

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

Краткое сообщение

УДК 004.04:005

EDN: IXPSWE

DOI: 10.21285/2686-9993-2024-47-2-140-148

Использование систем хранения и управления данных
для оптимизации геолого-поисковых работС.А. Баранова^{a✉}, А.В. Блинов^b, С.Н. Просекин^c^{a-c}Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия^{a-c}Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Резюме. Процесс поиска и разведки полезных ископаемых предполагает большое количество финансовых рисков, что вызывает необходимость подходить к данным работам, располагая как можно большим объемом информации. Это особенно актуально в условиях истощения фонда легко открываемых месторождений. Значимость геологических, геофизических, геохимических и горно-буровых методов возрастает в условиях постоянного проведения геолого-разведочных работ, что в свою очередь требует от них повышения эффективности. Применение геоинформационных систем и баз данных в геолого-поисковых работах уже давно является неотъемлемой их частью. Более того, на начальных этапах поисков и разведки рудных месторождений они оказывают существенное влияние на снижение времени подготовки и проведения работ. Основным компонентом любой геолого-поисковой работы является база данных, включающая в себя графические и атрибутивные данные. От корректности разработанной структуры базы данных во многом зависят функциональные возможности, производительность и эффективность работы системы и, как следствие, результативность проведения геолого-поисковых работ. Цель данного исследования заключалась в представлении результатов анализа разрабатываемого подхода эффективного управления данными геолого-поисковых работ с самых ранних стадий и до конца проекта, который позволит выполнять работу максимально продуктивно и с минимальными затратами по времени. Речь идет о создании унифицированной структуры базы данных и систем обработки данных, которые могут быть использованы при геолого-поисковых работах на различных объектах без необходимости разработки индивидуальной базы данных под конкретную площадь или под разные методы поисков.

Ключевые слова: геолого-поисковые работы, база данных, геоинформационная система, унифицированная структура, эффективное управление данными

Финансирование: Исследование проведено в рамках выполнения государственного задания по проекту Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН IX.130.3.1 (№ 0284-2021-0001).

Для цитирования: Баранова С.А., Блинов А.В., Просекин С.Н. Использование систем хранения и управления данными для оптимизации геолого-поисковых работ // Науки о Земле и недропользование. 2024. Т. 47. № 2. С. 140–148. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-2-140-148>. EDN: IXPSWE.

GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION
OF SOLID MINERALS, MINERAGENCY

Brief report

Using data storage and management systems
to optimize geological prospecting worksSofia A. Baranova^{a✉}, Anton V. Blinov^b, Sergey N. Prosekin^c^{a-c}A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS, Irkutsk, Russia^{a-c}Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The process of mineral prospecting and exploration involves a large number of financial risks, which requires to be armed with substantial amount of data before starting the works. This is particularly true in the context of the depleted fund of easily discovered deposits. The importance of geological, geophysical, geochemical, mining and drilling methods

© Баранова С.А., Блинов А.В., Просекин С.Н., 2024



is increasing under continuous geological exploration that demands the methods to be more and more efficient. The geographic information systems and databases has long become an integral part of geological prospecting. Moreover, they have a significant impact on reducing the time for preparation and executing works at the initial stages of ore deposit prospecting and exploration. The database including graphical and attributive data is the main component of any geological prospecting work. The capability, productivity and efficiency of the system as well as resulting effectiveness of geological prospecting largely depend on the correctness of the developed database structure. The purpose of the study was to present the analysis results of the developed approach for effective management of geological exploration data from the early stages to the end of the project, which will enable maximally efficient work performance with minimal time expenditures. This concerns the creation of a unified database structure and data processing systems to be employed in geological exploration works at various sites without developing an individual database for a specific territory or for different prospecting methods.

Keywords: geological prospecting, database, geographic information system, unified structure, efficient data management

Funding: The study was carried out within the framework of the state assignment under the Project IX.130.3.1 (no. 0284-2021-0001) of A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS.

For citation: Baranova S.A., Blinov A.V., Prosekin S.N. Using data storage and management systems to optimize geological prospecting works. *Earth sciences and subsoil use*. 2024;47(2):140-148. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-2-140-148>. EDN: IXPSWE.

