

ЧИСЛОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ВИРТУАЛЬНЫЕ АССИСТЕНТЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ

В. В. Наумова¹ [0000-0002-3001-1638], А. А. Загумёнов² [0000-0002-0501-5362],

В. С. Ерёменко³ [0000-0002-5250-5743]

^{1,3}ФГБУН Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН,
Москва;

²ФГБУН Институт автоматизи и процессов управления ДВО РАН,
Владивосток;

¹naumova_new@mail.ru, ²trueepikvic@gmail.com, ³vitaer@gmail.com

Аннотация

Описаны основные этапы применения информационных технологий для научных исследований в геологии. Рассмотрен ряд цифровых технологий ближайшего будущего, которые в настоящее время имеют перспективы применения в геологии. Первые результаты работ в *Государственном геологическом музее (ГГМ) им. В.И. Вернадского РАН* показали перспективность применения очередных шагов развития ИТ-технологий при создании информационно-вычислительных систем для поддержки геологических исследований.

Ключевые слова: *искусственный интеллект, числовые инструменты, виртуальные ассистенты, интеллектуальные агенты, поддержка научных исследований в геологии.*

ВВЕДЕНИЕ

Математические методы для анализа геологических данных используются достаточно давно. Современное состояние математических методов в геологии отражено в десятках монографий и сотнях публикаций, из которых следует особо отметить работы Д.А. Родионова, В.Н. Бондаренко, А.Б. Каждана, Н.Н. Боровко, Р.И. Дубова. Среди зарубежных авторов отметим тех, чьи работы переведены на русский язык: Ч. Крамбейн, Д. Лоули, А. Максвелл, Ж. Матерон, Р.Л. Миллер, Д.Г. Криге, Дж.С. Девис.

Среди программного обеспечения для анализа числовых данных, используемого геологами-исследователями, можно отметить такие пакеты прикладных программ для ПК, как Statistica, BMDP, StatSoft. Для анализа пространственных данных – ArcGis, CorelDraw, Adobe, Surfer и др.

В связи с тем, что в последние годы для решения научных геологических задач вычисления становятся возможными в интернете, геологи используют облачное хранение данных, стандартные и специализированные программные платформы. В этот период отмечено широкое распространение территориально распределенных информационно-вычислительных систем, создаваемых геологическими службами, университетами, научными организациями, библиотеками и естественнонаучными музеями.

Актуальной задачей становится обеспечение открытого доступа к совместимым цифровым данным и программным системам. В качестве примеров можно привести следующие информационно-вычислительные системы:

Digital Earth Australia (<http://www.ga.gov.au/dea/home>). Digital Earth Australia (DEA) – это реализация правительством Австралии платформы анализа с открытым исходным кодом, разработанной в рамках инициативы Open Data Cube (ODC). Программа DEA предоставляет код, документацию, руководства по использованию, учебные пособия и поддержку для международных пользователей Open Data Cube.

U.S. Geoscience Information Network (USGIN) (<http://usgin.org>). Основная цель USGIN: облегчить открытый доступ к совместимым цифровым данным и программному обеспечению в науках о Земле. USGIN-стандарты, протоколы и задачи – наследие National Geothermal Data System (NGDS), системы совместного использования данных, которая обеспечивает доступ к информации о геотермических ресурсах.

Ausgin – Австралийская информационная сеть в области наук о Земле (<http://www.geoscience.gov.au>). В ней широко используются веб-сервисы – главным образом, веб-картографические сервисы (WMS), но также Web Feature Services (WFS) и Web Coverage Services (WCS).

OpenGeoscience BGS. Британская геологическая служба имеет широкий спектр наборов данных и постоянно расширяет доступ к ним к ним, публикуя

большое количество данных на портале OpenGeoscience BGS (<http://www.bgs.ac.uk/opengeoscience>). OpenGeoscience – бесплатный сервис, где можно просматривать карты, загружать данные, сканировать фотографии и другую информацию.

