УДК 550. 83: 550. 814: 553: 41

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ И ПРИРОДА АНОМАЛИЙ НА СУЛЬФИДНЫХ КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЗОЛОТА (НА ПРИМЕРЕ ДАРАСУНА, В. ЗАБАЙКАЛЬЕ)

Ерофеев Леонид Яковлевич,
д-р геол.-минерал. наук, профессор каф. геофизики
Института природных ресурсов Национального исследовательского
Томского политехнического университета, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30. E-mail: Erofeev_Leonid@tpu.ru

Ерофеева Галина Васильевна,
д-р пед. наук, профессор кафедры общей физики Физико-технического
института Национального исследовательского Томского политехнического
университета, Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30. E-mail: egv@mail.ru

Актуальность работы определяется необходимостью исследования природных физических полей и их связей с геологической средой.

Цель работы: *изучить магнитное поле и природу его изменений на типичном для Сибири сульфидном кварцево-жильном месторождении золота Дарасун, для определения возможностей магнитометрии при решении различных поисково-разведочных задач на стадиях от разведки до эксплуатации такого типа месторождений, в конечном итоге – для повышения эффективности геологоразведочных работ на золото за счет использования в общем комплексе их весьма дешёвого и мобильного метода – магниторазведки.*

Методы исследования: *специализированные опытно-методические полевые магнитные съемки различной точности наблюдений и детальности сети измерений, лабораторные определения магнитной восприимчивости целенаправленно отобранных образцов горных пород и руд, статистический анализ полученных данных, сопоставление их с известными элементами геологического строения рудоносной площади и ее окрестностей, а также с данными эксплуатации месторождения.*

Результаты. *Получена площадная картина изменений приращений магнитной индукции в пределах непосредственно рудного поля месторождения Дарасун и его ближайших окрестностей, определен спектральный состав ее изменений, изучена магнитная восприимчивость горных пород рудного поля и его окрестностей, соотношение их магнитной индукции в современном магнитном поле Земле с остаточным намагничением; дана оценка анизотропии магнитного поля и установлены связи магнитного поля с различными элементами геологического строения рудоносной площади Дарасун, выявлена физико-геологическая природа различных аномальных зон и, в конечном итоге, создана основа для оценки возможностей магниторазведки при решении различных геологических задач на стадиях поиска и разведки сульфидных кварцево-жильных месторождений золота в Сибирском регионе.*

Ключевые слова:
Золоторудные месторождения, магнитное поле, магнитная восприимчивость горных пород, магнитная съемка.

Месторождение Дарасун расположено в отрогах Яблоневого хребта, в административном отношении принадлежит Шилкинскому району Забайкальского края, в геологическом – Дарасуно-Балейской структурно-рудной зоне золото-молибденового пояса Забайкалья. Оно относится к золото-сульфидно-кварцевой формации [1] и по морфологии рудных тел является характерным представителем месторождений кварцево-жильного типа [2], такие месторождения распространены в складчатом обрамлении Западно-Сибирской платформы, Забайкалье, Яно-Колымском золоторудном поясе [3], ряд из них находится длительное время в эксплуатации или законсервированы с промышленно значимыми запасами благородного металла. Известно в отмеченных регионах и большое число геологически слабоизученных месторождений и рудопроявлений этого типа [4–6].

Согласно физико-геологической классификации [7], Дарасунское месторождение принадлежит к месторождениям, рудные тела которых локализованы в интрузивных породах.

Такие месторождения имеют повышенное содержание сульфидов в руде, достигающее 10–15 % и более; и, вследствие этого, составляют особую группу, физико-геологические свойства которой существенно отличаются от других месторождений этого класса, в частности от многочисленных и одинаковых по ряду геологических признаков малосульфидных кварцево-жильных месторождений, физико-геологические обстановки на которых рассмотрены в работе [8].

Дарасунское рудное поле сложено породами основного состава нижнепалеозойского возраста (амфиболиты, габбро, роговики), прорванные многофазной гранитоидной интрузией (гранодиориты, лейкократовые граниты и сиениты). Рудные тела – в основном кварц-золото-сульфидные жилы, имеющие значительную протяженность (до 2000 м) и толщину до 30 см. Золото в жилах связано с кварц-пиритовой, пирито-арсенопиритовой и халько-пиритово-бурнонитовой ассоциациями [2].

