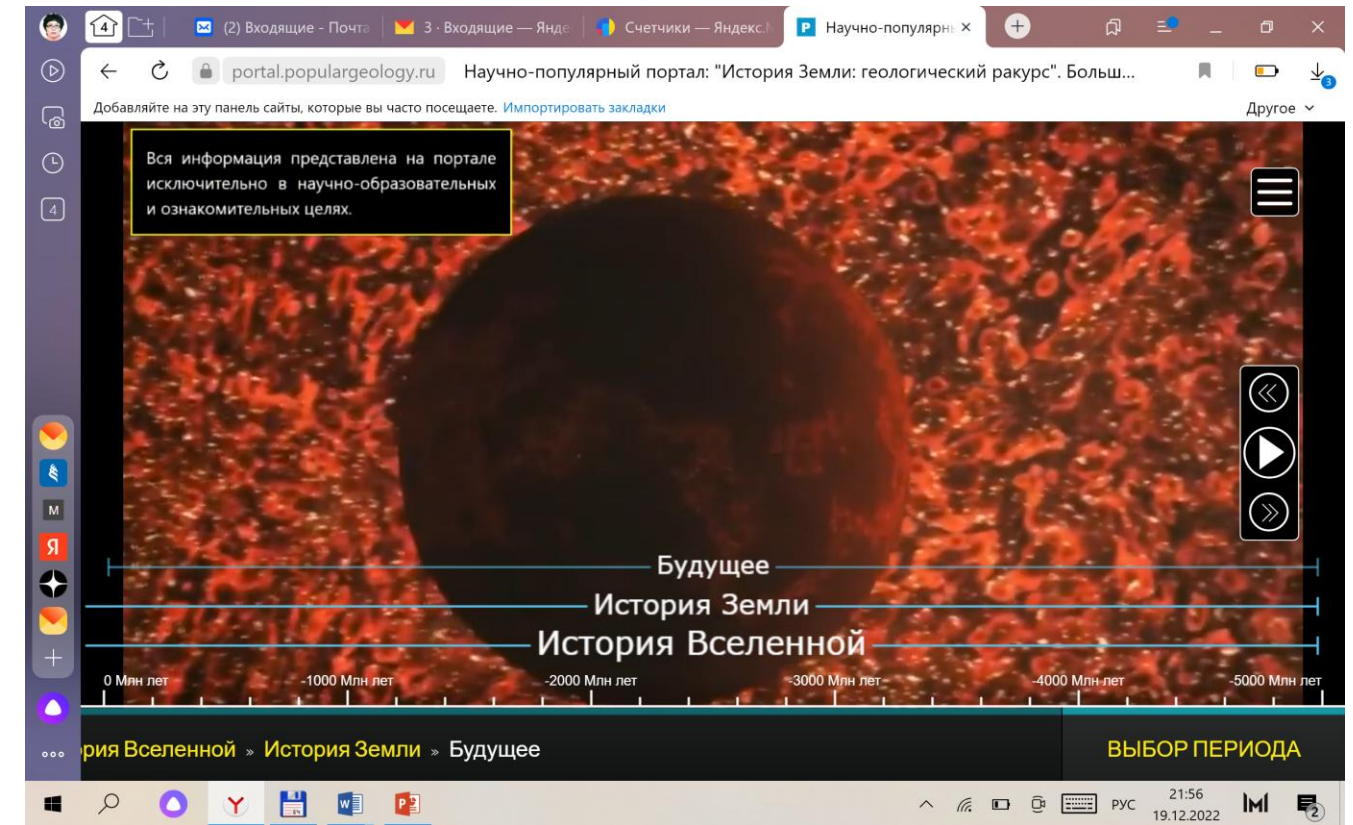
Сервисы визуализации количественных данных.

Сервисы с использованием искусственного интеллекта:

- Сервисы нейросетевого анализа геологических текстов;
- Чат-бот по месторождениям РФ;
- Чат-бот создания программного кода.