Современное геологическое программное обеспечение с открытым исходным кодом [1]:

QGIS — это надежная и удобная в использовании географическая информационная система (ГИС), пользующаяся популярностью у геологов по всему миру. Обширная библиотека плагинов делает QGIS невероятно универсальным для широкого спектра геологических приложений.

GemPy — инструмент 3D-геологического моделирования с использованием Python Power. Для геологов, знакомых с Python, GemPy предлагает мощный способ создания сложных 3D-геологических моделей. Подход к неявному моделированию и вероятностные особенности делают его идеальным для решения сложных геологических сценариев.

Разработанная при поддержке Geoscience Australia, Loop представляет собой комплексную платформу для построения, визуализации и анализа 3D геологических и геофизических моделей.

Acquire GIM Suite — программное обеспечение для управления геологическими данными, разработанное для эффективного сбора, управления геологическими данными и доступа к ним.

Datamine Fusion объединяет все данные по разведке и добыче в безопасную и доступную базу данных; поддерживает комплексное управление данными по геологии, геохимии и геотехнике.

Plexer — это платформа управления геологическими данными, предназначенная для централизации и управления всеми данными, относящимися к геологоразведке и добыче полезных ископаемых. Основное внимание уделяется доступу к данным в режиме реального времени с удобным интерфейсом.

Leapfrog Geo — это программное обеспечение для 3D-геологического моделирования, разработанное Seequent. Оно предназначено для предоставления геологам интуитивно понятных и мощных инструментов для построения и интерпретации сложных геологических моделей.

Для анализа спутниковых данных одним из лидеров среди облачных сервисов является An Open Source Geospatial Data Management & Analysis Platform (<https://www.opendatacube.org>). Open Data Cube (ODC) — это некоммерческий проект с открытым исходным кодом, который был создан для обеспечения доступа, управления и анализа больших объёмов данных ГИС по мониторингу Земли. Он представляет собой общий аналитический фреймворк, содержащий наборы структурированных данных и инструментов, которые позволяют проводить анализ больших коллекций пространственных данных. ODC был разработан для анализа пространственных данных на больших временных промежутках, однако его можно использовать на любых наборах пространственных данных. Данные могут представлять собой модели высот, геофизические сетки, интерполированные поверхности и т. д. Ключевой особенностью ODC является возможность сохранения каждого уникального элемента набора пространственных данных, в отличие от многих других методов работы с большими коллекциями пространственных данных.

Следующий значительный этап в развитии информационных технологий — применение методов и технологий искусственного интеллекта.

Далее 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.

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ

Цифровые инструменты — это программное обеспечение, приложения и устройства, используемые для работы с цифровыми данными. Они позволяют пользователям создавать, редактировать, хранить, обрабатывать и передавать информацию в цифровом формате.

Уже сегодня для широкого применения доступны цифровые инструменты, которые ещё несколько десятилетий назад казались недостижимым будущим.

Появилось множество сервисов и чат-ботов на основе ChatGPT и других нейросетей, которые помогают в самых разных сферах и задачах. Чаще всего

поручают ChatGPT как **персональному помощнику**: поиск и обобщение информации из интернета; проверку кода; роль персонального репетитора английского; интерпретацию и пересказ фильмов, книг и сериалов; составление индивидуальных подборок по интересам; разработку программы домашних тренировок; мониторинг вакансий, авиабилетов и т. д.; генерацию текстов, ответов на электронные письма, поздравлений; разъяснение сложных или обширных тем.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ В ГЕОЛОГИИ

Агенты искусственного интеллекта (ИИ) – это программное обеспечение, которое умеет взаимодействовать с окружающей средой, собирать данные и на их основе самостоятельно определять и выполнять задачи, позволяющие добиться заранее определенных целей.

