

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ТЕЛА ЖЕЛЕЗНОГО РУДНИКА СЪЯДАРЕ В ПРОВИНЦИИ БАМИАН С ПОМОЩЬЮ СООТВЕТСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ

Компьютерные технологии помогают более детально и надежно определять геологические характеристики рудных залежей, но решающее значение имеют физические параметры объектов и пород вмещающей среды. При анализе физических свойств пород также использовались методы цифровой обработки и получение статистических характеристик физических свойств вмещающих пород и рудных тел. Поэтому название статьи отражает важность современных информационных технологий в поиске эффективных методов минеральной стабилизации.

Площадь железорудного месторождения Съядаре составляет 42 квадратных километра, среди которых выявлено и исследовано несколько участков добычи железа на площади 17 квадратных километров. По заданию Геологической службы Афганистана в 2018 г. была проведена серия комплексных геофизических исследований масштаба 1:25 000 с целью определения запасов минерального сырья в районе Съядаре, округ ЯкаВеланг. Комплекс включал магниторазведку, гравитационную разведку. При съемках использовалась канадская и советская аппаратура: магнитометр G858, гравиметр CG-5. Гравитационный метод базируется на различиях плотностей пород геологического разреза. Учитывая, что плотность железных руд резко отличается от густоты вмещающих пород, гравиразведка является очень эффективным методом изучения строения месторождения. Не менее эффективным методом является также и магнитная разведка, учитывая высокий уровень магнитной восприимчивости железных руд.

**Key words:** *железный рудник Съядаре, гравитационный, магнитное поле, моделирование.*

## История геологических исследований и добычи полезных ископаемых в Афганистане

В средние века и в начале XX века в Панджшере добывали золото, серебро и изумруды, а также железную руду и руды других металлов в различных районах страны. Угольные шахты также были обнаружены в северных и центральных районах Афганистана, нефтяные и газовые шахты были обнаружены в северных провинциях Гильменд, Кандагар и Хост за два столетия.

В 1919 году в Кабул впервые прибыла русская делегация для проведения работ на недрах. В 1920 году американские геологи участвовали в разведке полезных ископаемых в Афганистане. В 1937 году Афганистан предоставил для нью-йоркской геологоразведочной компании лицензию на разведку запасов нефти по всей стране, но из-за начала второй мировой войны компания через год отозвала свою концессию. После второй мировой войны геологоразведочные работы возобновились по соглашению с Францией, а разведка угля на юге Афганистана была проведена немцами в 1950 году, а затем в 1954 году шведскими геологами. Проведение единой аэрогеофизической съемки практически целой местности Афганистана было осуществлено в 2011 г. и включало в себя аэромагнитные замеры, гравиметрию, многоканальную электроразведку и спектрометрию. Видеосъемка проводилась с применением быстрого летательного аппарата «Орион» с высоты 5 000 вплоть до 1 500 м. Основная доля страны освоена различными разведывательными маршрутами. Итоги данной съемки отображают состояние глубоких геологических разломов общеземной коры и представлены на рисунке 1 [8].

