

Научная статья

УДК 1.6.10.550.312

DOI: 10.21209/2227-9245-2025-31-1-32-38

Локализация зон антимонитовой минерализации на месторождении сурьмы с помощью высокоточной гравиразведки (на примере Восточного Забайкалья)**Роман Викторович Груздев***Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения**Российской академии наук, г. Чита, Россия*roguzdev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1748-864X>

Задачи по обнаружению новых рудных зон и уточнению морфологии существующих можно решить с применением высокоточной гравиразведки. Предпосылками выявления зон с сурьмяной минерализацией служат их высокая избыточная плотность по отношению к вмещающим породам, существенная мощность, составляющая от нескольких до десятков метров. Рудные зоны на месторождении способны вызывать повышенные локальные аномалии силы тяжести с интенсивностью в несколько десятков микрогал. Современные высокоточные гравиметры класса «А» способны фиксировать подобные аномалии. Актуальность исследования определяется тем, что на основе фактического полевого материала и выполненных теоретических расчётов продемонстрирована эффективность применения высокоточной гравиразведки при локализации минерализованных зон на месторождении сурьмы в Восточном Забайкалье. Применение опережающей высокоточной гравиразведки на аналогичных геологоразведочных объектах позволит оценить рудный потенциал месторождения и скорректировать поисковую сеть, при этом уменьшив объём затрат на горные и буровые работы, сроки их выполнения. Объект исследования – рудные зоны с сурьмяной минерализацией. Предмет исследования – гравиметрические аномалии силы тяжести, локализирующие зону развития сурьмяной минерализации. Цель исследования – оценка потенциала использования высокоточной гравиразведки для локализации зон антимонитовой минерализации на месторождении сурьмы. Задачи исследования: определить предпосылки применения гравиразведки; выделить аномалии силы тяжести и оценить возможность локализации сурьмяных рудных зон с помощью гравиразведки; проанализировать результаты и сделать выводы. Методологический подход к данному исследованию опирается как на теоретические, так и на практические методы. В работе приведены данные полевых работ, выполненных согласно методическим указаниям инструкции по гравиразведке. Тема исследования ввиду своей специфики имеет слабую проработанность. Результаты исследования позволяют переоценить значимость применения опережающей высокоточной гравиразведки для обнаружения новых и изучения известных, в том числе «скрытых», рудных зон антимонитовой минерализации, при этом значительно оптимизировав сеть горных и буровых работ.

Ключевые слова: опытные работы, гравиразведка, высокоточная съёмка, избыточная плотность, аномалия, месторождение сурьмы, рудная зона, антимонит, обработка данных, интерпретация

Финансирование. Статья выполнена в рамках проекта FUFР 2021–2025 ИПРЭК СО РАН.

Для цитирования

Груздев Р. В., Локализация зон антимонитовой минерализации на месторождении сурьмы с помощью высокоточной гравиразведки (на примере Восточного Забайкалья) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2025. Т. 31, № 1. С. 32–38. DOI: 10.21209/2227-9245-2025-31-1-32-38

Original article**Localization of Antimonite Mineralization Zones in the Antimony Deposit Using high-precision Gravity Exploration (on the Example of Eastern Transbaikalia)****Roman V. Gruzdev***Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch**of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia*roguzdev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1748-864X>

The tasks of detecting new ore zones and clarifying the morphology of existing ones can be solved using high-precision gravity exploration. The prerequisites for the identification of zones with antimony mineralization are their high excess density relative to the host rocks, as well as a significant thickness from several meters to tens of meters. Ore zones in the deposit are capable of causing increased local gravity anomalies with an intensity of several tens of microgals. Modern high-precision gravimeters of class “A” are capable of detecting such