Примеры некоторых областей применения агентов на основе искусственного интеллекта в геологии:

- *Анализ данных.* Методы машинного обучения позволяют эффективно обрабатывать сейсмические данные, данные о составе пород, спутниковые снимки и выявлять скрытые закономерности.
- *Моделирование геологических процессов.* Например, прогнозирование землетрясений, моделирование распространения волн цунами и анализ движения тектонических плит.
- *Предсказание катастроф.* ИИ позволяет улучшить точность предсказаний природных катастроф, анализируя исторические данные и выявляя признаки, предшествующие событиям.
- *Интерпретация изображений.* Автоматическое распознавание и классификация изображений, полученных с помощью спутников и дронов, ускоряет процесс картирования и анализа геологических объектов.
- *Автоматизация картирования.* С помощью алгоритмов машинного обучения можно анализировать спутниковые снимки и данные лидара для определения характеристик рельефа, типов почв и других геологических особенностей.

- Минералогия. ИИ применяется для классификации минералов и прогнозирования их местоположения. Машинное обучение помогает анализировать данные о составе пород и их физических свойствах для определения вероятных месторождений полезных ископаемых.

Также ИИ может быть использован для создания трёхмерных моделей геологических структур и их визуализации. Это позволяет более точно определять распределение полезных ископаемых, оценивать риски геологических процессов и принимать обоснованные решения при разработке месторождений.

ВИРТУАЛЬНЫЕ АССИСТЕНТЫ ГЕОЛОГА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Виртуальные ассистенты на основе ИИ – это программные агенты, которые могут выполнять задачи (или сервисы) для пользователя на основе информации, введенной пользователем, а также информации, полученной из различных интернет-ресурсов.

Примеры некоторых современных цифровых инструментов и виртуальных ассистентов для научных исследований в геологии [2]:

1. *Цифровой геолог*. ПО, разработанное специалистами Университета МИСИС, помогает в поиске чёрных и цветных металлов, фосфатных руд и других полезных ископаемых. Алгоритм использует данные, полученные в ходе разведки и эксплуатации месторождения.

2. *Сервис для распознавания и классификации горных пород по фотографиям*. Его создали исследователи Сколтеха. Сервис позволяет увеличить объём данных и в 20 раз ускорить анализ.

3. *Проект «Цифровой керн»*. Это цифровая лаборатория исследований кернового материала. Полученные данные позволяют выполнять достоверную оценку запасов месторождения, снижая различные риски и повышая доходность проектов.

4. *Инструмент на основе технологий компьютерного зрения*. Он может анализировать и интерпретировать огромное количество микроскопических фотоснимков срезов пласта. Компьютер сам находит и выделяет нужные

сегменты на изображении породы, отмечая все важные показатели и свойства.

ПРОЕКТ ГГМ РАН В ОБЛАСТИ РАЗРАБОТКИ ЧИСЛОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ, ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АГЕНТОВ И ВИРТУАЛЬНЫХ АССИСТЕНТОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГЕОЛОГИИ

На основе развиваемой Информационно-аналитической среды для поддержки научных исследований в геологии (<https://geologyscience.ru>) [3], в ГГМ РАН, осуществляется разработка числовых инструментов, интеллектуальных агентов и виртуальных ассистентов, которые могут быть использованы как для этой Среды, так и для других систем.

Основная цель данного Проекта заключается в организации единой точки доступа к геологическим данным на территорию России и системам их обработки и анализа с использованием возможностей сервисов поиска данных в территориально распределенных разнородных источниках, а также с использованием цифровых инструментов в виде различных сервисов анализа разнородной информации [4].

Список цифровых инструментов (сервисов) для <https://geologyscience.ru>:

Сервисы поиска информации: текстовый, географической, музейный.

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.

Сервисы анализа таблиц количественных данных [5], а также доступ к интерактивному облачному сервису Excel (Microsoft) и сервису анализа петролого-геохимических данных (ИФЗ РАН):

Сервисы визуализации количественных данных.

Сервисы с использованием искусственного интеллекта:

- Сервисы нейросетевого анализа геологических текстов;
- Чат-бот по месторождениям РФ [6];

- Чат-бот создания программного кода.