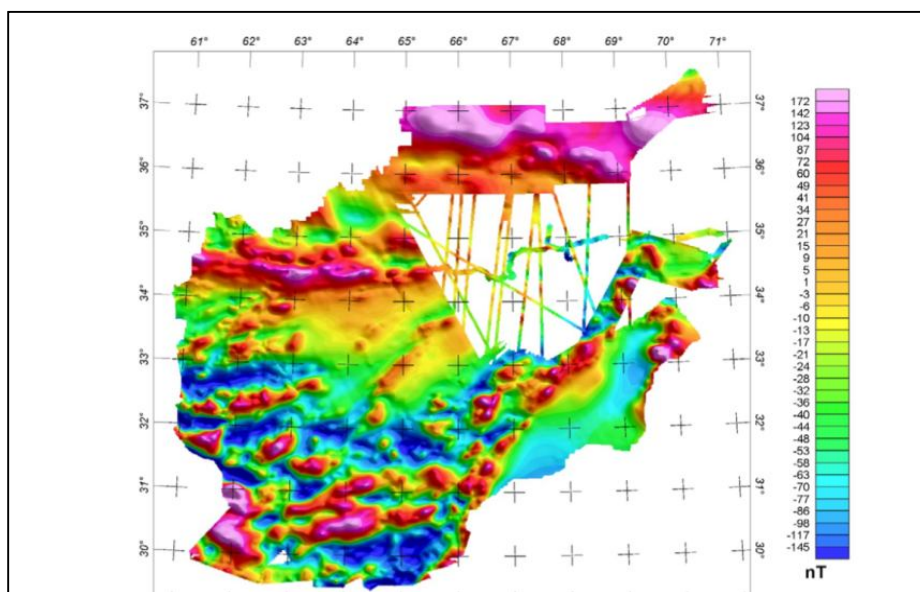


Рис. 1. Результаты аэромагнитной съемки Афганистана: физико-географическая характеристика

Месторождение Сьядаре находится в 360 км к северо-востоку от Кабула и на расстоянии 160 км юго-западнее провинции Бамиан. Его координаты представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Координаты исследуемого района**

No	Y	X
1	34° 37' 17.5'	66° 51' 18.55'
2	34° 35' 45.9'	66° 51' 59.58'
3	34° 30' 54.1'	66° 44' 10.00'
4	34° 31' 58.2'	66° 43' 14.75'

Геофизические исследования играют важную роль в решении геологических задач при рудных исследованиях и используются на всех этапах поисково-разведочных геологических работ.

Магнитометрический метод использовался как основной при исследовании месторождения Сьядаре, с помощью которого были определены блоки с высокими магнитными свойствами, месторождения железных руд и т.д. Косвенно он использовался для исследования пород вокруг шахты. Этот метод выполняется на земле и в воздухе для обнаружения минеральных блоков геологической структуры. Таким образом, по сравнению с другими геофизическими методами можно отметить, что он проще и дешевле. Для выявления магнетизма железной руды метод магнитометрии используется как лучший метод разведки.

Гравитационный метод базируется на различиях плотностей пород геологического разреза. Учитывая, что плотность железных руд резко отличается от плотности вмещающих пород, гравиразведка также является очень эффективным методом изучения строения месторождения [1].

### Геология региона

Согласно предыдущим исследованиям, проведенным командой «Драгоценные камни» в 2019 году, на изучаемой территории большая часть камней палеозойской группы. Это в основном черные сланцы (С3) пепельно-черного цвета, отмечены мелкие пластины кварца (SiO) и гранита, серицитового лимонита, которые были раздроблены тектоническими движениями. На некоторых участках наблюдаются тонкие пласты, а на других – очень тонкие пласты. В районе Сьядаре видны глыбы железной руды в виде обнажений.

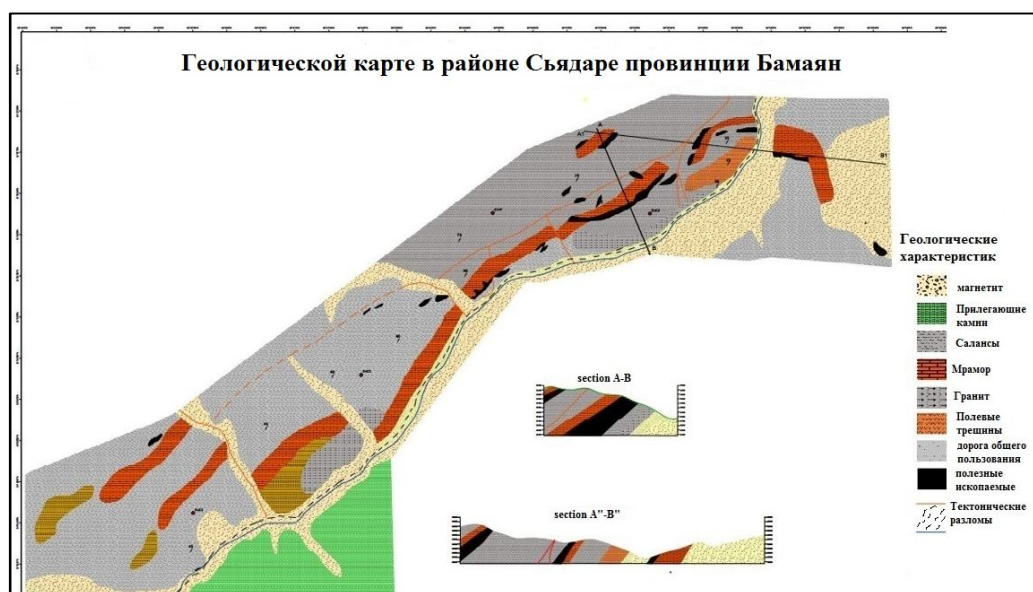


Рис. 2. Геологическая карта района Сьядаре, район Якаваланг, провинция Бамаиан (оцифровано в программе GIS)