Рудоносная площадь Дарасуна весьма отчетливо проявляется в магнитном поле в целом повы-

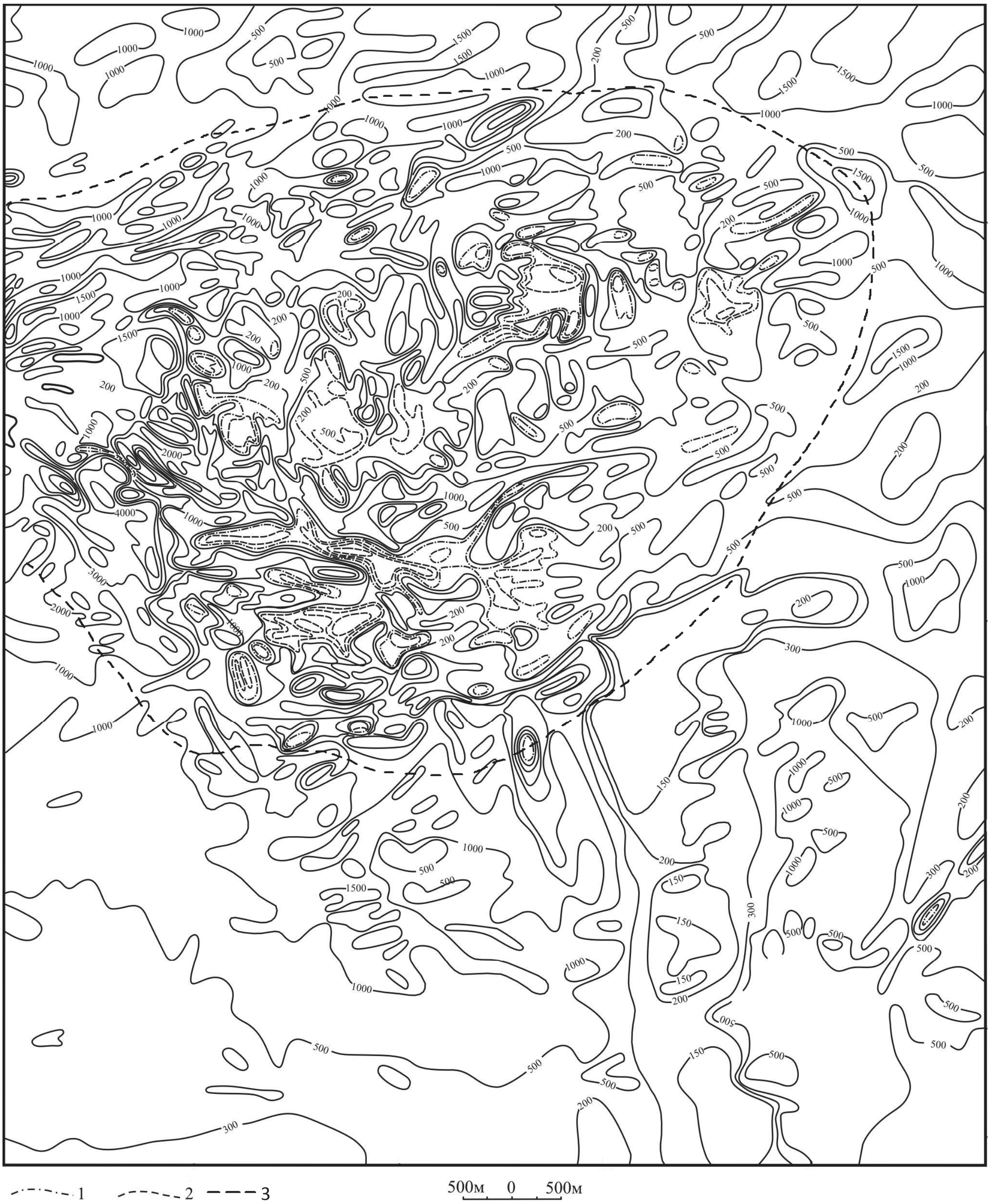

Рис. 1. *Проявление золоторудной площади месторождения Дарасун в магнитном поле. Изолинии приращений вертикальной компоненты магнитной индукции в нТл, 1 – нулевая, 2 – отрицательная изолинии соответственно, 3 – граница рудного поля*

Fig. 1. *Manifestation of gold deposit area of Darasun in a magnetic field. Isolines of increments of magnetic induction vertical component are in nT, 1 – zero, 2 – negative contours, respectively, 3 – boundary of the ore field*

шенными значениями приращений вертикальной составляющей амплитуды индукции и наличием интенсивной высокочастотной части в спектре ее изменения, рис. 1, 2.

Породы Дарасуна имеют низкие значения отношения остаточного и индуктивного намагничения и положительную корреляционную связь между магнитной восприимчивостью и величиной остаточного намагничения (рис. 3), направления вектора которого практически не отличается от современного магнитного поля, что позволяет принимать наблюдаемую картину магнитного поля (рис. 1) однозначным отображением характера изменения магнитной восприимчивости пород.

