

ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Берикова Гульчахра Калысовна, старший преподаватель, ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Чуй, 164, e-mail: berikovag@mail.ru

Бакиров Калыс Берикович, доктор технических наук, профессор, ИГД и ГТ им. академика У.Асаналиева КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г. Бишкек, пр. Чуй, 164, e-mail: bakirov1953@bk.ru

Аннотация. В статье рассматривается изменения положения намагниченности пород в пространстве, в результате воздействия высокой температуры, которая проявляется на поверхности Земли в виде депрессии магнитного поля локального характера. Земная кора постоянно находится в динамике, в результате чего породы испытывают переменное давление: сжатие, растяжение и сейсмические движения. Исследования показывают, что при наложении всестороннего давления все виды остаточной намагниченности уменьшаются. В момент снятия давления остаточная намагниченность несколько возрастает, а затем приближается к нулю.

В сейсмогенных зонах горные породы подвергаются действию высокотемпературным нагрузкам. Магнитные поля, связанные с подготовкой сейсмического очага и автешоков имеют различие между собой. Сложный характер магнитных полей в эпицентральных зонах, по-видимому, связан с различным чередованием окисных и закисных форм ферромагнитных минералов, с одной стороны, и породообразующих минералов – с другой.

В разные годы были отобраны ориентированные образцы и изучены их термомагнитные параметры. При раскалывании породообразующих минералов поверхности расколов, по-видимому, заряжаются электричеством. С лавиной разнонаправленного трещинообразования связано движение электрических зарядов. На основании полученных данных следует, что в базальтовом слое, по-видимому, не образуются трещинообразования и, соответственно, сейсмический очаг. Известные глубокофокусные землетрясения, по-видимому имеют другую природу.

При воздействии высокой температуры на породы магматического состава происходят необратимые процессы. Магнитные свойства меняются весьма контрастно в зависимости от петрографического состава пород. Вследствие температурного воздействия изменяются положения намагниченности пород в пространстве. Это явление на поверхности земли проявляется в виде депрессии магнитного поля локального характера.

Рудные и породообразующие минералы являются источниками интенсивных аномалий компонент геомагнитного полей, возникающих в породах в результате температурного воздействия.

Ключевые слова: намагниченность пород, высокая температура, переменное давление, сжатие, растяжение, сейсмические движения, трещинообразование, рудные минералы.

STUDYING THE INFLUENCE OF PRESSURE AND TEMPERATURE ON THE PETROPHYSICAL PROPERTIES OF ROCKS

Berikova Gulchakhra Kalysovna, Senior Lecturer, Institute of Mining and Mining Technology by Academician U. Asanaliyev KSTU by I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Chui Ave., 164, e-mail: berikovag@mail.ru

Bakirov Kalys Berikovich, Doctor of Technical Sciences, Professor Institute of Mining and Mining Technology by Academician U. Asanaliev KSTU by I.Razzakova, Kyrgyzstan, 720044, Bishkek, Chui Ave., 164, e-mail: bakirov1953@bk.ru

Abstract. In article is considered changes of position of magnetization of rocks in space, as a result of influence of high temperature which a show of the Earth's surface in the form of a depression of magnetic field of local character. The Earth's crust is constantly in dynamics, as a result of which rocks undergo alternating pressure: compression, stretching and seismic movements. Studies show that when applying a comprehensive pressure, all kinds of remanent magnetization decrease. At the time of depressurization, the residual magnetization increases somewhat, and then approaches zero.

In seismogenic zones, rocks are exposed to high-temperature loads. The magnetic fields associated with the preparation of a seismic focus and auto-shocks have a difference between themselves. The complex nature of the magnetic fields in the epicentral zones is apparently associated with a different alternation of oxide and ferrous forms of ferromagnetic minerals, on the one hand, and rock-forming minerals, on the other.

In different years, oriented samples were selected and their thermomagnetic parameters were studied. When splitting the rock-forming minerals, the splitting surfaces are apparently charged with electricity. The movement of electric charges is associated with an avalanche of multidirectional cracking. On the basis of the data obtained, it follows that in the basalt layer, apparently, no trash formation occurs. respectively, a seismic focus. Known deep-focus earthquakes, apparently have a different nature.