Вышеперечисленные сервисы являются самостоятельными веб-сервисами, имеющими возможности по их интеграции в различные вычислительные среды и информационные системы [7].

На основе созданного кабинета пользователя <https://geologyscience.ru> разрабатывается цифровой ассистент геолога-исследователя [8] (рис. 1).

Цифровой ассистент на основе ИИ — это система автоматизации взаимодействия с пользователем в диалоговом формате. Сервис осуществляет текстовые и голосовые консультации, обработку заявок и поддержку по направлениям деятельности Портала.

Основная цель цифрового ассистента для пользователя Портала <https://geologyscience.ru> – сопровождение и поддержка научных исследований в геологии с использованием данных и сервисов Информационно-аналитической среды ГГМ РАН в интерактивном режиме на естественном языке.

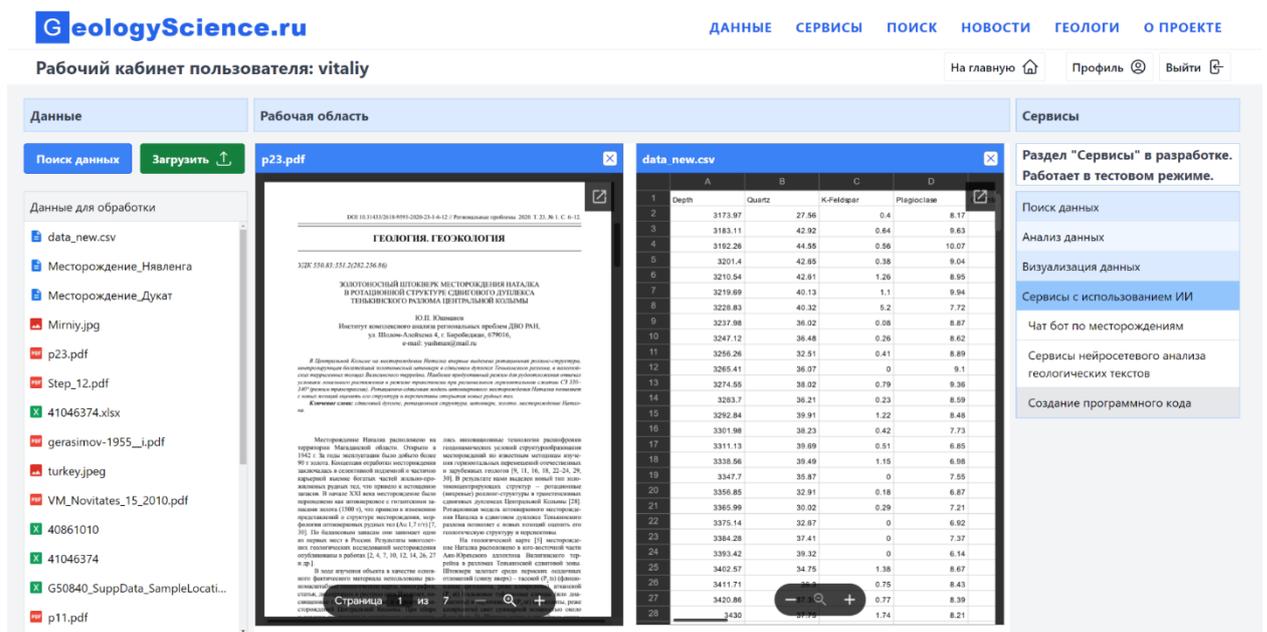


Рис. 1. Виртуальный кабинет геолога-исследователя

Базовой основой цифрового ассистента геолога-исследователя на Портале <https://geologyscience.ru> является разрабатываемый чат-бот по постановке геологической задачи, определению необходимой информации и выбора сервисов для ее решения.

Основные функции виртуального ассистента на основе больших языковых моделей:

1. Обработка сообщений;
2. Постановка задачи;
3. Формулировка заданий агентам;
4. Обработка результата;
5. Генерация ответа.