Рис. 2. *График спектральной плотности дисперсии приращений индукции рудного поля*

Fig. 2. *Graph of spectral density of the ore field induction increments dispersion*

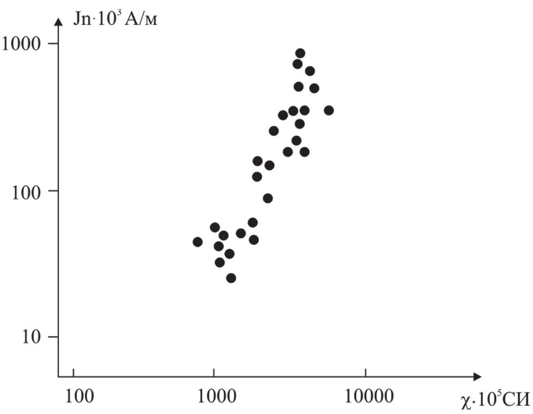

Рис. 3. *Поле корреляции остаточной (J_n) намагниченности и магнитной восприимчивости (χ)*

Fig. 3. *Correlation field of residual (J_n) magnetization and magnetic susceptibility (χ)*

Магнитная восприимчивость интрузивных образований Дарасунского района изменяется в очень широких пределах – от нескольких тысяч до единиц 10^{-5} СИ, оставаясь при этом в целом относительно высокой [8–12].

В непосредственных окрестностях рудного поля и в его пределах основные породы имеют разную магнитную восприимчивость: на месторождении она заметно повышена и в его пределах в ее изменениях достаточно уверенно выделяются относительно устойчивые группы образований, с существенно разной магнитной восприимчивостью. Высокая магнитная восприимчивость рудоносной площади обусловлена в основном двумя причинами. Известно, что процесс формирования оруденения в однотипных породах при прочих равных условиях отдает предпочтение участкам с повышенной основностью [13], т. е. с повышенной «первичной» магнитной восприимчивостью, которая в дальнейшем, в ходе ряда геологических процессов, изменяется. На данном месторождении она в целом увеличивается в связи с проявлениями начальной стадии биотитизации и кварц-полевошпатового метасоматоза пород, захватывающими значительную часть рудного поля, при которых в породе возрастает содержание железа, повышается степень его окисленности и образуется мелкокристаллический, чистый в отношении приместности магнетит, обладающий повышенной магнитной восприимчивостью по сравнению с реликтовым.

Повышенная спектральная плотность изменения амплитуды индукции на высоких частотах (рис. 2), визуально воспринимаемая на плане изолиний магнитного поля Дарасуна (рис. 1) как область обилия «мелких» возмущений, обусловлена проявлениями комплекса геологических процессов, создавших локальные изменения магнитной восприимчивости в породах рудного поля. К ним в основном относятся: тектонические и гидротермальные воздействия на породы, а также внедрение в массивы пород рудного поля малых интрузивных тел, контролируемых линейно вытянутыми тектоническими структурами. Все эти новообразования представляют практически немагнитные тела.

На площади рудного поля, как правило, интенсивно нарушена целостность пород, что создает область высокой проницаемости, являющейся непременным условием формирования гидротермальных месторождений [14, 15]. В процессе тектонических воздействий в породе образуются как мелкие разрывные нарушения сплошности – трещины, так и различные значительные по толщине и протяженности образования – дизъюнктивы. При их формировании участки пород, подвергшиеся механическим воздействиям, снижают магнитную восприимчивость, во-первых, из-за «измельчения» породы в полости нарушения, приводящего к уменьшению количества магнитоэффективных минералов на единицу объема породы и, во-вторых, вследствие потери части магнитной восприимчивости «боковых» пород нарушений в процессе упругих напряжений, испытываемых породой [16, 17].

На месторождении сформированы многочисленные трещинные интрузии и штоки плагиогранит-порфиров, гранодиорит-порфиров, а также дайки «пестрого» состава. Все эти образования имеют существенно отличную (в сторону уменьшения) магнитную восприимчивость от вмещающих их пород и, как и тектонические нарушения, создают различной формы и интенсивности «мелкие» в целом линейно-вытянутые возмущения в магнитном поле.

Значительную лепту вносят в структуры изменения магнитной индукции на высоких частотах и новообразования, сформированные в ходе гидротермальной деятельности в пределах рудного поля. Ими в основном являются околорудные метасоматиты. Собственно рудные тела – кварц-сульфидные жилы, имеющие практически нулевую магнитную восприимчивость, не создают сколько-нибудь заметные искажения в наблюдаемом магнитном поле из-за весьма малой толщины (обычно первые сантиметры, редко первые дециметры в «раздувах») и «разрушенности» в приповерхостных условиях, где они, по магнитной восприимчивости (рис. 4), не отличаются от околорудных метасоматитов, представляющих практически немагнитные породы [18–20].