When high temperatures are applied to rocks of magmatic composition irreversible processes occur. Magnetic properties vary quite contrast, depending on the petrographic composition of the rocks. Due to the temperature influence, the positions of the magnetization of rocks in space change. This phenomenon on the surface of the earth manifests itself in the form of a magnetic field depression of a local nature.

Ore and rock-forming minerals are sources of intense anomalies in the components of geomagnetic fields that arise in rocks as a result of the temperature effect.

Keywords: magnetization of rocks, high temperature, alternating pressure, compression, stretching, seismic movements, trash formation occurs, ore minerals

Земная кора постоянно находится в динамике, в результате чего породы испытывают переменное давление: сжатие, растяжение и сейсмические движения. С целью оценки сейсмомагнитного эффекта, была изучена намагниченность природных магнетитов при достаточно больших давлениях и температурах [1, 5]. Исследования показывают, что при наложении всестороннего давления все виды остаточной намагниченности уменьшаются. В момент снятия давления остаточная намагниченность несколько возрастает, а затем приближается к нулю. Аналогичные данные были получены для гранитоидов украинского щита. Исследованиями Ю.П. Сквородкина, Л.С. Безуглой и др. установлено, что с повышением температуры и давления величины J_{nv} и J_n уменьшаются [4, 6]. Для исследования изменения магнитной восприимчивости и намагниченности (J_{nt} -термоостаточной и J_{nv} -вязкой) образцы магматических горных пород основного и кислого состава из Байкальской, Западно-Тянь-Шаньской и Камчатской сейсмоактивных зон подвергались всестороннему давлению при самых различных температурах. Эксперименты показали, что с повышением P , T абсолютные величины χ и J_{nt} уменьшаются. Было установлено, что абсолютная величина вязкой намагниченности (J_{nv}) возрастает с повышением температуры и усилением одностороннего сжатия.

В сейсмогенных зонах горные породы подвергаются действию высокотемпературным нагрузкам. Магнитные поля, связанные с подготовкой сейсмического очага и авершоков

имеют различие между собой. Сложный характер магнитных полей в эпицентральных зонах, по-видимому, связан с различным чередованием окисных и закисных форм ферромагнитных минералов, с одной стороны, и породообразующих минералов – с другой. А.Г.Бетехтиным были детально изучены петрофизические свойства многочисленных рудных и нерудных минералов. Ниже приводятся результаты проведенных исследований [3]. Магнетит (Fe_3O_4), (FeO -31%, Fe_2O_3 -69%, Fe -72,4%) присутствует, как правило, во многих типах пород. В обычных условиях Fe_3O_4 сильно магнитен. При прогревании переходит в маггемит – Fe_2O_3 , а затем в гематит. При температуре около 600°C становится практически немагнитным. Гематит (Fe_2O_3), (Fe -70%, O -30%) в естественном состоянии немагнитен. При нагревании становится сильномагнитным минералом. Лимонит ($\text{HFeO}_2\text{-aq}$), (Fe_2O_3 -89,9%, H_2O -10%) в обычных условиях немагнитен, а при нагревании становится сильномагнитным минералом. Ильменит (FeTiO_3), (Fe -36,8 %, Ti -31,6%, O -31,6%). Кристаллическая решетка представляет собой чередование катионных слоев гематита и титана. П. Рамдор (1962) считает, что гематит и ильменит изоморфны и смесимы в любых отношениях при температуре 600°C . При нагревании становится магнитным минералом. Пирит (FeS_2), (Fe -46,6%, S -53,4%) при нагревании становится магнитным. Марказит – (FeS_2) аналогичен пириту. Халькопирит (CuFeS_2), (Cu -34,6%, Fe -30,5 %, S -34,9%) при нагревании становится сильномагнитным минералом. Арсенопирит (FeAsS), (Fe -34,3%, As -46%, S -19,7%) при нагревании становится магнитным. Пентландит (FeNi_9S_8). Соотношение между Fe и Ni обычно 1:1, постоянно присутствует кобальт в количестве от 0,4 до 2,5%. Встречается в основных и ультраосновных породах (габбро-норитах, перидотитах и др.) При нагревании превращается в сильномагнитную массу.