© Груздев Р. В., 2025

anomalies. The relevance of the study is determined by the fact that, based on the actual field material and theoretical calculations performed; the effectiveness of using high-precision gravity exploration in the localization of mineralized zones at the antimony deposit in Eastern Transbaikalia has been demonstrated. The use of advanced high-precision gravity exploration at similar geological exploration sites will allow us to assess the ore potential of the deposit and adjust the search network, while reducing the cost of mining and drilling operations and their deadlines. The object of the study is ore zones with antimony mineralization. The subject of the study is gravimetric gravity anomalies that localize the zone of antimony mineralization development. The purpose of this study is to assess the potential of using high-precision gravity exploration to localize antimonite mineralization zones in the antimony deposit. Research objectives are to determine the prerequisites for the use of gravity exploration; to identify gravity anomalies and assess the possibility of localization of antimony ore zones using gravity exploration; to analyze the results and to draw conclusions. The methodological approach to this study is based on both theoretical and practical methods. The paper presents data from field work performed according to the methodological guidelines of the instructions for gravity exploration. Due to its specificity, the research topic has little elaboration. The results of the study make it possible to overestimate the importance of using advanced high-precision gravity exploration to discover new and explore known, including «hidden» ore zones of antimonite mineralization, while significantly optimizing the mining and drilling network.

Keywords: experimental work, gravity exploration, high-precision measurements, excess density, anomaly, antimony deposit, ore zone, antimonite, data processing, interpretation.

Funding. The article was carried out within the framework of the FUF 2021-2025 project of IPEC SB RAS.

For citation

Gruzdev R. V. Localization of Antimonite Mineralization Zones in the Antimony Deposit Using High-Precision Gravity Exploration (Using the Example of Eastern Transbaikalia) // Transbaikal State University Journal. 2025. Vol. 31, no. 1. P. 32–38. DOI: 10.21209/2227-9245-2025-31-1-32-38

Введение. Задачи по обнаружению новых рудных зон и уточнению морфологии существующих можно решить с применением высокоточной гравиразведки [1; 2; 11; 13; 15]. Предпосылками выявления зон с сурьмяной минерализацией служат их высокая избыточная плотность (до 1 т/м^3) по отношению к вмещающим породам и существенная мощность, составляющая от нескольких до десятков метров [3; 14]. Рудные зоны на месторождении способны вызывать повышенные локальные аномалии силы тяжести с интенсивностью в несколько десятков микрогал (далее – мкГал) [8–10]. Современные гравиметры класса «А» марки Scintrex CG-5¹ способны выполнять измерения с высокой точностью порядка $\pm 5 \text{ мкГал}^2$, что гарантирует обнаружение подобных аномалий [16].

Актуальность проведенного исследования определяется тем, что на основе фактического полевого материала и выполненных теоретических расчетов продемонстрирована эффективность применения высокоточной гравиразведки при локализации минерализованных зон на месторождении сурьмы в Восточном Забайкалье. Применение опережающей высокоточной гравиразведки на аналогичных геологоразведочных объектах позволит оценить рудный потенциал месторождения и скорректировать поисковую сеть,

при этом уменьшив объем затрат на горные, буровые работы, сроки их выполнения.

Следует отметить, что на месторождении предшественниками проведен значительный комплекс опережающих геофизических, геологических, горных и буровых работ масштаба 1:10 000–1:5 000, утверждены запасы по категориям C_1+C_2 . При этом высокоточные гравиразведочные работы в масштабе 1:500 выполнены впервые, а полученные результаты свидетельствуют о целесообразности выполненных работ и дополняют актуальность исследованию [3; 4; 12].

Объект – рудные зоны с сурьмяной минерализацией.

Предмет – гравиметрические аномалии силы тяжести, локализирующие зону развития сурьмяной минерализации.

Цель – оценка потенциала использования высокоточной гравиразведки для локализации зон антимонитовой минерализации на месторождении сурьмы.

Задачи

1. Определить предпосылки применения гравиразведки.

2. Выделить аномалии силы тяжести и оценить возможность локализации сурьмяных рудных зон с помощью гравиразведки.

3. Проанализировать результаты и сделать выводы.

Методологический подход к данному исследованию опирается как на теоретические, так и на практические методы. В работе продемонстрированы материалы полевых исследова-

¹ AGT Systems. Гравиметрический комплекс Autograv CG-5 компании Scintrex: руководство по эксплуатации: пер. с англ. – М., 2002. 248 с.

² Autograv Automated Gravity Meter: operator manual. – Canada, Ontario, 1998. – 218 p.

дований с применением высокоточных гравиметров марок ScintrexCG-5, проведённых согласно методическим указаниям инструкции по гравиразведке¹. Обработка данных гравиметрической съёмки исполнена по традиционной методике с применением современного модуля Gravity (GeosoftOasisMontaj™)², а также с учётом личного опыта автора и накопленных знаний по данной теме [5; 6].