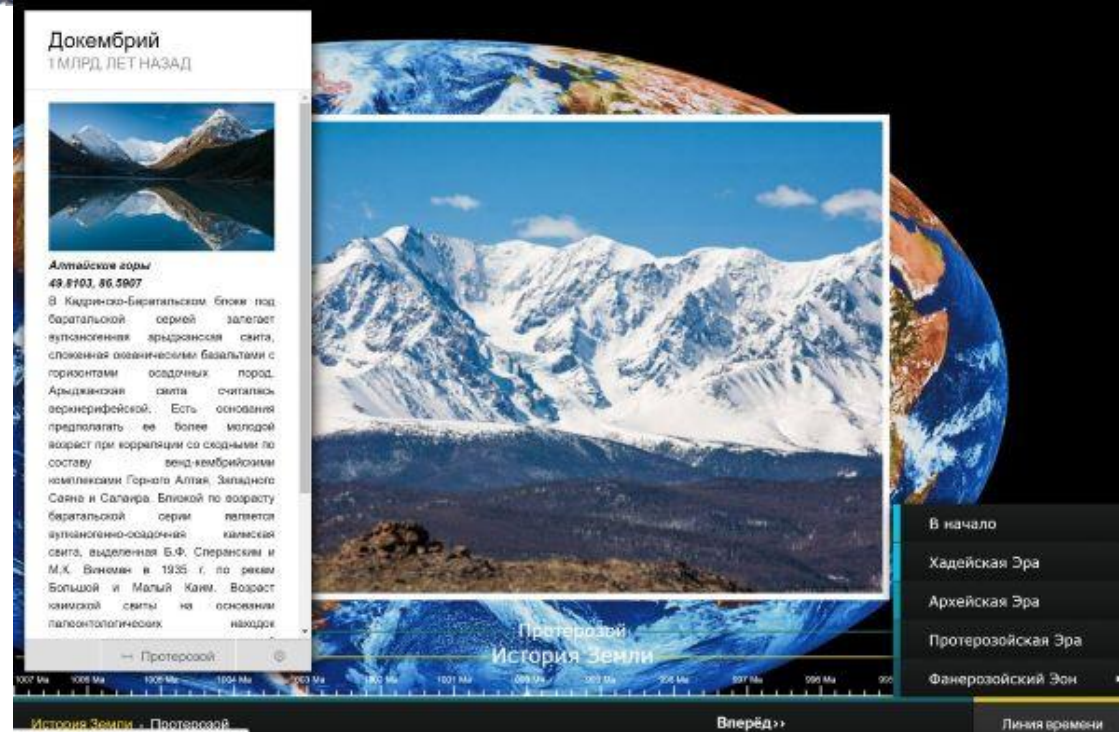
Все эти сервисы доступны как на Портале <https://geologyscience.ru/так> и через другие порталы в автоматическом режиме.

Экспозиция по истории развития Земли представляет собой уникальную 5-экранную демонстрационную систему с привязкой к экспонатам зала «Геологическая история Земли» ГГМ РАН.



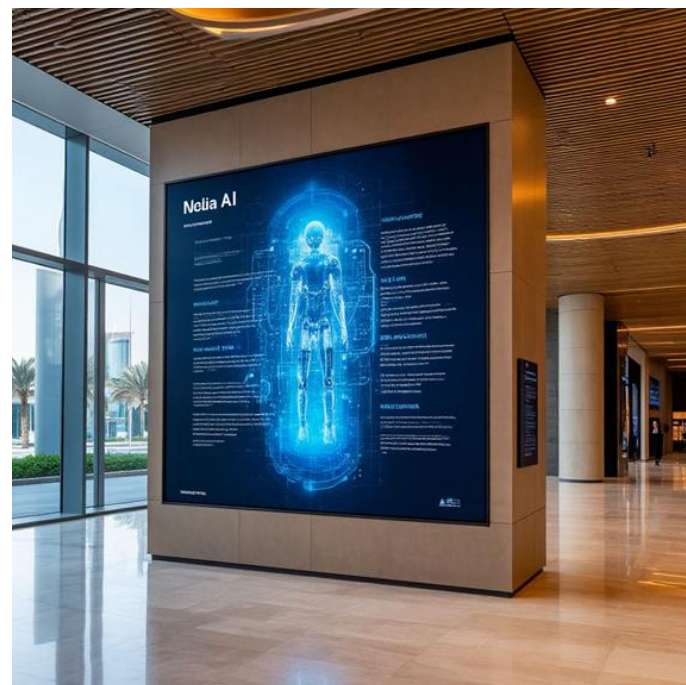
<https://populargeology.ru/>

Для популяризации научных знаний в интерактивной и динамической форме в Государственном геологическом музее им. В.И. Вернадского РАН велись разработка и адаптация методов и технологий для **НАУЧНО-ПОПУЛЯРНОГО ПОРТАЛА «ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ: ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РАКУРС»**. Данный Портал расположен в сети по адресу new.populargeology.ru



МЕТАВСЕЛЕННАЯ “ИСТОРИЯ ЗЕМЛИ”

Популяризацию геологических знаний мы осуществляем с помощью виртуальных пространств. Это цифровые среды, в которых люди могут взаимодействовать как по образовательным и научным поводам, так и просто находить собеседников по интересам и общаться. Их называют метавселенными. Чтобы реализовать возможность полного виртуального погружения в метавселенную, **для создания трехмерного мира используются такие передовые технологии, как виртуальная реальность, 3D-реконструкция, искусственный интеллект и Интернет вещей.**



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложены методы и разработаны цифровые технологии для аккумуляции больших объемов территориально распределенной геологической и музейной информации (Big Data), а также web-сервисов для обработки и анализа всех типов геологической информации, в том числе и интеллектуальных для анализа геологических публикаций с использованием больших языковых моделей искусственного интеллекта (ИИ). Предложена первая версия интеграции геологических данных и сервисов на основе ИИ. В основе интеграции - цифровое решение постановки геологических задач. На этом решении разработан прототип цифрового ассистента геолога-исследователя для геологических информационных систем. Результат имеет принципиальную новизну. Возможные сферы практического применения: для поддержки научных геологических исследований, для решения задач производственной геологии, для получения аналитических материалов органами государственной власти и др. через разработанный авторами Портал ГГМ РАН <https://geologyscience.ru/> .

**Работы выполняются в рамках темы государственного задания ГГМ РАН No
1021061009468-8-1.5.1 «ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА ИНТЕГРАЦИИ И АНАЛИЗА
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И МУЗЕЙНЫХ ДАННЫХ».**

Спасибо за внимание!