Введение

На современном этапе развития геологической науки поиск и разведка полезных ископаемых – это задача, к которой необходимо подходить, располагая как можно большим объемом информации. Процесс поиска предполагает большое количество финансовых рисков, особенно в условиях истощения фонда легко открываемых месторождений (выходящих на дневную поверхность) [1, 2] и, как следствие, поисков скрытых месторождений, представляющих основной резерв обеспечения страны минеральным сырьем [3]. Значимость геологических, геофизических, геохимических и горно-буровых методов возрастает в условиях постоянного проведения геолого-разведочных работ, что в свою очередь требует от них оптимизации и повышения эффективности. Применение геоинформационных систем (ГИС) и баз данных (БД) в геолого-поисковых работах уже давно является неотъемлемой их частью [4–6]. Даже на начальных этапах поисков и разведки рудных месторождений они оказывают существенное влияние на снижение финансовых затрат при дальнейшей эксплуатации [7, 8]. Определяющее значение для определения положительного или отрицательного результата проекта горнодобывающей промышленности принадлежит качеству собранных данных. Поэтому для обеспечения их надежности необходимо соблюдать определенные принципы обработки, что стало намного проще с быстрым развитием технологий. ГИС в сочетании с БД являются незаменимыми инструментами для достижения этой цели [8].

Целью данной работы является разработка подхода эффективного управления данными

ми геолого-поисковых работ с самых ранних стадий и до конца проекта, который позволит выполнять работу максимально продуктивно и с минимальными затратами по времени. На основе имеющегося опыта [9–12] нами разрабатывается информационная система (ИС), объединяющая в себе комплекс различных средств и методов для решения задач оптимизации и автоматизации процессов сбора, хранения, обработки и представления разнородной информации на всех этапах геолого-поисковых работ с целью эффективного использования данных. В данной работе представлена унифицированная структура БД, которая может быть использована при геолого-поисковых работах на различных объектах без необходимости разработки индивидуальной БД под конкретную площадь или под разные методы поисков. В качестве исходного материала, на основе которого велась разработка БД, использованы геологические и геохимические данные, а также сопутствующие им петрографические и минералогические исследования. В частности, аналитические данные литогеохимических (более 30000 проб) и геологических работ по коренным породам и штуфам (более 2000 образцов) по разным объектам Забайкальского края, Иркутской области, Магаданской области и других регионов Российской Федерации [11–13].

Материалы и методы исследования

На всех этапах геолого-поисковых работ регулярно скапливается большой объем разнородной информации в цифровом формате, в том числе пространственных данных. Соот-



ветственно, обработка и представление данных полевых исследований, карт и другой информации является очень трудоемкой задачей, с которой с минимальными временными и финансовыми затратами могут справиться ГИС и БД [14, 15]. Каждый проект имеет свои особенности, когда речь идет о выборе инструментов для обеспечения работы, поэтому определяющим фактором эффективности ИС является обеспечение достоверности и полноты информации о предметной области [16, 17] путем консолидации данных.

Авторами предлагается методология ведения геолого-поисковых работ, основанная на разработке ИС. ИС разделяет информационные процессы сбора, обработки и представления данных на различные подсистемы, отвечающие за определенные задачи и этапы работ. Таким образом, данные, полученные на

разных этапах геологических поисков, независимы, но взаимодействуют в рамках единой ИС (рис. 1). Каждый этап работ разделен на четыре основные подсистемы, отвечающие за конкретные свойственные определенному этапу информационные процессы:

1. Сбор и первичная обработка (данная подсистема включает в себя сбор данных предыдущих исследований и добавление новых материалов в процессе научно-исследовательских или производственных работ, а также полевую камеральную обработку и подготовку данных к последующим этапам работ).

2. Хранение и управление данными (представлена файловой системой и совокупностью БД, функционирующих и связанных между собой с использованием системы управления базами данных PostgreSQL с геопространственным расширением PostGIS, позволяю-