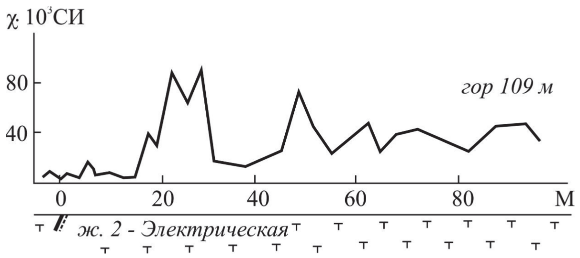

Рис. 4. *Изменения намагниченности габбро-амфиболитов, вмещающих рудную жилу Дарасуна*

Fig. 4. *Changes in magnetization of gabbro-amphibolites host ore lode of Darasun*

Толщина зон околорудно-измененных немагнитных пород всегда во много раз превышает толщину собственно кварц-сульфидных жил и составляет обычно несколько метров, рис. 5, *а*. В среднем, как это видно из приведенного рисунка, толщина немагнитного тела на Дарасуне составляет около 7 м. Она существенно непостоянна, рис. 5, *б*, что можно видеть и при изучении характера изменения аномальной магнитной зоны вдоль простирания отдельного рудного тела, рис. 6.

В связи со сказанным, уместно подчеркнуть, что толщина околорудно-измененных пород, определяемая по магнитному полю (магнитной восприимчивости пород), имеет прямую корреляционную связь с толщиной рудного тела и опосредованно связана с его продуктивностью (рис. 6), что, естественно, имеет важное практическое значение при поисково-разведочных работах, особенно при прослеживании и изучении рудных жил с дневной поверхности.

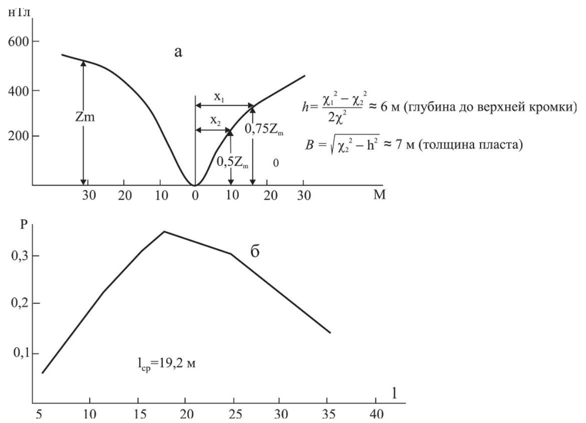

Рис. 5. *Средняя форма (а) и гистограмма распределения ширины минимума (б) центральных минимумов аномальных зон над рудными жилами Дарасуна*

Fig. 5. *The average form (а) and distribution histograms of minimum width (б) of central minimum of anomalous zones over ore lodes of Darasun*

О том, что высокочастотную часть спектра изменений магнитной индукции (рис. 2) формируют в значительной мере линейно вытянутые (в первом приближении) геологические неоднородности, а именно: тектонические нарушения, околорудные метасоматиты и дайковые тела, существенно отличающиеся по магнитной восприимчивости от вмещающих пород, можно судить, сопоставляя диаграммы направленности изолиний приращений индукции с простиранием этих неоднородностей, рис. 7.