### Железорудные минеральные блоки № 1, 2, 3 ... 17

На основе работ, проведенных командой специалистов по драгоценным камням в 2019 году, исследуемая территория имеет площадь 42 квадратных километра и разделена на 17 минеральных блоков в масштабе 1:25 000 и 1:2 000 по категории С2. Было рассчитано около (5,63E+08) тонн железа. Среди доломитовых мраморных камней и черных и хлоритовых блоков, содержащих блоки железа, распространены как самые крупные блоки железа, так и мельчайшие блоки минералов.

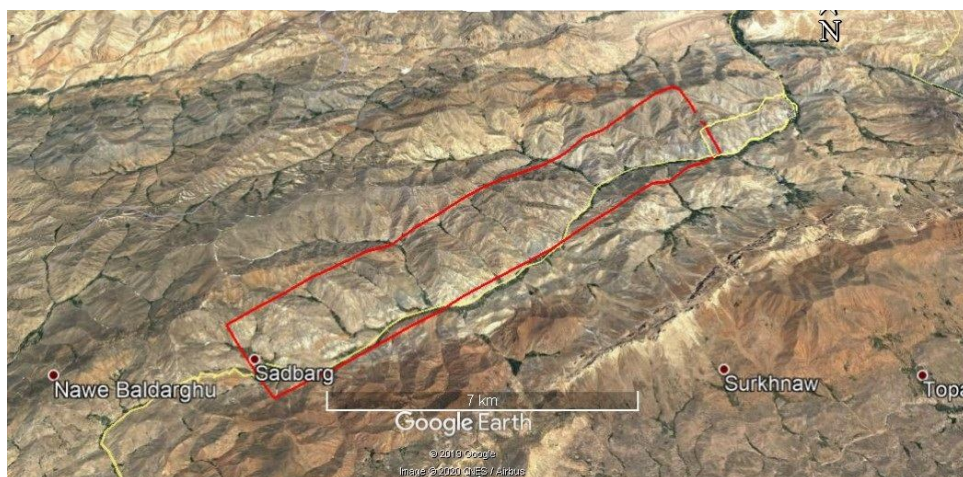


Рис. 3. Выходы на поверхность железных руд в селе Сирк Сьядаре

Железорудные блоки, состоящие из минералов (магнетита, гематита, мартита, пирита и седрита), широко распространены в этом районе. Сначала они пролегают на восток, затем на запад распространяются до долины Каф-кол. Вспученные породы и отложения на исследованных участках подвергались различным преобразованиям при контакте с магматическими породами.

### Магнитный метод

В магнитном методе разведки физической основой является различие пород по магнитным свойствам. Магнитный метод является одним из важнейших методов геофизической разведки, который имеет множество вариантов применения и включает в себя небольшие исследования, такие как определение местоположения подземных труб и электрических кабелей до крупных объектов, таких как запасы полезных ископаемых, и изучение крупных геологических и нефтяных структур. Одним из преимуществ этого метода является простота измерений и его меньшая стоимость по сравнению с другими геофизическими методами (разведочная геофизика).

На исследуемом участке магнитное поле измерялось паровым цезиевым магнитометром G-858 производства фирмы «Геометрика» с точностью 0,01 нтл (единица измерения напряженности магнитного поля), этот прибор фиксирует одно значение (показание) в секунду [4].

### Интерпретация магнитометрических данных

После внесения необходимых исправлений карты аномалий местности программным обеспечением (Geo soft) было решено, что на рисунке ниже показаны изменения напряженности магнитного поля в районе Сьядаре. Разница магнитного поля в этой области очень велика, минимальный предел 18 902, а максимальный 57 324 нтл, согласно карте высоких значений напряженность магнитного поля распространяется с востока на юго-запад, что связано с расширением блоков магнетита на юго-запад. Важным в аномалиях этого региона является преемственность между ними, которая представляется в глубине их объединения.