Тема исследования разработана достаточно скудно. Производственные предприятия, занимающиеся разведкой месторождений, очень редко специализируются на высокоточной гравиметрической съёмке или попросту считают проведение подобных работ в крупном масштабе съёмки нецелесообразным. В этой связи информацию, демонстрирующую эффективность высокоточной гравиметрической съёмки на рудных объектах, в частности на месторождениях сурьмы, найти затруднительно. Тем не менее полученные результаты хорошо коррелируются с фактическими материалами, поэтому исследования в данной области значимы и способствуют развитию технологии детальных поисков рудных объектов методом высокоточной гравиразведки.

Полученные результаты исследования проанализированы и наглядно продемонстрированы на графиках и рисунках, что свидетельствует о качестве проведенного исследования.

Материалы и методы. *Предполевые работы и предпосылки обнаружения зон сурьмяной минерализации.* Предпосылками постановки опытно-методических высокоточных гравиметрических работ с целью выявления зон сурьмяной минерализации выступают:

- высокая избыточная плотность зон антимонитовой минерализации (до 1 т/м³) относительно вмещающих пород [3; 12; 17];
- существенная мощность зон антимонитовой минерализации (от нескольких до десятков метров);
- крутопадающее залегание зон антимонитовой минерализации от 45° до субвертикального.

Возможность обнаружения рудных зон с сурьмяной (антимонитовой) минерализацией определена на основе расчётов, полученных при решении прямой задачи гравиразведки. В качестве геологических данных использовались ретроспективные материалы Ю. Ф. Харитоновой (ООО «Востокгеология», 2007 г.) по ранее изученным рудным зонам. Полагаясь

на результаты бороздового опробования по четырём канавам, вскрывшим минерализованную зону, определены геометрические параметры рудных тел и средневзвешенные содержания сурьмы. Минерализованная зона на месторождении представлена линзо- и пластообразными залежами сложной морфологии с невыдержанной мощностью и неравномерным распределением сурьмы.

В ходе решения прямой задачи гравиразведки способом «вертикальной ступени»³ в каждой точке опробования по профилю вдоль канавы рассчитаны избыточная плотность и гравитационный эффект. Таким образом, поле локальной составляющей аномалии силы тяжести является суперпозицией гравитационных эффектов вдоль профиля канавы для каждой расчётной точки.

Моделирование принималось для двух геологических ситуаций – в близповерхностном залегании рудной зоны и для «скрытой» залежи. В первом случае верхняя кромка рудных зон принималась равной 1 м (подошва рыхлых или элювиальных образований), вертикальная мощность – 10 м. Во втором расчёте для оценки обнаружения «скрытых» рудных зон аномалиеобразующие объекты размещены на глубины таким образом, чтобы интенсивность поля аномалии силы тяжести составляла приблизительно 15 мкГал (правило 3-сигма). Результаты решения прямой задачи гравиразведки для одной из четырёх канав представлены на рис. 1. Положение верхней и нижней кромок аномалиеобразующего объекта на графике обозначено Z.

Соответственно, при выполнении высокоточных гравиметрических работ масштаба 1:500 с шагом пунктов наблюдений по профилю 1–2 м точностью съёмки ±5 мкГал локализации подлежат близповерхностные зоны с антимонитовой минерализацией мощностью до 3 м и со средневзвешенным содержанием сурьмы около 5 %. Зоны с антимонитовой минерализацией, имеющие средневзвешенное содержание сурьмы около 7–12 % и мощность около 10–20 м, можно выявить на глубинах 5–20 м.

Из этого следует, что увеличение горизонтальной мощности минерализованной зоны и концентрации полезного компонента способствует повышению интенсивности гравитационных аномалий и росту разрешающей способности гравиразведки на глубину исследования.

¹ Министерство геологии СССР. Инструкция по гравиразведке. – Л.: Недра, 1980. – 89 с.

² Whitehead N. Users Guide to the Oasis Montaj 7.2 program: a tutorial. – Canada, Toronto, 2012. – 104 p.

³ Мудрецова Е.А., Веселов К.Е. Гравиразведка: справочник геофизика. – М.: Недра, 1990. – 607 с.