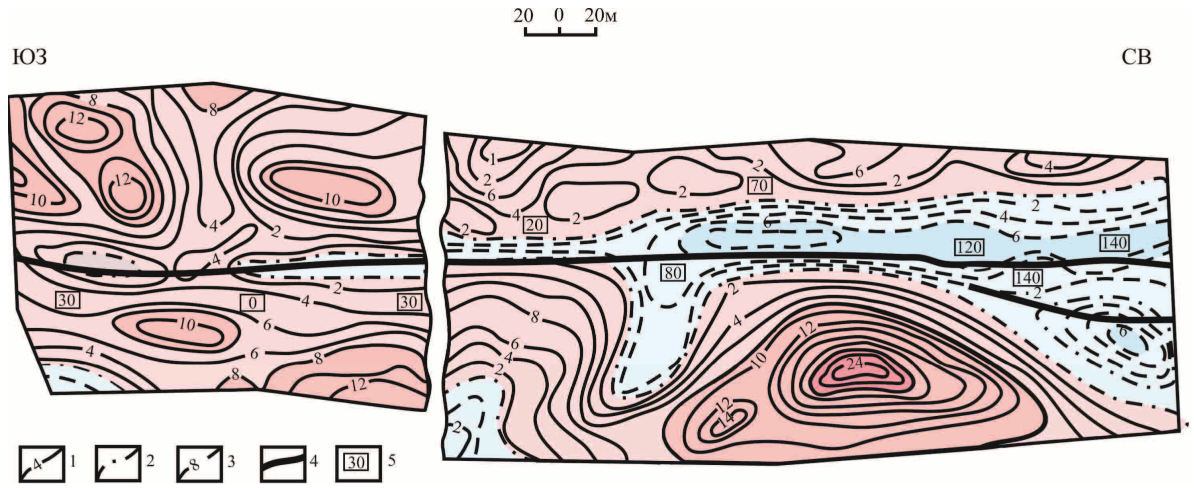

Рис. 6. *Магнитное поле над жилой Ново-Кузнецовской Дарасунского месторождения. 1–3 – изодинамы ΔZ в нТл: полож., нулев., отр., 4 – рудная жила, 5 – среднее (по трем горизонтам) содержание золота в жиле, усл. ед.*

Fig. 6. *Magnetic field over Novo-Kuznetsov lode of Darasun field. 1–3 are the isodynamic curves ΔZ in nT: positive, zero, negative, 4 is the ore lode, 5 is the mean (by three horizons) gold content in the lode, c.u.*

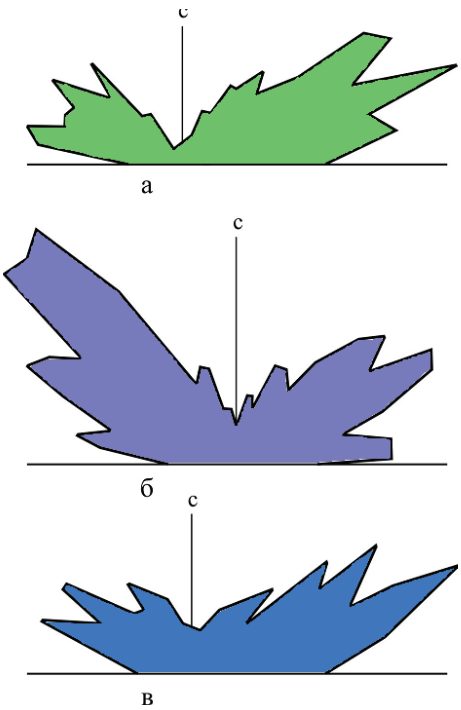

Рис. 7. Диаграммы направленности: а – изолинии индукции (пл. 8 км², сеть съемки 50×50 м, сечение 500 нТл); б – даек и тектонических нарушений; в – рудных жил Дарасунского месторождения.

Fig. 7. The direction patterns of: a) induction isolines (8 km², survey network is 50×50 m, the section is 500 nT); b) dikes and tectonic disturbances; в) ore lodes of Darasun field

Из приведенного рисунка также следует, что магнитное поле Дарасуна в целом является существенно анизотропным, в нем находят четкое отражение главные направления тектонических структур месторождения – северо-восточное и северо-западное, преимущественное развитие которых в пределах рудного поля установлено геологическими исследованиями [21].