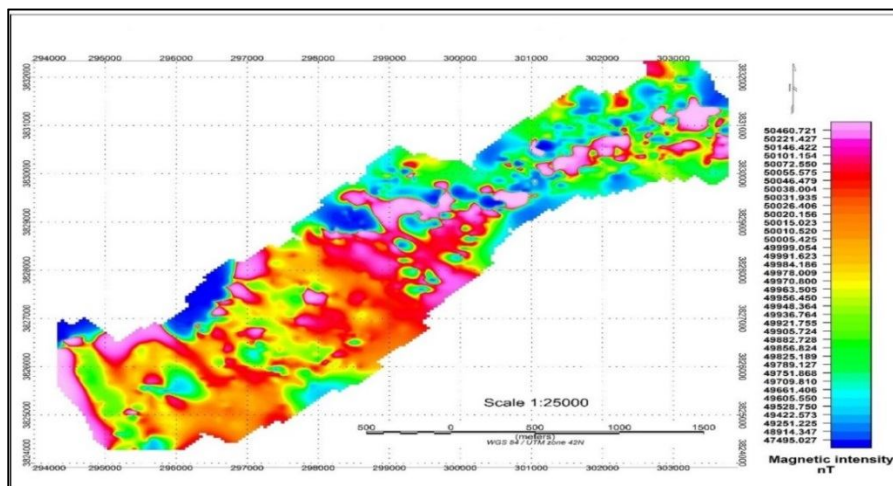


Рис. 4. Карта магнитометрических аномалий района Сьядаре, район Якаваланг, провинция Бамиан

### Анализ и интерпретация магнитометрических данных

Результаты магнитной съемки представлены на рисунке 5 в абсолютных единицах. Аномалии магнитного поля были трансформированы способом приведения к вертикальной намагниченности и пересчета в верхнее полупространство с целью обоснования получения глубинных характеристик источников этих аномалий. На рисунке 5 представлены трансформанты этих полей. Трансформанты магнитных данных района Сьядаре на изучаемой площади на горизонтах 100, 20 и 50 метров был применен фильтр восходящего расширения для определения глубины расширения залежи железа. Как видно из карты, простирающейся вверх на высоту 20 метров, часть аномалии на карте напряженности магнитного поля исчезла, а ряд аномалий, имевших более крупные размеры, все еще присутствует. Анализируя характер изменения магнитного поля, можно выделить два участка, характеризующихся различными геометрическими типами магнитных аномалий [3].

Северо-восточный участок с локальными положительными аномалиями небольшой интенсивности вытянутой формы. Сравнивая расположение этих аномалий с картой выходов железорудных пластов на рисунке 3, можно сделать вывод, что эти аномалии отражают именно пластовые железорудные тела, выходящие на поверхность. Моделирование магнитного поля от моделей пластов, вычисляя магнитные аномалии, то есть решая прямую задачу магниторазведки, используя компьютерную программу Магмодел, на рисунке 4 подтверждает наше предположение.