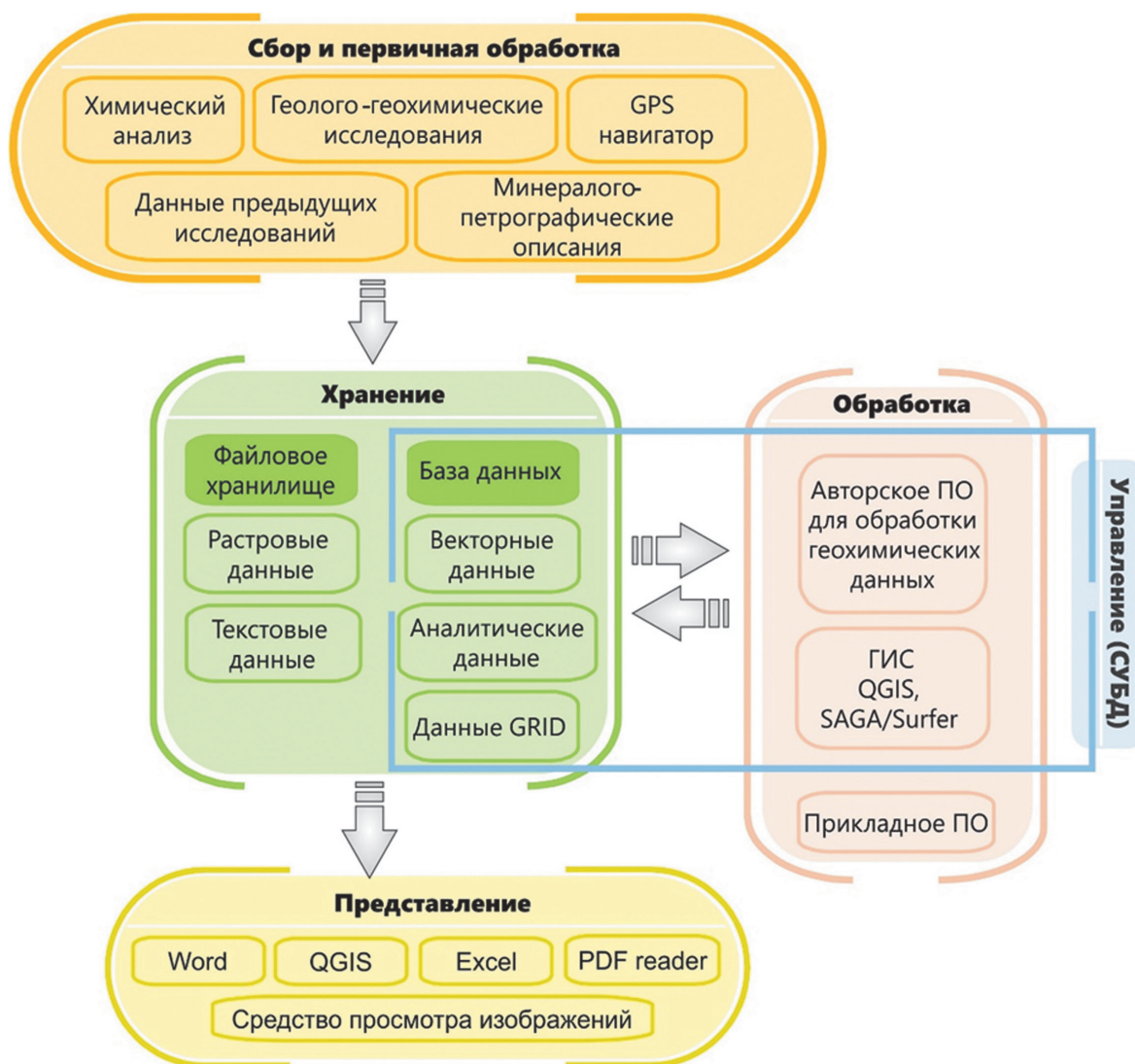


Рис. 1. Структура информационных систем для геолого-поисковых работ
Fig. 1. Structure of information systems for geological prospecting work



щим хранить, запрашивать и анализировать картографические данные в БД).

3. Обработка результатов химического анализа (предполагает обработку всех аналитических материалов при проведении геолого-поисковых работ как с помощью стандартных инструментов, реализованных в ГИС-продуктах (QGIS, Surfer и тому подобные), так и с использованием авторского программного обеспечения Geochemistry processes позволяющего автоматизировать процессы обработки аналитических данных по принятым методикам).

4. Представление (данная подсистема несет в себе инструменты и программное обеспечение, предназначенные для представления конечному потребителю информации различного типа об объекте изучения, полученной и обработанной на других этапах работ).

Результаты исследования и их обсуждение

Подсистема «хранения и управления данными» (см. рис. 1) является центральной частью ИС и играет важную роль в ее функционировании [17], предоставляя структурированное хранение, организацию, управление и обработку больших объемов данных [18]. Важной составляющей при проектировании структуры хранения данных является эффективное управление ресурсами системы хранения данных [19]. Предлагается организация системы хранения данных способом dual solutions (двойное решение), который подразумевает под собой хранение одной части данных в БД, а другой – в файловой системе. Такое решение обосновано тем, что во время сбора и обработки геолого-геохимических данных накапливается большой объем текстовой и графической информации. Как правило, к каждому отчету предоставляется не менее 150–200 картографических приложений, каждое из которых может достигать размера до 200 Мб. В среднем, общий размер только полученных изображений и текстовых документов по одному объекту работ может достигать 30 Гб. Хранить такой объем «нереляционных» данных в БД представляется нецелесообразным с точки зрения производительности как самой БД, так и персонального компьютера. Данные же «реляционного» (табличного) вида предлагается хранить уже в БД.