Выводы

Установлено, что золоторудное поле сульфидного кварцево-жильного месторождения, локализированного в интрузивных породах, четко выделяется в магнитном поле, во-первых, благодаря в целом повышенной индукции приращения амплитуды, соответствующей повышенной магнитной восприимчивости пород рудоносной площади и, во-вторых, повышенной спектральной плотностью дисперсии приращений индукции на высоких частотах, обусловленной развитием в пределах рудного поля значительных скоплений магнитных неоднородностей (в основном с пониженной магнитной восприимчивостью). Ими являются тектонические нарушения и связанные с некоторыми из них жильные рудные зоны и дайковые тела различных пород. Все они создают в первом приближении линейно вытянутые аномалии преимущественно северо-восточного и северо-западного простирания, что обуславливает анизотропию в изменениях магнитной индукции. Собственно золоторудные тела не создают в наблюдаемом магнитном поле заметных искажений, но они уверенно картируются в магнитном поле благодаря значительным по толщине (несколько метров) практически немагнитным околорудно измененным участкам пород, морфология которых опосредованно отражает продуктивность собственно рудной жилы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методическое руководство по оценке прогнозных ресурсов алмазов, благородных и цветных металлов. Выпуск «Золото» / Б.И. Беневольский и др. / отв. ред. Б.И. Беневольский, С.С. Вартанян. – М.: ЦНИГРИ. 2002. – 182 с.
2. Тимофеевский Д.А. Геохимия и минералогия Дарасунского золоторудного региона. – М.: Недра, 1972. – 260 с.
3. Золоторудные месторождения СССР. Т. 3. Геология золоторудных месторождений Западной и Восточной Сибири / под ред. В.А. Нарсеева, Д.А. Тимофеевского. – М.: ЦНИГРИ, 1986. – 322 с.
4. Алабин Л.В., Миронов А.Г., Жмодик С.М. Золото Сибири. Геодинамические условия, закономерности размещения, перспективы месторождений золота Сибири и Дальнего Востока // Труды III Всеросс. симпозиума. – Улан-Удэ, 21–25 сентября 2004. – Улан-Удэ: Изд-во БНЦСОРАН, 2004. – С. 8–10.
5. Сизых Вал.И., Сизых Вит.И. Условия образования комплексных золоторудных месторождений Прибайкалья и Забайкалья // Благородные и редкие металлы Сибири и Дальнего Востока: руководящие системы месторождений комплексных и нетрадиционных типов руд: Мате. научн. конф. – Иркутск, 3–7 октября 2005. – Иркутск: Изд-во Института географии СОРАН, 2005. – Т. 1 – С. 102–104.
6. Металлогения золота зеленокаменных поясов Восточного и Западного Саян / Т.Я. Корнев и др. – Красноярск: КНИИГиМС, 2010. – 238 с.
7. Ерофеев Л.Я., Орехов А.Н. Геолого-геофизические условия на золоторудных полях Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – № 1. – С. 80–86.
8. Ерофеев Л.Я., Орехов А.Н. Геофизические и петрофизические исследования малосульфидных кварцево-жильных месторождений золота Сибири // Геофизика. – 2014. – № 3. – С. 56–61.
9. Кузмичева Е.В., Демидова В.А. К вопросу о закономерностях изменения магнитных свойств интрузивных пород Дарасунского района // Труды ЦНИГРИ. – 1968. – Вып. 74. – С. 57–61.
10. Стрелкина Е.М. О поведении титаносодержащих минералов при гидротермальном изменении амфиболитов на Дарасунском золоторудном месторождении // Геология рудных месторожде. – 1966. – № 6. – С. 52–57.
11. Мухаметшин А.М., Ломакина Е.А., Шепелева Е.Е. Эффективность подземной векторной магнитометрии при детальной разведке Дарасунского месторождения // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях: Матер. Всеросс. науч.-техн. конф., посвященной 100-летию со дня рождения основателя Сибирской школы геофизиков / отв. ред. Л.Я. Ерофеев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 237–240.
12. Мухаметшин А.М. Дифференциация гранитной интрузии по магнитным свойствам «insitu» // Геофизические методы при разведке недр и экологических исследованиях: Матер. Всеросс. науч.-техн. конф., посвященной 100-летию со дня рождения основателя Сибирской школы геофизиков / отв. ред. Л.Я. Ерофеев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 240–242.

13. Щербаков Ю.Г. Распределение и условия концентрации золота в рудных провинциях. – М.: Наука, 1967. – 268 с.
14. Шахов Ф.Н. Геология жильных месторождений. – М.: Наука, 1964. – 222 с.
15. Иванкин П.Ф., Рабинович К.Р. Золотоносные рудномагматические системы гранитоидного ряда // Геология и геофизика. – 1972. – № 5. – С. 42–47.
16. Капица С.П. Магнитные свойства изверженных горных пород при механических напряжениях // Изв. АНСССР. Сер. геофиз. – 1957. – № 6. – С. 489–504.
17. Нагата Т. Магнетизм горных пород. – М.: Мир, 1965. – 346 с.
18. Ерофеев Л.Я. Магнитное поле и природа аномалий на месторождениях золота. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 1989. – 157 с.
19. Рудерман Е.Н. К созданию системы обнаружения золоторудных метасоматитов геофизическими и геохимическими методами // Геология и разведка. – 1990. – № 5. – С. 122–128.
20. Аномалии петромагнитных параметров, обусловленные сульфидной минерализацией, и прогноз оруденения в Яно-Колымском золотоносном поясе / С.В. Ворошин и др. // Тихоокеанская геология. – 2000. – Т. 19. – № 5. – С. 91–104.
21. Фогельман Н.А. Тектоника мезозойского сводчатого поднятия Забайкалья и закономерности размещения в его пределах золоторудных месторождений // Тр. ЦНИГРИ. – 1965. – Вып. 84. – С. 196.

Поступила 14.04.2015 г.