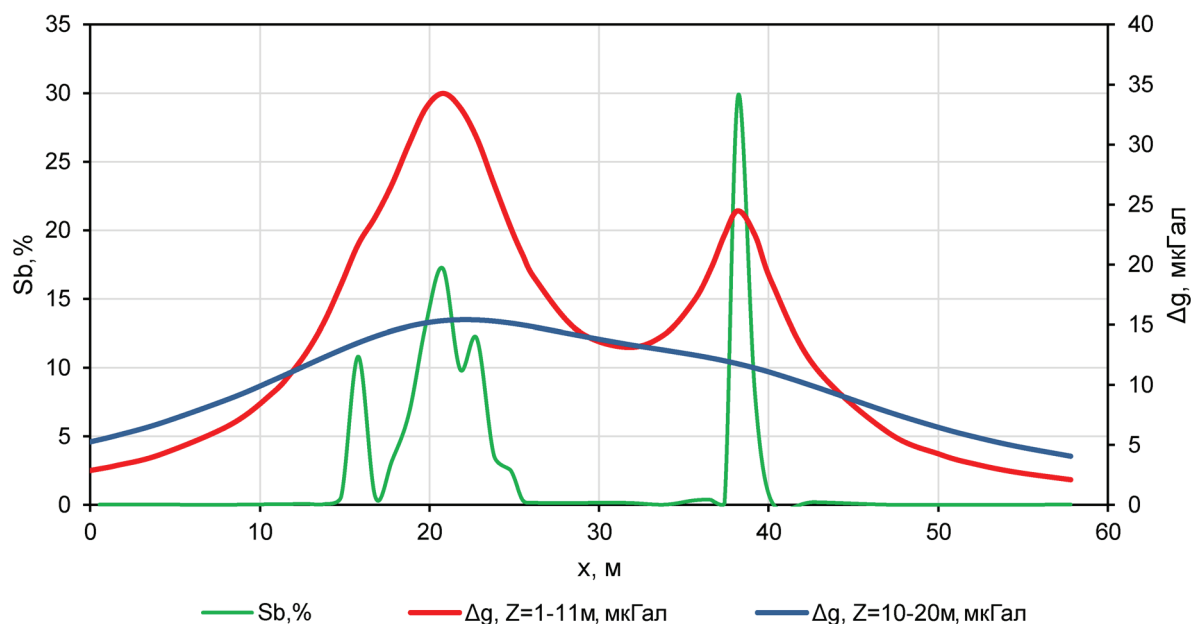


Рис. 1. Результаты решения прямой задачи гравиразведки по канаве / **Fig. 1.** The results of theoretical calculations of the gravitational field along the trench

Таким образом, результаты расчётов демонстрируют возможность локализации зон с антимонитовой минерализацией методом высокоточной гравиразведки, а также определяют предпочтительные начальные параметры сети наблюдений для производства полевых опытно-методических работ.

Полевые работы. Опытные методические работы методом высокоточной гравиразведки производились в Восточном Забайкалье на месторождении сурьмы. Изучение возможности использования высокоточной гравиразведки для локализации зон с антимонитовой минерализацией проведено в районе пройденной предшественниками поисковой канавы (ООО «Востокгеология», 2007 г.), пересёкшей рудную зону в интервале 25,2–47,3 м. Средневзвешенное содержание сурьмы в исследуемой рудной зоне составляет приблизительно 8,85 %.

Полевые работы производились на опытном участке по предварительно разбитой сети наблюдений 5×1 м на площади около 5 000 м². Соответственно, расстояние между профилями составило 5 м, а шаг измерений между пунктами наблюдения – 1 м. Длина каждого профиля – 100 м. Ориентировка линий наблюдения принята субмеридиональной, поперёк простирающихся зон антимонитовой минерализации.

Вынос на местности положения пунктов наблюдений, определение их координат и высот осуществлялись с помощью ГНСС-приём-

ников марки Triumph. Среднеквадратическая погрешность определения высот составила ±0,023 м, координат пунктов наблюдения в плане – ±0,12 м.

Измерения на пунктах наблюдения выполнялись высокоточным гравиметром класса А марки ScintrexCG-5. На каждом пункте проводились два измерения, каждая запись имела продолжительность 60 с. В центральной части участка для учёта смещения нуля-пункта гравиметра оборудован один опорный пункт. Длительность одного гравиметрического рейса составляла не более 2 ч. Среднеквадратическая погрешность определения наблюдаемых значений аномалии силы тяжести составила ±4,1 мкГал.