БД хранит в себе данные, поступающие в нее на всех этапах работ, начиная с координат участка исследований, которые являются

первичными для формирования ГИС-проекта и ведения БД, заканчивая различными производными данными [20].

На основании входных данных различного вида разработана универсальная гибкая структура БД, в которой предполагается разбиение данных по отдельным блокам (рис. 2). Всего выделено четыре блока, каждый из которых соответствует определенному этапу проведения поисковых работ, что отражено в их названии. Связь между разными блоками производится через главную таблицу «Площадь». Таким образом каждый объект (площадь) исследований подразумевают под собой отдельную базу унифицированных данных с возможностью вывода информации по любой из исследуемых площадей, над которыми работают специалисты. Но несмотря на независимость каждой базы, остается возможность их взаимодействия друг с другом для использования данных, содержащих актуальную информацию по изучаемому объекту, например, при работах на соседних лицензионных площадях.

Первый блок «Предполевые данные» соответствует подготовительному этапу. В нем собраны и структурированы все материалы, получаемые исполнителями перед началом работ над новым объектом. Не менее 90 % материалов, хранящихся здесь, используются на протяжении всего процесса работ, потому что содержат обязательные слои, такие как топооснова (реки, озера, рельеф), границы лицензии и геологическая обстановка (геология со всеми сопутствующими слоями, среди которых слои геологических комплексов, границ, тектонических нарушений и т. п.).

Второй блок «Полевые данные» содержит данные, получаемые исполнителями во время проведения полевых геолого-поисковых работ. К таким данным относятся фактические точки пробоотбора с описанием геологической обстановки территории и геохимических проб, треки полевых маршрутов, реестр штучков и каталог геологических образцов с сопутствующим минералого-петрографическим описанием.

Третий блок «Аналитические данные» содержит в себе данные, относящиеся к химическому анализу, оценке качества данных и последующему многомерному анализу. К ним относятся исходные, обработанные, исправленные и нормированные данные, результаты многомерного анализа, базовые статистики и т. п.



Рис. 2. Логическая модель базы данных
Fig. 2. Database logic model

Четвертый блок «Результаты» несет в себе информацию о результатах проведенных геолого-поисковых работ и включает производные данные, полученные уже на основании всех проанализированных данных, например, уточненную геологическую карту, содержащую скорректированные границы геологических комплексов, тектонических нарушений и тому подобное, реестр шлифов, уточненные условия литогеохимического опробования и другие. Блок базируется на данных, содержащихся в предыдущих блоках, но в отличие от них при необходимости изменяется наполнение уже созданных таблиц или создаются новые.

Достоинство такой организации данных в том, что, являясь центральным звеном ИС для геолого-поисковых работ, разработанная структура обеспечивает гарантию сохранности имеющихся данных благодаря независимости БД по каждому из изучаемых объектов.

Каждая из них создана на основе разработанного шаблона, имеющего унифицированные элементы, вследствие чего все данные структурированы и стандартизированы. При работе над новым объектом не возникнет таких трудностей при структурировании и последующей идентификации данных, как, например, при хранении данных в обычных директориях на жестком диске, когда возникают путаницы с версиями файлов. В процессе работы специалисты могут переключаться между участками, не боясь, что возникнут проблемы с поиском нужного файла. Для предотвращения такой ситуации в базе существует обновляемая справочная таблица, содержащая список с унифицированными названиями хранимых таблиц и их описанием, к которой можно обращаться в любой момент работы.

Необходимо отметить, что за счет разбиения всей информации на отдельные блоки при расширении комплекса поисковых работ



новыми методами и, как следствие, возникновении необходимости добавления новых видов данных, структура БД будет только дополняться, а не целиком изменяться. К примеру, при добавлении магниторазведочных или электроразведочных работ возникнут новые данные о магнитном и электрическом полях соответственно. В такой предложенной структуре данные разместятся в блоке, соответствующем той стадии работ, в которой они были получены, с дополнением, которое будет указывать на метод работ (для литогеохимического метода шифр будет «_LGH»).