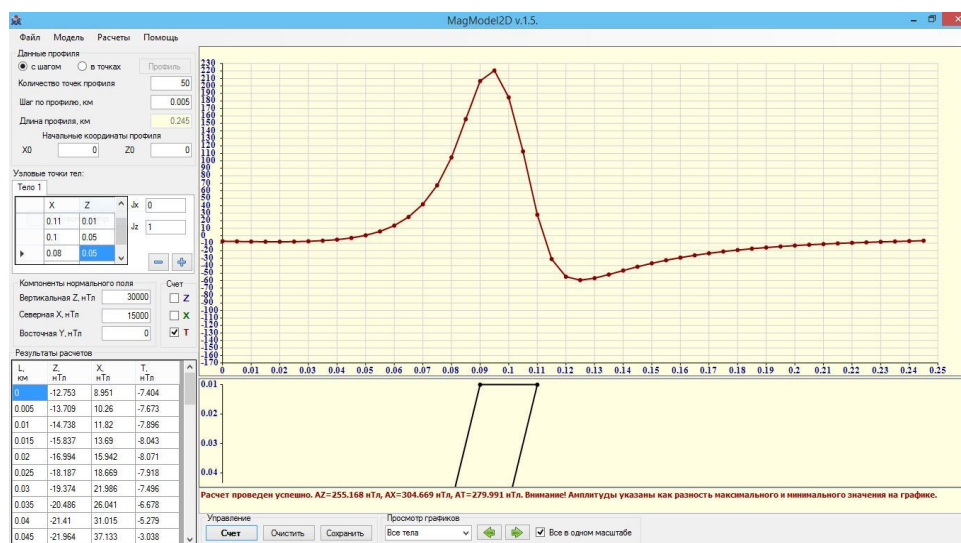


Рис. 5. Результаты расчетов магнитных аномалий для моделей рудных тел

## Гравиметрическая съемка

Физической основой гравиметрического метода разведки является различие горных пород геологического разреза по значению плотности, которые создают избыточные (или дефектные) массы относительно вмещающих пород.

Анализируя значения плотностей горных (вмещающих) пород и рудных минералов (см. рис. 4), мы видим, что рудные объекты имеют избыточную плотность относительно вмещающих пород в среднем на 2 г/см.

На основе геологических исследований, проведенных группой специалистов по драгоценным камням в 2009 году, был обследован район Сьядаре округа Якавеланг провинции Бамиан, который показал, что на площади 42 квадратных километра содержится 60–70 % железа. Было выявлено, что данная область включает все типы метаморфических и магматических осадочных пород, в том числе наиболее обширные железорудные минеральные зоны, которые большей частью сложены глыбами магнетита (а местами осадочными породами, глыбами гематита, мартита, образованными осадочными породами, а также минералы марганца (Mn), магния (Mg), циркона (Zr), титана (Ti), молибдена (Mo), бария (Ba), урана (U) и титана (Th).

## Анализ гравитационного поля

Если гравиметр переместить вверх (далеко от земли), величина  $g$  или силы тяжести, измеряемая устройством, уменьшится. Измеренные значения должны быть скорректированы с учетом этого эффекта, и эти данные гравитации после коррекции аномалии называются свободной гравитацией.