Гравиметрические наблюдения выполнены на 1111 пунктах. Масштаб выполненной съёмки составил 1:500.

Обработка данных. В процессе полевых исследований осуществлялась первичная обработка гравиметрических данных, которая включала в себя внесение корректировок за смещение нуля-пункта гравиметра, увязку гравиметрических рейсов и расчёт погрешностей съёмки.

Вычисление аномалий силы тяжести в редукции Буге, ввод поправок за рельеф осуществлялись на камеральном этапе работ. Полный цикл обработки результатов гравиметрической съёмки, в том числе учёт поправок за влияние рельефа местности, выполнен в программе Geosoft Oasis Montaj™.

Алгоритм вычисления редукций Буге отмечен в публикациях автора [5; 6].

Для разделения аномалий Буге на региональную и локальную компоненты поля использовалось программное обеспечение Geosoft Oasis Montaj™, а именно модуль Magmap Filtering. В процессе анализа применялись алгоритмы, позволяющие выделить локальные аномалии с использованием методов частотной фильтрации (GaussianRegional / Localfiltering) [5–7; 9].

Результаты исследования. В результате обработки гравиметрических данных получена карта локальной составляющей аномалии силы тяжести (рис. 2). На карту вынесен контур зоны сурьмяной (антимонитовой) минерализации по ретроспективным данным бороздового опробования канав. В поле локальной составляющей аномалии силы тяжести зона сурьмяной минерализации выражена положительной аномалией с интенсивностью около 20–50 мкГал. Аномалия силы тяжести меняет свою ориентировку от субширотного направления на западе до юго-восточного на востоке. В западной части участка картируются два разветвлённых локальных максимума аномалии, соединяющихся в один на востоке, а общая ширина аномалии составляет 20–40 м. Аномалии с максимальной интенсивностью 40–50 мкГал и высоким градиентом поля, вероятно, определяют выходы на поверхность рудных зон с повышенным содержанием сурьмы.

Некоторые расхождения форм и границ аномалий силы тяжести с контуром зоны сурьмяной минерализации можно объяснить сложным геологическим строением рудных тел на исследуемом месторождении, относящемся к четвёртой группе сложности. Не стоит исключать возможность локализации ещё не обнаруженных минерализованных тел и зон, «скрытых» под рыхлыми отложениями и выходящих на дневную поверхность. Тем не менее положение контура зоны сурьмяной минерализации хорошо коррелируется с морфологией гравиметрической аномалии. Интенсивность локальных аномалий силы тяжести согласуется с выполненными теоретическими расчётами. Проведённое исследование доказывает, что с помощью высокоточной гравиразведки существует возможность обнаружения сурьмяных рудных зон.