Неоспоримым преимуществом данного подхода является возможность автоматизированной оценки и проверки первичных данных непосредственно в процессе полевых работ, поскольку в большинстве подобных исследований, как правило, проверка качества данных проводится после полевых работ [8]. Данный аспект исключает вероятность возникновения ошибок на последующих этапах работ за счет оперативного решения, что в свою очередь сокращает трудо- и времязатраты при последующих операциях с данными.

Заключение

В результате данного исследования, целью которого была разработка подхода эффективного управления данными геолого-поисковых работ, необходимо подчеркнуть важность использования ГИС и БД с самых

ранних стадий и до конца проекта. Разработанный подход может быть использован любыми геолого-разведочными компаниями, так как основан на использовании открытых программных средств. Созданная структура БД позволяет оптимизировать систему хранения данных каждого этапа при проведении геолого-поисковых работ, а также привнести дополнительную функциональность в работу конечному потребителю. В рамках предполевого и полевого этапов реализованы процедуры импорта и экспорта необходимых таблиц между БД и полевой рабочей станцией, что позволяет производить операции с данными на этапе полевых работ сразу в том виде, который был запланирован для всей поступающей информации. Также исключается проблема дублирования данных при обмене информацией в обычной файловой системе. При наличии интернета возможен обмен данными с основной БД, находящейся в офисе, благодаря чему предоставляется возможность еще более оперативной обработки. Кроме того, на финальном этапе работ сокращение затрачиваемого времени допустимо за счет одновременного подключения к базе нескольких специалистов, параллельного использования и редактирования данных, без необходимости их дублирования. Отсутствует необходимость открывать множество различных директорий по разным площадям работ за разные годы и импортировать данные в ГИС-проект.

Список источников

1. Пчелка В.Я., Михно А.Н., Мальченко Е.Г., Фрейман Г.Г., Мальченко Т.Д. Опыт применения георадаров серии «Лоза» при поисках перекрытых медно-золоторудных зон // Геология и охрана недр. 2012. № 2. С. 82–88. EDN: YNHR11.
2. Некрасов Е.М. Поиски и разведка золоторудных месторождений на основе структурных предпосылок // Руды и металлы. 2019. № 1. С. 26–36. <https://doi.org/10.24411/0869-5997-2019-10003>. EDN: LDVJYT.
3. Машковцев Г.А. Пути совершенствования научно-методического обеспечения геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые // Разведка и охрана недр. 2019. № 3. С. 3–11. EDN: СНКРWT.
4. Медведева Т.Ю., Суворова Е.Б., Гущин А.С., Матюхина Т.Н., Минина М.В., Сахань Ю.В. [и др.]. Геоинформационные системы как основной инструмент для решения задач мониторинга недропользования // Геология нефти и газа. 2021. № 3. С. 51–65. <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2021-3-51-65>. EDN: SRTRMN.
5. Omali T.U. Utilization of remote sensing and GIS in geology and mining // International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies. 2021. Vol. 7. Iss. 4. P. 17–24.
6. Логинов Д.С. Опыт использования геоданных в картографическом обеспечении геологоразведочных работ // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2021. Т. 65. № 5. С. 598–608. <https://doi.org/10.30533/0536-101X-2021-65-5-598-608>. EDN: UNXGKH.
7. Маммедов А.А., Мусаев Ш.Д., Пошивайло Я.Г., Федотов Г.С. Геоинформационное обеспечение геологоразведки месторождений руд цветных металлов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26. № 2. С. 120–136. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-2-26-120-136>. EDN: BPZDUR.
8. Wambo J.D.T., Quinter W.T. GIS and database management for mining exploration // GIS and Spatial Analysis. IntechOpen. 2023. P. 115–140. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.106632>.
9. Паршин А.В., Аузина Л.И., Просекин С.Н., Блинов А.В., Костерев А.Н., Лоншаков Г.С. [и др.]. Геоинформационный подход к оценке ресурсной перспективности площадей (на примере месторождений подземных вод Восточной Сибири) // Геоинформатика. 2017. № 1. С. 11–20. EDN: YHWLYB.