В свою очередь агенты:

- Имитируют деятельность человека;
- Взаимодействуют со средой (другим человеком или агентами);
- Имеют восприятие – способность обрабатывать данные разных модальностей;
- Имеют память и доступ к базе данных и знаний;
- Могут совершать набор действий (взаимодействие с внешним миром, памятью, базой знаний, обработка данных).
- Могут быть выстроены в сеть или цепочку агентов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Рассмотрен ряд цифровых технологий ближайшего будущего, которые в настоящее время имеют перспективы применения в геологии.
- Первые результаты работ показали перспективность применения очередных шагов развития ИТ-технологий при создании информационно-вычислительных систем для поддержки геологических исследований.
- Показана возможность интеграции сервисов на основе ИИ с существующими данными и классическими сервисами с программным или пользовательским интерфейсами без необходимости их существенной доработки.

В настоящее время осуществляется разработка первой версии открытой программной платформы интеграции данных, сервисов и тематических агентов на основе искусственного интеллекта – основы для цифрового ассистента геолога-исследователя.

Благодарности

Работа выполняется в рамках Государственной темы «Цифровая платформа интеграции и анализа геологических и музейных данных», тема № 1021061009468-8-1.5.1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Обзор CorePlan. URL: <https://www.coreplan.io/blog/top-12-geological-databases-for-mineral-exploration-in-2024>

2. Разведка, добыча и прогнозирование: как цифровые решения помогают геологам.

URL: <https://sber.pro/digital/publication/razvedka-dobicha-i-prognozirovanie-kak-tsifrovie-resheniya-pomogayut-geologam/?ysclid=m35mgi851607776006>

3. *Наумова В.В., Еременко В.С., Загуменнов А.А., Патук М.И.* Научный портал Geologyscience.ru: текущее состояние и перспективы развития // Геоинформатика. 2023. № 3. С. 33–43.

4. *Наумова В.В., Патук М.И., Ерёменко А.С., Загумённов А.А., Ерёменко В.С.* Цифровые технологии будущего — современные решения в науках о Земле // Геоинформатика. 2024. № 3. С. 53–63.

5. *Загуменнов А.А., Наумова В.В., Еременко В.С.* Облачный сервис многомерной обработки количественных данных для решения геологических задач // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2021. Т. 19, №3. С. 40–49.

6. *Загуменнов А.А., Наумова В.В.* Сервисы на основе методов искусственного интеллекта для поддержки научных исследований в геологии // Материалы Международной конференции «Марчуковские научные чтения 2024» (МНЧ-2024), 7–11 октября 2024 г., Академгородок, Новосибирск, Россия. С. 125.

7. *Aleksey A. Zagumennov, Vera V. Naumova.* Development of the computing node for processing satellite imagery and spatial data for earth sciences // Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2021). Novosibirsk, Russia, August 24–27, 2021. P. 272–279.

8. Ерёмченко В.С., Наумова В.В., Загумёнов А.А. Разработка виртуальных пространств с интеллектуальным адаптивным интерфейсом для цифровых геологических систем // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. № 1 (33). С. 146–153.

DIGITAL TOOLS AND VIRTUAL ASSISTANTS TO SUPPORT SCIENTIFIC RESEARCH IN GEOLOGY

V.V. Naumova¹ [0000-0002-3001-1638], A.A. Zagumennov² [0000-0002-0501-5362],

V.S. Eremenko³ [0000-0002-5250-5743]

^{1,3}Vernadsky State Geological Museum of Russian Academy of Sciences, Moscow;

²Institute of Automation and Control Processes FEB RAS, Vladivostok;

¹naumova_new@mail.ru, ²truepikvic@gmail.com, ³vitaer@gmail.com

Abstract

The article describes the main stages of the application of information technologies for scientific research in geology. A number of digital technologies of the near future, which currently have prospects for application in geology, are considered. The first results of the work at the GGM RAS showed the prospects of applying the next steps in the development of OT technologies in the creation of information and computing systems to support geological research.

