



# Мультиагентная система – ИИ цифровой помощник геолога-исследователя

Ерёменко В. С., Наумова В. В.

*Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН*

ITES-2025

# Цифровой помощник геолога

Программа, взаимодействующая с пользователем в диалоговом режиме на естественном языке.

Автоматизирует работу с информацией:

- Приём и понимание запросов
- Подбор подходящих научных публикаций
- Анализ и систематизация данных
- Формулирование гипотез
- Поддержка научных решений и оформление результатов

Цель — упростить и ускорить процесс научного исследования, повысить качество и обоснованность выводов.

Помощь студентам, аспирантам и молодым ученым строить план научного исследования.

# Модель взаимодействия с цифровым помощником



# Рабочий кабинет пользователя

GeologyScience.ru

ДАННЫЕ В ВИРТУАЛЬНЫЙ АССИСТЕНТ НОВОСТИ ГЕОЛОГИ О ПРОЕКТЕ

Виртуальный ассистент пользователя: vitality

На главную Профиль Выйти

Данные

Поиск данных Загрузить

15866372.pdf

data\_new.csv

Месторождение\_Нявенга

Месторождение\_Дукат

Mirniy.jpg

p23.pdf

Step\_12.pdf

41046374.xlsx

gerasimov-1955\_i.pdf

turkey.jpg

VM\_Novitates\_15\_2010.pdf

40861010

G50840\_SuppData\_SampleLocation...

p11.pdf

Oreh\_19.pdf

prokhorova.csv

13621449.pdf

15866372.pdf

1458179984.pdf

49439217.pdf

Ansh\_15.pdf

U1F0A0.pdf

summary\_clusters.csv

text.txt

Рабочая область

41046374.xlsx

ТИХООКЕАНСКАЯ ГЕОЛОГИЯ, 2004, том 23, №3, с.14-21

УДК [550.41:553.412] (571.61:62)

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОПИЛИТОВ РАЙОНА МЕСТОРОЖДЕНИЯ МНОГОВЕРШИННО (НИЖНЕЕ ПРИАМУРЬЕ)**

Л.П. Плюснина, Г.Г. Лиходов, Ж.А. Щека, И.И. Фатянов

Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, г. Владивосток

Основываясь на составе природных минеральных ассоциаций, главным образом пропилитов, Многовершинного месторождения изучены реакции гидрولиза с участием эпидиота и/или геденбергита, албита, других минералов. Выбранные минеральные ассоциации определены в ходе взаимодействия с флюидом поведение золота при образовании месторождений. Растворимость золота при 300 и 400 °С (P<sub>жид</sub> = 1 кбар) в модельном флюиде была изучена экспериментально в присутствии выбранных твердофазовых буферов. Гидротермальная среда моделировалась растворами 1mNaCl переменной кислотности. Ряд физико-химических параметров были рассчитаны методом минимизации свободной энергии Гиббса систем с помощью пакетов программ "Skeltech" и "Tibbs". В итоге установлена буферная смесь изученных минеральных ассоциаций и рассчитаны значения pH и fugitivности кислорода в изученном P-T диапазоне. Установлено, что растворимость золота растет с температурой (Pr(Au)) от -7.54 до -7.26 и вплоть до -6.69 при температуре выше 300 °С благодаря спонтанному формированию геденбергита в условиях роста pH среды. Показано, что пропилиты представляют эффективный геоминеральный барьер, осаждение золота на котором происходит в случае, когда валовое его содержание в гидротермальном флюиде достигает (мг/литр): 0,004 и 0,011 при 300 и 400 °С (P=1 кбар), соответственно. Аналогично, в присутствии геденбергита эти величины возрастают до 0,02 и 0,06.

**Ключевые слова:** золото, растворимость, эпидиотовые пропилиты, эксперимент, расчет, Многовершинное месторождение, Нижнее Приамурье.

**ВВЕДЕНИЕ**

Большинству золоторудных и полиметаллических месторождений, расположенных в пределах вулканогенно-тектонических структур, свойственны проявления различных метасоматических процессов. Яркой иллюстрацией служит золото-серебряное Многовершинное месторождение, расположенное в Нижнем Приамурье на северном окончании Восточно-Сихотлинского вулканического пояса (рис. 1). Рудное поле изучено в Уссурийской вулканической структуре - составной части Безенчульского вулкано-плутона. Главные особенности его строения, состав минеральных ассоциаций и зон околорудных изменений были рассмотрены ранее [1, 4, 15-17 и др.]. По этим данным покровные и субвулканические андезиты, вмещающие месторождение, подверглись плащадной пропилитизации и кислотному выщелачиванию. Интенсивно пропилитизированы и дорудные дайки гранодиорит-порфиритов, тогда как более поздние гранитоиды Безенчульского плутона такого рода изменений не испытали. Эти

формируют довольно однородный фон, на котором выделяются локальные участки более интенсивной пропилитизации вплоть до появления метасоматических тел и жил эпидиотов. Эпидиотовые пропилиты сменяются по границам с кварцево-рудными жилами зонами адуляр-серпент-хлоритового состава, которые являются результатом преобразования эпидиотовых пропилитов под воздействием кислых флюидов. Наряду с метасоматитными стадиями кислотного выщелачивания на Многовершинном месторождении в подчиненном количестве (5-10 %) развиты скварноподобные тела, осложняющие строение рудолокальных структур. Обычно они образуют маломощные линзовидные тела небольшой протяженности и сложены порекристаллизованным эпидиотом, актинозитом с примесью гематита, карбоната и слюды пироксенов салитного (диопсид-геденбергитового) состава, железистым гранитом, эпидиотом, актинозитом с примесью гематита, карбоната и кварца [17]. Скварноподобные тела отсутствуют в частях жильно-метасоматических зон, залегающих среди терригенных пород фундамента вулканической постройки. Наибольшего развития они до-

Сервисы

Раздел "Сервисы" в разработке. Работает в тестовом режиме.