10. Блинов А.В., Просекин С.Н., Чачаногова О.И., Будяк А.Е., Конев И.П. Комплексная геолого-геохимическая оценка площадей на твердые полезные ископаемые с применением открытых ГИС // Инженерная и рудная геофизика 2022: сб. материалов 18-й науч.-практ. конф. и выставки (г. Геленджик, 05–08 сентября 2022 г.). М., 2022. С. 168–174. EDN: QIQDFZ.
11. Ефремов С.В., Горячев Н.А., Будяк А.Е., Скузоватов С.Ю., Блинов А.В. Использование цифровых моделей геологического строения для выделения палеовулканических структур, контролирующих порфировые рудные объекты // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): материалы науч. конф. (г. Иркутск, 17–20 октября 2023 г.). Иркутск, 2023. С. 100–102. EDN: LSIYCB.
12. Горячев Н.А., Будяк А.Е., Михалицына Т.И., Тарасова Ю.И., Горячев И.Н., Соцкая О.Т. Эволюция орогенного золотого оруденения в структурах южного и восточного обрамления Сибирского кратона // Науки о Земле и недропользование. 2023. Т. 46. № 4. С. 374–389. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-374-389>. EDN: HXQZHE.
13. Будяк А.Е., Чугаев А.В., Тарасова Ю.И., Горячев Н.А., Блинов А.В., Абрамова В.Д. [и др.]. Геолого-минералогические и геохимические особенности золоторудного месторождения Уахан «Сухоложского» типа // Геология и геофизика. 2024. Т. 65. № 3. С. 446–470. <https://doi.org/10.15372/GiG2023132>. EDN: SLMNJM.
14. Botwe T., Osei J.E.M. Gold potential mapping using remote sensing and GIS at the Prestea Concession of Golden Star Bogoso/Prestea Ltd, Ghana // International Journal of Engineering Science and Computing. 2018. Vol. 8. Iss. 1. P. 15891–15897.
15. Логинов Д.С. ГИС-проект как единое пространство для работы с геолого-геофизическими данными // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2021. Т. 3. № 2. С. 259–266. <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2021-3-2-259-266>. EDN: JIGICS.
16. Карганов В.В., Драчев В.О., Левченко Г.Н. Формирование модели предметной области для информационной системы // Инновационные технологии и технические средства специального назначения: труды X общерос. науч.-практ. конф. (г. Санкт-Петербург, 15–16 ноября 2017 г.). СПб., 2018. Т. 1. С. 264–268. EDN: YWRRLM.
17. Setyadi H., Anggayana K. Database management and quality assurance is key of success in exploration // Procedia Earth and Planetary Science. 2013. Vol. 6. P. 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.006>.
18. Ki J. GIS and big data visualization // Geographic Information Systems and Science. 2018. P. 119–131. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82052>.
19. Советов Б.Я., Татарникова Т.М., Пойманова Е.Д. Организация многоуровневого хранения данных // Информационно-управляющие системы. 2019. № 2. С. 68–75. <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-2-68-75>. EDN: MTKYOV.
20. Vangu G.M., Croitoru A., Mitache M., Dima N. Design of a GIS database for surface mining // Journal of Applied Engineering Sciences. 2023. Vol. 13. Iss. 2. P. 289–296. <https://doi.org/10.2478/jaes-2023-0037>.