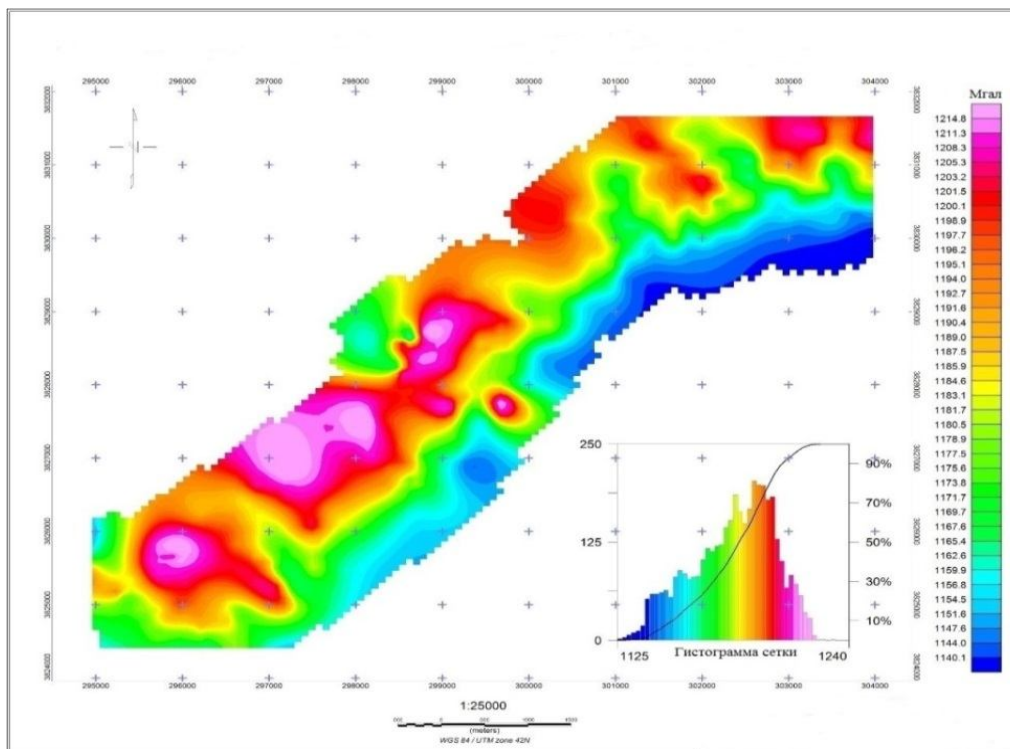


Рис. 6. Карта наблюдаемого гравитационного поля относительно модели Земли WGS-84

## Результаты анализа гравиметрического поля на Сьядаре

Принимая во внимание марку прибора и то, как учитывались дневные вариации магнитного поля, был проведен анализ карты гравитационного поля Сьядаре после приведения грави-

тационного поля к полюсу (вертикальной намагниченности) и совпадения таких аномалий с гравитационными аномалиями. Программа GravModel вывела следующие параметры.

- Для гравиразведки – высокая плотность, порядка 4,8–5,8 г/см.куб. плотность вмещающих пород оценивается в пределах 2,7–2,9 г/см.куб.

С учетом плотности гравитационного поля тела и прилегающих к нему камней ниже приведем его график.