UDC 550. 83: 550. 814: 553: 41

MAGNETIC FIELD AND THE NATURE OF THE ANOMALIES ON THE SULFIDE QUARTZ-VEIN GOLD DEPOSITS (BY THE EXAMPLE OF DARASUN, EASTERN TRANS-BAIKAL)

Leonid Ya. Erofeev,
Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue,
Tomsk, 634050, Russia. E-mail: Erofeev_Leonid@tpu.ru

Galina V. Erofeeva,
Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue,
Tomsk, 634050, Russia. E-mail: egv@tpu.ru

The relevance of the discussed issue is caused by the need to study the natural physical fields and their relations with the geological environment.
The main aim *of the work is to study the magnetic field and the nature of its changes on the typical Siberian sulfide quartz vein gold deposits Darasun.*
The methods used in the study: *specialized experimental methodological field magnetic survey of various observational accuracy and detail of network measurement, laboratory determination of magnetic susceptibility of purposefully selected samples of rocks and ores, statistical analysis of the data, comparing them to known elements of the geological structure of ore-bearing area and its surroundings.*
The results. *The authors have obtained the areal pattern of changes of magnetic induction increment within the ore field of Darasun deposit and its near neighborhood, determined the spectral composition of its changes, magnetic field and relationships with various elements of the geological structure of ore-bearing area Darasun, revealed physical and geological nature of various anomalous zones and provided a basis for assessing the possibilities of magnetic prospecting in solving various geological problems in the stages of prospecting and exploration of quartz-sulphide vein gold deposits in Siberia.*

Key words:
Gold deposits, magnetic field, magnetic susceptibility of rocks, magnetic surveys.

REFERENCES

1. Benevolskiy B.I. *Metodicheskoe rukovodstvo po otsenke prognoznykh resursov almazov, blagorodnykh i tsvetnykh metallov* [Methodological guidance for estimating probable resources of diamonds, precious and base metals]. Eds. B.I. Benevolskiy, S.S. Vartanyan. Moscow, TSNIGRI Press, 2002. 182 p.
2. Timofeevskiy D.A. *Geokhimiya i mineralogiya Darasunskogo zolotorudnogo regiona* [Geochemistry and mineralogy of Darasun gold region]. Moscow, Nedra Publ., 1972. 260 p.
3. *Zolotorudnye mestorozhdeniya SSSR. T. 3. Geologiya zolotorudnykh mestorozhdeniy Zapadnoy i Vostochnoy Sibiri* [Gold deposits of the USSR. Vol. 3. Geology of gold-ore deposits in Western and Eastern Siberia]. Eds. V.A. Narseev, D.A. Timofeevskiy. Moscow, TSNIGRI Press, 1986. 322 p.
4. Alabin L.V., Mironov A.G., Zhmodik S.M. Zoloto Sibiri. Geodinamicheskie usloviya, zakonomernosti razmeshcheniya, perspektivy mestorozhdeniy zolota Sibiri i Dalnego Vostoka [Gold of Siberia. Geodynamic conditions, patterns of distribution, prospects for gold deposits in Siberia and the Far East]. *Trudy III Vserossiyskogo simpoziuma* [Proc. III All-Russian symposium]. Ulan-Ude, 2004. pp. 8–10.
5. Sizykh Val.I., Sizykh Vit.I. Usloviya obrazovaniya kompleksnykh zolotorudnykh mestorozhdeniy Pribaykalya i Zabaykalya [Conditions of formation of complex gold deposits of the Baikal and Trans-Baikal regions]. *Materialy nauchnoy konferentsii. Blagorodnye i redkie metally Sibiri i Dalnego vostoka: rukovodyashchie sistemy mestorozhdeniy kompleksnykh i netraditsionnykh tipov rud* [Noble and rare metals of Siberia and the Far East: the governing system of complex fields and unconventional ore types]. Irkutsk, 2005. Vol. 1, pp. 102–104.
6. Kornev T.Ya. *Metallogeniya zolota zelenokamennykh poyasov Vostochnogo i Zapadnogo Sayana* [Gold metallogeny of green-

stone belts of Eastern and Western Sayan]. Krasnoyarsk, KNIIGiMS Publ., 2010. 238 p.