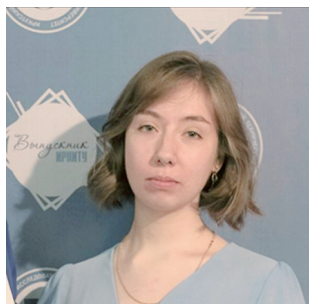
References

1. Pchelka V.Ya., Mikhno A.N., Malchenko E.G., Freyman G.G., Malchenko T.D. Experience in the use of Ground-Penetrating Radars of the “Loza” series in the search for overlapped copper-gold ore zones. *Geologiya i okhrana nedr*. 2012;2:82-88. (In Russ.). EDN: YNHRIL.
2. Nekrasov E.M. Gold deposit prospecting and exploration based on structural preconditions. *Ores and metals*. 2019;1:26-36. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0869-5997-2019-10003>. EDN: LDVJYT.
3. Mashkovtsev G.A. Ways to improve scientific and methodological support of the solid minerals exploration. *Prospect and protection of mineral resources*. 2019;3:3-11. (In Russ.). EDN: CHKPWT.
4. Medvedeva T.Yu., Suvorova E.B., Gushchin A.S., Matyukhina T.N., Minina M.V., Sakhan' Yu.V., et al. Geographic Information Systems as a basic tool for subsoil use monitoring. *Russian Oil and Gas Geology*. 2021;3:51-65. (In Russ.). <https://doi.org/10.31087/0016-7894-2021-3-51-65>. EDN: SRTRMN.
5. Omali T.U. Utilization of remote sensing and GIS in geology and mining. *International Journal of Scientific Research in Multidisciplinary Studies*. 2021;7(4):17-24.
6. Loginov D.S. The experience of using geodata in cartographic support of geological exploration. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii “Geodeziya i aerofotos”emka*. 2021;65(5):598-608. (In Russ.). <https://doi.org/10.30533/0536-101X-2021-65-5-598-608>. EDN: UNXGKH.
7. Mammedov A.A., Musaev Sh.D., Poshivaylo Ya.G., Fedotov G.S. GI support of geological exploration of non-ferrous metal ore deposits. *InterCarto. InterGIS*. 2020;26(2):120-136. (In Russ.). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-2-26-120-136>. EDN: BPZDUR.
8. Wambo J.D.T., Quinter W.T. GIS and database management for mining exploration. *GIS and Spatial Analysis. IntechOpen*. 2023;115-140. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.106632>.
9. Parshin A.V., Auziņa L.I., Prosekin S.N., Blinov A.V., Kosterev A.N., Lonshakov G.S., et al. GIS-based approach to estimating area prospects for mineral deposits (on example of groundwater deposits of Eastern Siberia territory). *Geoinformatika*. 2017;1:11-20. (In Russ.). EDN: YHWLYB.
10. Blinov A.V., Prosekin S.N., Chachanagova O.I., Budyak A.E., Konev I.P. Comprehensive geological and geochemical assessment of areas for solid minerals using open GIS. In: *Inzhenernaya i rudnaya geofizika 2022: sb. materialov 18-i nauch.-prakt. konf. i vystavki = Engineering and ore geophysics 2022: collection of materials of the 18th scientific and practical conference and exhibition*. 05–08 September 2022, Gelendzhik. Moscow; 2022, p. 168-174. (In Russ.). EDN: QIQDFZ.



11. Efremov S.V., Goryachev N.A., Budyak A.E., Skuzovatov S.Yu., Blinov A.V. Using digital models of geological structure to isolate paleovolcanic structures controlling porphyry ore objects. In: *Geodinamicheskaya evolyutsiya litosfery Tsentral'no-Aziatskogo podvizhnogo poyasa (ot okeana k kontinentu): materialy nauch. konf. = Geodynamic evolution of the lithosphere of the Central Asian Mobile Belt (from ocean to continent): materials of the scientific conference*. 17–20 October 2023, Irkutsk. Irkutsk; 2023, p. 100-102. (In Russ.). EDN: LSIYCB.
12. Goryachev N.A., Budyak A.E., Mikhailitsyna T.I., Tarasova Yu.I., Goryachev I.N., Sotskaya O.T. Evolution of orogenic gold mineralization in the southern and eastern framing structures of the Siberian craton. *Earth sciences and subsoil use*. 2023;46(4):374-389. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-4-374-389>. EDN: HXQZHE.
13. Budyak A.E., Chugaev A.V., Tarasova Yu.I., Goryachev N.A., Blinov A.V., Abramova V.D., et al. Geological, mineralogical, and geochemical features of the Ugakhan gold ore deposit of the Sukhoi Log type (Baikal-Patom belt). *Russian Geology and Geophysics*. 2024;65(3):446-470. (In Russ.). <https://doi.org/10.15372/GiG2023132>. EDN: SLMNJM.
14. Botwe T., Osei J.E.M. Gold potential mapping using remote sensing and GIS at the Prestea Concession of Golden Star Bogoso/Prestea Ltd, Ghana. *International Journal of Engineering Science and Computing*. 2018;8(1):15891-15897.
15. Loginov D.S. GIS project as an unified space for working with geological and geophysical data. *Interexpo GEO-Siberia*. 2021;3(2):259-266. (In Russ.). <https://doi.org/10.33764/2618-981X-2021-3-2-259-266>. EDN: JIGICS.
16. Karganov V.V., Drachev V.O., Levchenko G.N. Formation of a domain model for an Information System. In: *Innovatsionnyye tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva spetsial'nogo naznacheniya: trudy X obshcherossiyskoy nauch.-prakt. konf. = Innovative technologies and special-purpose equipment: proceedings of the 10th All-Russian scientific and practical conference*. 15–16 November 2017, St. Petersburg. St. Petersburg; 2018, vol. 1, p. 264-268. (In Russ.). EDN: YWRRLM.
17. Setyadi H., Anggayana K. Database management and quality assurance is key of success in exploration. *Procedia Earth and Planetary Science*. 2013;6:42-49. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2013.01.006>.
18. Ki J. GIS and big data visualization. *Geographic Information Systems and Science*. 2019;119-131. <https://doi.org/10.5772/intechopen.82052>.
19. Sovetov B.Ya., Tatarnikova T.M., Poymanova E.D. Organization of multi-level data storage. *information and control systems*. 2019;2:68-75. (In Russ.). <https://doi.org/10.31799/1684-8853-2019-2-68-75>. EDN: MTKYOV.
20. Vangu G.M., Croitoru A., Mitrache M., Dima N. Design of a GIS database for surface mining. *Journal of Applied Engineering Sciences*. 2023;13(2):289-296. <https://doi.org/10.2478/jaes-2023-0037>.