Keywords: *artificial intelligence, numerical tools, virtual assistants, intelligent agents, support for scientific research in geology.*

REFERENCES

1. CorePlan Review.

URL: <https://www.coreplan.io/blog/top-12-geological-databases-for-mineral-exploration-in-2024>

2. Razvedka, добыча и прогнозирование: как цифровые решения помогают геологам.

URL: <https://sber.pro/digital/publication/razvedka-dobicha-i-prognozirovanie-kak-tsifrovie-resheniya-pomogayut-geologam/?ysclid=m35mgi851607776006>

3. *Naumova V.V., Eremenko V.S., Zagumennov A.A., Patuk M.I.* Nauchnyj portal Geologyscience.ru: tekushhee sostojanie i perspektivy razvitija // *Geoinformatika*. 2023. № 3. S. 33–43.

4. *Naumova V.V., Patuk M.I., Eremenko A.S., Zagumennov A.A., Eremenko V.S.* Cifrovye tehnologii budushhego — sovremennye reshenija v naukah o Zemle // *Geoinformatika*. 2024. № 3. S. 53–63.

5. *Zagumennov A.A., Naumova V.V., Eremenko V.S.* Oblachnyj servis mnogomernoj obrabotki kolichestvennyh dannyh dlja reshenija geologicheskikh zadach // *Vestnik NGU. Serija: Informacionnye tehnologii*. 2021. T. 19, №3. C. 40–49.

6. *Zagumennov A.A., Naumova V.V.* Servisy na osnove metodov iskusstvennogo intellekta dlja podderzhki nauchnyh issledovanij v geologii // *Materialy Mezhdunarodnoj konferencii «Marchukovskie nauchnye chtenija 2024» (MNCh-2024)*, 7–11 oktjabrja 2024 g, Akademgorodok, Novosibirsk, Russia. S. 125.

7. *Aleksey A. Zagumennov, Vera V. Naumova.* Development of the computing node for processing satellite imagery and spatial data for earth sciences // *Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation "Spatial Data Processing for Monitoring of Natural and Anthropogenic Processes" (SDM-2021)*. Novosibirsk, Russia, August 24–27, 2021. P. 272–279.

8. *Eremenko V.S., Naumova V.V., Zagumennov A.A.* Razrabotka virtual'nyh prostranstv s intellektual'nym adaptivnym interfejsom dlja cifrovyh geologicheskikh sistem // *Informacionnye i matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii*. 2024. № 1 (33). 146–153.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



НАУМОВА Вера Викторовна – д. г.-м. н., г. н. с., зав. Научным отделом Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН, Москва.

Vera V. NAUMOVA – Prof., head of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow.

Email: naumova_new@mail.ru,

ORCID: 0000-0002-3001-1638

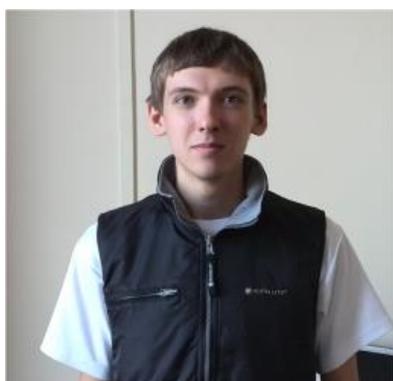


ЗАГУМЁННОВ Алексей Андреевич – программист (внештатный сотрудник), Государственный Геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва; младший научный сотрудник, Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток.

Aleksey A. ZAGUMENNOV – contract programmer of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow; Junior researcher of Institute of automatic and control processes of FEB RAS, Vladivostok.

Email: truepikvic@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-0501-5362



ЕРЁМЕНКО Виталий Сергеевич – научный сотрудник, Государственный геологический музей им. В.И. Вернадского РАН, Москва.

Vitaliy S. EREMENKO –researcher of SGM scientific department, Vernadsky State Geological Museum RAS, Moscow.

Email: vitaer@gmail.com,

ORCID: 0000-0002-5250-5743

Материал поступил в редакцию 25 сентября 2024 года