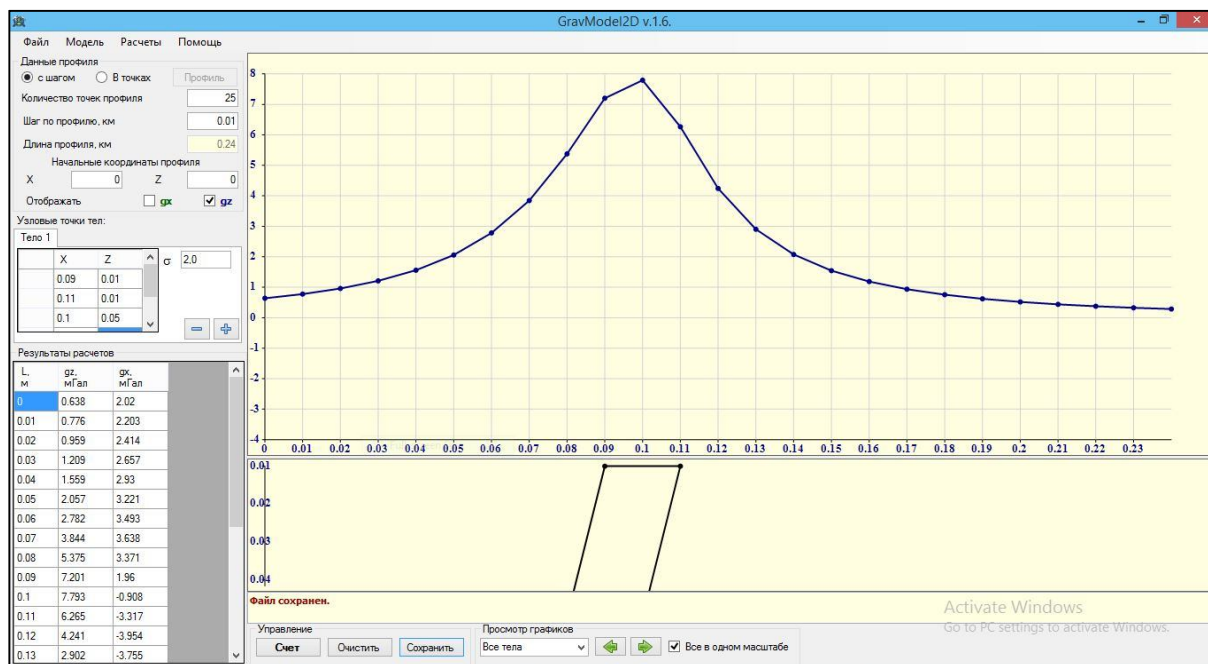


Рис. 7. Результаты расчетов аномалий для первой модели

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В 2018 году была проведена серия геофизических исследований над железным рудником в районе Сьядаре, округ ЯкаВеланг, провинция Бамиан, с масштабом 1:25 000. Геофизические исследования в районе Сьядаре играют важную роль в решении геологических проблем и используются на всех этапах разведочной геологии. В данном исследовании использовался магнитометрический метод прибора G-856 и G-858 гравиметрический метод CG-5 для стабилизации железорудных слитков, который обычно используется в геофизических исследованиях, и петрофизический отбор проб. Магнитометрический метод является основным методом при исследовании месторождения Сьядаре, непосредственно для выявления блоков с высокими магнитными свойствами, месторождений минералов железа. Он используется для разведки материалов вокруг шахты. Этот метод проводится на земле и в воздухе для обнаружения минеральных блоков геологической структуры. Поэтому, по сравнению с другими геофизическими методами, можно отметить, что он проще и менее затратный. Для определения магнетизма в железной руде метод магнитометрии используется как лучший метод разведки.

На основании проведенных исследований было установлено блоковое строение месторождения, выявлены рудные участки для разработки. Критическое замечание о выполненных съёмках: полевые работы выполнены на ограниченном участке и нет привязки результатов съёмок к региональному гравитационному и магнитному полям.

На основании выполненных исследований установлено, что месторождение Сьядаре состоит из двух различных участков:

1) северо-восточного, который представлен пластовыми телами, толщиной от нескольких метров и глубиной до 100 м.

2) юго-западного, представленного массивными рудами. Общая масса рудных тел может быть определена по данным гравиметрии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архив геологического бюро. – Кабул, Афганистан, 2021 [электрон. текстовые данные]. – Режим доступа: <https://www.giscoders.com>.
2. Бродовой В.В. Комплексование геофизических методов: учебник для вузов. – М.: Недра, 1991. – 330 с.
3. Лобанов А.М. Гравиразведка. Краткий курс. – М.: МГРИ, 2017.
4. Отчёт геолого-изыскательских работ // Архив. Кабул, Афганистан. – 2018[электрон. текстовые данные]. – Режим доступа: <https://momp.gov.af/dr>.
5. Реймент Р.А. Стратиграфия некоторых скважин // Журнал горного дела и геологии. – 1965. – № 2 (1), 1-11.
6. Факирзада Н., Лобанов А.М. Минеральные ресурсы Афганистана и перспективы их изучения геофизическими методами // Научная конференция МГРИ: Новые идеи в науках о Земле. – 2022. – Апрель.
7. Каим К. Тектоника и история геологического развития Севера Афганистана. – Кабул: Майванд, 2007. – 189 с.
8. Aeromagnetic survey in Afghanistan: an updated Website for distribution of data. – USGS, 2011.
9. Aeromagnetic survey in Afghanistan: an updated Website for distribution of data. – USGS, 2019.

**Faqirzada Nezamuddin**  
Assistant Professor

Baghlan University  
Afghanistan, Paul Khomri, Baghlan

## DETERMINATION OF THE MINERAL BODY OF THE SYADARE IRON MINE IN BAMMIAN PROVINCE BY APPROPRIATE TECHNIQUES

Computer technologies help to determine the geological characteristics of ore deposits in more detail and reliably, but the physical parameters of objects and rocks of the host environment are of decisive importance. When analyzing the physical properties of rocks, digital processing methods and obtaining statistical characteristics of the physical properties of host rocks and ore bodies were also used. Therefore, the title of the article reflects the importance of modern information technologies in the search for effective methods of mineral stabilization.

The area of the Syadare iron ore deposit is 42 square kilometers, among which several iron mining sites have been identified and explored in an area of 17 square kilometers. On the instructions of the Geological Survey of Afghanistan, in 2018, a series of integrated geophysical surveys at a scale of 1:25000 was carried out to determine the reserves of mineral raw materials in the Syadare area, YakaVelang district. The complex included magnetic exploration, gravity exploration. When filming, Canadian and Soviet equipment was used: a G858 magnetometer, a CG-5 gravimeter. The gravity method is based on differences in rock densities in a geological section. Considering that the density of iron ores differs sharply from the density of host rocks, gravity prospecting is a very effective method for studying the structure of a deposit. No less effective method is also magnetic exploration, given the high level of magnetic susceptibility of iron ores.

**Ключевые слова:** *Siadare iron mine, gravity, magnetic hollow, modeling.*