7. Erofeev L.Ya., Orekhov A.N. Geologo-geofizicheskie usloviya na zolotorudnykh polyakh Sibiri [Geological and geophysical conditions in the gold fields of Siberia]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2014, vol. 324, no. 1, pp. 80–86.
8. Erofeev L.Ya., Orekhov A.N. Geofizicheskie i petrofizicheskie issledovaniya malosulfidnykh kvartsevo-zhilnykh mestorozhdeniy zolota Sibiri [Geophysical and petrophysical studies of low-sulfide quartz-vein gold deposits in Siberia]. *Geofizika*, 2014, no. 3, pp. 56–61.
9. Kuzmicheva E.V., Demidova V.A. K voprosu o zakonomernostyakh izmeneniya magnitnykh svoystv intruzivnykh porod Darasunskogo rayona [On the issue of regularity of change in magnetic properties of intrusive rocks of Darasun area]. *Trudy TSNIGRI*, 1968, vol. 74, pp. 57–61.
10. Strelkina E.M. O povedenii titanosoderzhashchikh mineralov pri gidrotermalnom izmenenii amfilibitov na Darasunskom zolorudnom mestorozhdenii [The behavior of titanium minerals in hydrothermally altered amphibolite on Darasun gold mine]. *Geology of Ore Deposits*, 1966, no. 6, pp. 52–57.
11. Mukhametshin A.M., Lomakina E.A., Shepeleva E.E. Effiktivnost podzemnoy vektornoy magnitometrii pri detalnoy razvedke Darasunskogo mestorozhdeniya [Efficiency of underground vector magnetometry with detailed exploration of Darasun field]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 110-letiyu so dnya rozhdeniya osnovatelya Sibirskoy shkoly geofizikov «Geofizicheskie metody pri razvedke nedr i ekologicheskikh issledovaniyakh»* [All-Russian scientific and technical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of the founder of the Siberian School of geophysicists]. Ed. by L.Ya. Erofeev. Tomsk, TPU Publ. House, 2003. pp. 237–240.
12. Mukhametshin A.M. Differentsiatsiya granitnoy intruzii po magnitnym svoystvam «insitu» [Differentiation of granitic intrusions on the magnetic properties «insitu»]. *Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, posvyashchennoy 110-letiyu so dnya rozhdeniya osnovatelya Sibirskoy shkoly geofizikov «Geofizicheskie metody pri razvedke nedr i ekologicheskikh issledovaniyakh»* [All-Russian scientific and technical conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of the founder of the Siberian School of geophysicists]. Ed. by L.Ya. Erofeev. Tomsk, TPU Publ. House, 2003. pp. 240–242.
13. Shcherbakov Yu.G. *Raspredelenie i usloviya konferentsii zolota v rudnykh provintsyyakh* [Distribution and conference conditions of gold in ore provinces]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 268 p.
14. Shakhov F.N. *Geologiya zhilnykh mestorozhdeniy* [Geology of vein deposits]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 222 p.
15. Ivankin P.F., Rabinovich K.R. Zolotonosnye rudnomagmaticheskie sistemy granitoidnogo ryada [Gold-bearing ore magmatic systems of granitoid series]. *Russian Geology and Geophysics*, 1972, no. 5, pp. 42–47.
16. Kapitsa S.P. Magnitnye svoystva izverzhennykh gornykh porod pri mekhanicheskikh napryazheniyakh [Magnetic properties of igneous rocks under mechanical stress]. *Izv. ANSSSR. Ser. geofiz.*, 1957, no. 6, pp. 489–504.
17. Nagata T. *Magnetizm gornykh porod* [Magnetism of rocks]. Moscow, Mir Publ., 1965. 346 p.
18. Erofeev L.Ya. *Magnitnoe pole i priroda anomaliy na mestorozhdeniyakh zolota* [Magnetic field and the nature of the anomalies in the fields of gold]. Tomsk, Tomsk state university Press, 1989. 157 p.
19. Ruderman E.N. K sozdaniyu sistemy obnaruzheniya zolotorudnykh metasomatitov geofizicheskimi i geokhimicheskimi metodami [Development of the system for detecting gold metasomatite by geophysical and geochemical methods]. *Izvestiya vuzov. Geologiya i razvedka*, 1990, no. 5, pp. 122–128.
20. Voroshin S.V. Anomalii petromagnitnykh parametrov, obuslovlennye sulfidnoy mineralizatsiey, i prognoz orudeneniya v Yano-Kolymskom zolotonosnom poyase [Anomalies of petromagnetic parameters caused by sulphide mineralization and mineralization forecast in the Yana-Kolyma gold belt]. *Russian Journal of Pacific Geology*, 2000, vol. 19, no. 5, pp. 91–104.
21. Fogelman N.A. Tektonika mezozoyskogo svodchatogo podnyatiya Zabaykalya i zakonomernosty razmeshcheniya v ego predelakh zolotorudnykh mestorozhdeniy [Tectonics of Mesozoic vaulted uplift in Trans-Baikal and patterns of distribution of gold deposits within its boundaries]. *Trudy TSNIGRI*, 1965, vol. 84, pp. 196.

Received: 14 April 2015.