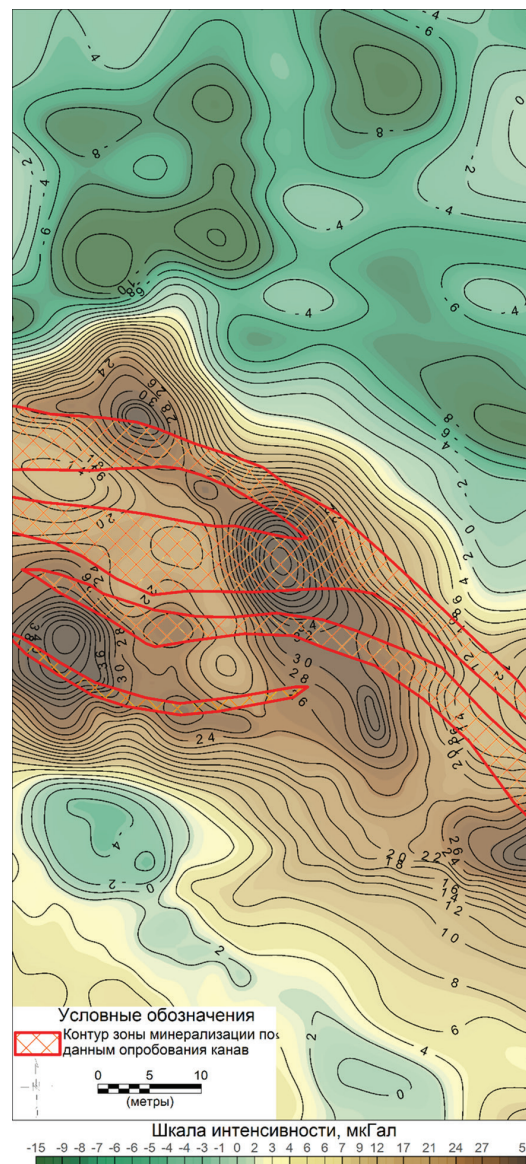


Рис. 2. Карта локальной составляющей аномалии силы тяжести / **Fig. 2.** A map of the local component of the gravity anomaly

Выводы

1. Установлена возможность обнаружения новых и изучения известных, в том числе «скрытых», рудных зон с сурьмяной минерализацией с помощью высокоточной гравиразведки.
2. Выполнение опережающей высокоточной гравиразведки позволит скорректировать сеть горных и буровых работ.
3. Поиск аналогичных рудных зон на перспективных участках целесообразно выполнять в площадном варианте в масштабах съёмки 1:1 000–1:500.

Список литературы

1. Бычков С. Г. Детальная гравиразведка на современном этапе // Геофизика. 2011. № 5. С. 40–45.
2. Варзаков А. П., Мелехин И. А., Виноградов В. Б. Применение высокоточной гравиразведки для поисков золота // Материалы 43-й сессии Международного научного семинара им. Д. Г. Успенского. Воронеж: Научная книга, 2016. С. 42–44.
3. Васильев В. Г. Сурьмяные месторождения. Месторождения Забайкалья // Геоинформмарк. М., 1995. Т. 1. Кн. 2. С. 67–75.
4. Васильев В. Г., Сaitов Ю. Г., Болотов Е. С. Перспективы развития сурьмяной отрасли в Забайкальском крае // Горный журнал. 2011. № 3. С. 63–67.
5. Груздев Р. В., Рыльский И. А. Определение оптимальных параметров для вычисления поправок за рельеф на основе цифровых моделей рельефа местности (на примере Восточного Забайкалья) // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, № 8. С. 12–25.
6. Груздев Р. В. Обработка аномалий силы тяжести на основе аппроксимаций поля методом наименьших квадратов (на примере Восточного Забайкалья) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. 2023. № 1. С. 44–49.
7. Долгалъ А. С. Гарантированный подход к извлечению достоверной информации из данных гравиразведки // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Пермь, 2012. С. 115–117.
8. Исаев В. И., Косыгин В. Ю., Лобова Г. А., Пятаков Ю. В. Интерпретация данных высокоточной гравиразведки. Вертикальный градиент плотности // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 319, № 1. С. 83–90.
9. Исаев В. И., Гуленок Р. Ю., Лобова Г. А. Интерпретация данных высокоточной гравиразведки. Трёхмерность объектов // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320, № 1. С. 98–104.
10. Кондратьев В. М., Метрикин Д. С. Гравиразведка при хромитопоисковых работах в западном Саяне // Геофизика. 2011. № 11. С. 28–32.
11. Кривошея К. В., Лыгин И. В., Соколова Т. Б., Широкова Т. П. Возможности современной гравиразведки и магниторазведки // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2019. Т. 85, № 1. С. 66–72.
12. Павленко Ю. В., Поляков О. А. Восточно-Забайкальская сурьмяная провинция // Вестник Читинского государственного университета. 2010. № 9. С. 77–84.
13. Польшин И. И. Высокоточная гравиразведка для решения геологических задач // Промышленный сервис. 2011. № 2. С. 9–15.
14. Поляков О. А. Разработка радиометрической сепарации ценных компонентов сурьмяных руд Восточного Забайкалья: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.13. Чита, 2014. 23 с.
15. Юргин О. В. Высокоточная гравиразведка при измерении гравитационных эффектов малоглубинного происхождения: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 25.00.10. Пермь, 2006. 26 с.
16. Юргин О. В., Золина С. П., Рукавишников Р. Б. К вопросу о создании отечественного гравиметра класса А // Геофизические методы поисков и разведки месторождений нефти и газа: межвуз. сб. науч. тр. Пермь, 2001. С. 76–83.
17. Guo W. Density investigation and implications for exploring iron-ore deposits using gravity method in the Hamersley Province, Western Australia // AIMS Geosciences. 2022. No. 9. P. 34–48.