Поиск данных

Анализ данных

Визуализация данных

Сервисы с использованием ИИ

Внешние сервисы

<https://service.geologyscience.ru>

# Мультиагентные системы в геологии

## Примеры применения систем ИИ в геологии



**01** Обнаружение железной руды в Западной Австралии

Мультиагентные системы успешно выявили месторождения железной руды, что повысило эффективность геологических исследований в регионе.



**02** Выявление дополнительных запасов нефти

Использование мультиагентных систем позволило обнаружить новые нефтяные запасы в уже разрабатываемых пластах, оптимизируя добычу.



**03** Обнаружение никелевых месторождений в Индонезии

Системы применялись для выявления никелевых руд, что способствует развитию горнодобывающей отрасли в Индонезии.



**04** Обнаружение крупных залежей фосфатов в Западной Африке

Мультиагентные системы обеспечили эффективный поиск фосфатных месторождений, важных для сельскохозяйственной промышленности.



**05** Поиск кимберлитовых трубок — источников алмазов

ИИ-системы помогают в локализации кимберлитовых трубок, главных источников алмазов, что улучшает процессы разведки драгоценных камней.

# Адаптация ИИ для научных задач



Использование LLM общего назначения без адаптации не обеспечивает качественных научных результатов.

Необходима предварительная адаптация модели:

- Использование специальных промптов
- Применение Retrieval-Augmented Generation (RAG)
- Тонкая настройка (Fine-tuning)

# Сервисы GeologyScience.ru



## Доступ к данным

Предоставляет доступ к пространственным и количественным данным, спутниковым снимкам, научным публикациям и государственным базам данных.



## Инструменты для анализа и обработки данных

Включают **ИИ-анализ текстов**, обработку геохимических и количественных данных с визуализацией.



## Персональный кабинет пользователя

Обеспечивает хранение, работу с данными, интерактивный веб-интерфейс и подключение плагинов.



## Мультиагентная система управления ресурсами

Управляющий узел, который взаимодействует с ресурсами платформы для эффективного использования сервисов.

# Взаимодействие с пользователем

Пользователь ведёт диалог с помощником через чат на естественном языке.

Помощник предлагает релевантные публикации с возможностью скачивания.

Выделяет и формулирует гипотезы на основе анализа данных.

**Чат-бот**

План работы  
21.08.2025

Тестирование работы  
21.08.2025

**Проверка гипотезы**  
07.07.2025

Анализ  
21.08.2025

**Проверка гипотезы** Создан: 07.07.2025, 17:34:12

**Сихотэ-Алинский пояс:**  
Khanchuk A.I. et al. (2016) *Geodynamics of the Sikhote-Alin Orogen*.  
Работы ГИН РАН по Дальнему Востоку.

**Геохимия базитов:**  
Pearce, J.A. (2008) *Geochemical fingerprinting of oceanic basalts*.

**5. Ожидаемая научная новизна**  
Уточнение геодинамической позиции Калиновского комплекса.  
Выявление специфики его магматизма (плауте-мантийное взаимодействие, метасоматоз).  
Сравнение с другими офиолитами Восточной Азии (например, Ханкайский массив).

**6. Практическая значимость**  
Понимание эволюции Сихотэ-Алиня как аккреционного орогена.  
Возможные металлогенические аспекты (Cr, Ni, PGE минерализация).

**7. План работы**  
Введение (актуальность, цели).  
Литературный обзор (офиолиты, геология Сихотэ-Алиня).  
Методы (полевые, лабораторные).  
Результаты (описание комплекса, геохимия).  
Обсуждение (сравнение с океаническими аналогами, геодинамика).  
Заключение (выводы, перспективы).  
Если у тебя есть конкретные данные (геохимия, карты), можно углубиться в детали. Также полезно посмотреть **цифровые геологические карты** (USGS, Геолкарта России) и базы данных (EarthChem, PetDB).  
Нужна помощь с анализом конкретных данных или подбором литературы?

173958  
Можешь ли ты порекомендовать литературу из репозитория научных публикаций

Введите сообщение... Отправить

<https://assistant.geologyscience.ru>

# Используемые технологии

- ИИ модель: DeepSeek R1 (через API)
- Фреймворки для создания ИИ агентов: Ollama, LangChain
- Web-приложение: Java, Spring Boot, СУБД PostgreSQL
- Пользовательский интерфейс: Vue 3

Интеграция с инструментами GeologyScience.ru для доступа к данным и сервисам обработки

# Заключение

- Создание предметно-ориентированной системы цифрового помощника для молодых учёных и исследователей (в разработке).
- Развитие протоколов взаимодействия между агентскими ИИ системами позволяет расширять доступный набор инструментов мультиагентной системы.