Информация об авторах / Information about the authors



Баранова Софья Андреевна,

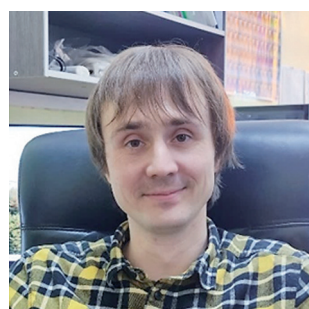
аспирант, инженер-исследователь лаборатории геохимии
рудобразования и геохимических методов поисков,
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,
г. Иркутск, Россия,
инженер-исследователь департамента рудной геологии,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,

✉ s.baranova@igc.irk.ru
<https://orcid.org/0009-0007-7869-6596>

Sofia A. Baranova,

Postgraduate Student, Research Engineer of the Laboratory of Ore Formation
Geochemistry and Geochemical Exploration Methods,
A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS,
Irkutsk, Russia,
Research Engineer of the Department of Ore Geology,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,

✉ s.baranova@igc.irk.ru
<https://orcid.org/0009-0007-7869-6596>



Блинов Антон Валерьевич,

инженер лаборатории геохимии рудообразования
и геохимических методов поисков,
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,
г. Иркутск, Россия,
младший научный сотрудник департамента рудной геологии,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,

ablinov@igc.irk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4562-2201>

**Anton V. Blinov,**

Engineer of the Laboratory of Ore Formation
Geochemistry and Geochemical Exploration Methods,
A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS,
Irkutsk, Russia,
Junior Researcher of the Department of Ore Geology,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
ablinov@igc.irk.ru
<https://orcid.org/0000-0003-4562-2201>

**Просекин Сергей Николаевич,**

кандидат геолого-минералогических наук, доцент,
научный сотрудник лаборатории геохимии
рудообразования и геохимических методов поисков,
Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,
г. Иркутск, Россия,
научный сотрудник департамента рудной геологии,
институт «Сибирская школа геонаук»,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Россия,
pros.sergey@igc.irk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6047-3035>

Sergey N. Prosekin,

Cand. Sci. (Geol. & Mineral.), Associate Professor,
Researcher of the Laboratory of Ore Formation
Geochemistry and Geochemical Exploration Methods,
A.P. Vinogradov Institute of Geochemistry SB RAS,
Irkutsk, Russia,
Researcher of the Department of Ore Geology,
Siberian School of Geosciences,
Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russia,
pros.sergey@igc.irk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-6047-3035>

Вклад авторов / Contribution of the authors

С.А. Баранова – подбор и анализ литературы, формирование концепции визуализации графической части статьи, анализ и обсуждение результатов, написание текста статьи.

А.В. Блинов – постановка задачи, разработка концепции статьи, анализ материалов, написание текста статьи.

С.Н. Просекин – постановка задачи, разработка концепции статьи, анализ материалов, написание текста статьи.

Sofia A. Baranova selected and analyzed the literature on the research problem, formed the visualization concept of the graphic part of the article, analyzed and discussed the results obtained, wrote the text of the article.

Anton V. Blinov set the problem, developed the concept of the article, analyzed the materials, wrote the text of the article.

Sergey N. Prosekin set the problem, developed the concept of the article, analyzed the materials, wrote the text of the article.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

The authors declare no conflicts of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 23.04.2024; одобрена после рецензирования 26.04.2024; принята к публикации 16.05.2024.

The article was submitted 23.04.2024; approved after reviewing 26.04.2024; accepted for publication 16.05.2024.