References

1. Bychkov SG. The detailed gravimetric prospecting at present stage. *Journal of geophysics*. 2011;(5):40–45. (In Russian).
2. Varzakov AP, Melekhin IA, Vinogradov VB. Application of high-precision gravity exploration for gold prospecting. In: Materials of the 43rd session of the DG. Uspensky International Scientific Seminar. Voronezh: Scientific Book; 2016. Pp. 42–44. (In Russian).
3. Vasil'ev VG. Antimony deposits. Deposits of Transbaikalia. In: Geoinformmark. Moscow, 1995. Pp. 67–75. (In Russian).
4. Vasilev VG, Saitov YuG, Bolotov ES. Prospects of development antimonite branch at the Zabaikalye territory. *Mining Journal*. 2011;(3):63–67. (In Russian).
5. Gruzdev RV, Rytsky IA. Determination of optimal parameters for calculating terrain corrections based on digital terrain models (on the example of eastern Transbaikalia). *Transbaikal State University Journal*. 2021;27(8):12–25. (In Russian).
6. Gruzdev RV. Processing of gravity anomalies based on field approximations by the least squares method (on the example of Eastern Transbaikalia). *Geology and mineral resources of Siberia*. 2023;(1):44–9. (In Russian).
7. Dolgal' AS. A guaranteed approach to extracting reliable information from gravity exploration data. In: Strategy and processes of georesource development: collection of scientific papers. Issue 10. Perm, 2012. Pp. 115–117. (In Russian).

8. Isaev VI, Kosygin VYu, Lobova GA, Pyatakov YuV. Interpretation of high-precision gravity exploration data. Vertical density gradient. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2011;319(1):83–90. (In Russian).
9. Isaev VI, Gulenok RYu, Lobova GA. Interpretation of high-precision gravity exploration data. Three-dimensionality of objects. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2012;320(1):98–104. (In Russian).
10. Kondrat'ev VM, Metrikin DS. Gravimetric prospecting during chromite prospecting in the Western Sayan. *Journal of geophysics*. 2011;(11):28–32. (In Russian).
11. Krivosheya KV, Lygin IV, Sokolova TB, Shirokova TP. Possibilities of modern gravity and magnetic exploration. *Business magazine «Neftegaz.RU»*. 2019;85(1):66–72. (In Russian).
12. Pavlenko Yu, Polyakov O. Antimonial province of East Zabaikalie. *Chita State University Journal*. 2010;(9):77–84. (In Russian).
13. Polyn II. Large-precise gravity exploration for solving geological problems. *Industrial Services*. 2011;(2):9–15. (In Russian).
14. Polyakov OA. Development of radiometric separation of valuable components of antimony ores of Eastern Transbaikalia. Cand. techn. sci. diss. abstr. Chita, 2014. 23 p. (In Russian).
15. Yurgin OV. High-precision gravity exploration in measuring gravitational effects of shallow origin. Cand. techn. sci. diss. abstr. Perm, 2006. 26 p. (In Russian).
16. Yurgin OV, Zolina SP, Rukavishnikov RB. On the issue of creating a domestic class A gravimeter. In: Geofiz. methods of prospecting and exploration of oil and gas fields: interuniversity collection of scientific papers. Perm, 2001. Pp. 76–83. (In Russian).
17. Guo W. Density investigation and implications for exploring iron-ore deposits using gravity method in the Hamersley Province, Western Australia. *AIMS Geosciences*. 2022;9(1):34–48.

Информация об авторе

Груздев Р. В., канд. геол.-минерал. наук, научный сотрудник лаборатории геохимии рудогенеза, Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Чита, Россия; rogruzdev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1748-864X>. Область научных интересов: геодезия, геология, геофизика

Information about the author

Gruzdev R. V., candidate of geological and mineralogical sciences, researcher at the laboratory of geochemistry and ore genesis, Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Chita, Russia; rogruzdev@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1748-864X>. Research interests: geodesy, geology, geophysics

Поступила в редакцию 23.09.2024; одобрена после рецензирования 20.01.2025; принята к публикации 03.02.2025.

Received 2024, September 23; approved after review 2025, January 20; accepted for publication 2025, February 3.