Миллерит (NiS), (Ni -64,7%, S -35,3). Хороший проводник электричества. При нагревании дает слабомагнитную массу. Пирротин (FeS). Постоянно присутствуют примеси Cu , Na , Co . Встречается в основных породах. В естественных условиях иногда магнитен. При нагревании превращается в черную сильномагнитную массу. Цинвальдит ($\text{KLiFeAl}(\text{Si}_3\text{AlO}_{10})(\text{FIOH})_2\text{*FeO}$ -34,3% -42,3%, Fe_2O_3 -0-6%, Al_2O_3 -13-20%, SiO_2 -22-29%) при нагревании сплавляется в черное, сильномагнитное стекло. Тюрингит ($\text{Fe}_3(\text{AlFe})_{1,5}(\text{Si}_2,5\text{Al}_{1,5}\text{O}_{10})(\text{OH})_6\text{*nH}_2\text{O}$) обычно встречается в метаморфических осадочных породах. При нагревании превращается в сильномагнитное стекло. Лепидокрит (FeOOH) при высоких температурах способен переходить магнитный гетит. Фраклит (Zn , Mn), (Fe_2O_4). По петрофизическим свойствам во многом похож на магнетит. Обычно слабомагнитен. При высоких температурах превращается в слабомагнитный минерал. Фаялит (Fe_2SiO_4) FeO -76%. Один из минералов группы оливина. При нагревании превращается в сильномагнитное вещество. Гранаты (Альмандин- $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ - Андрадит - $\text{CaFe}_2(\text{SiO}_4)$) при нагревании альмандин и андрадит становятся сильномагнитными минералами. Сидерит (FeCO_3). (FeO -62,1%, Fe -43,8%, CO_3 -37,9%) часто встречается в осадочных породах. При нагревании чернеет и становится магнитным минералом. Ярозит ($\text{KFe}_3(\text{SO})_2(\text{OH})_6$). (Fe_2O_3 -47,9%, K_2O -9,4%, SO_3 -31,9%, H_2O -10,8%) при нагревании становится магнитным минералом. Фольфрамит ($\text{MnFe})\text{WO}_4$ при высокой температуре становится сильномагнитным минералом. Оливин ($\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$. (FeO -8-12%, MgO -45%, Ni -0,3%, CaO -0,01%) встречается преимущественно в основных и ультраосновных породах (дунитах, перидотитах, габбро, диабазах, базальтах; крайними случаями будут Mg_2SiO_4 -форстерит и Fe_2SiO_4 -фиелит. При нагревании и последующем охлаждении оливин становится магнитным минералом. Астрофиллит ($\text{KNa})_2(\text{Fe,Mn})_4(\text{Ti,Zr})\text{Si}_4\text{O}_{14}(\text{OH,F})$. Соотношение между Mn и Fe колеблется в широких пределах. Встречается в щелочных интрузивных породах. При нагревании становится сильномагнитным минералом. Эгирин ($\text{NaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$). Fe_2O_3 -34,6%, SiO_2 -52%, Na_2O -13%. В обычных условиях парамагнитен, при нагревании превращается в блестящий магнитный минерал. Гиперстен ($\text{Mg,Fe})_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$. FeO -14%) аналогичен с эгирином. При нагревании становится магнитным минералом. Эпидот ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$. Fe_2O_3 -17%) при нагревании становится сильномагнитным

веществом. Ильваит ($\text{CaFe}_2\text{FeSi}_2\text{O}_8(\text{OH})$)/ (FeO -35,2%, Fe_2O_3 -19,6%, SiO_2 -29,3%, CaO -13,7) при нагревании становится сильномагнитным минералом.

Главнейшими представителями силикатов являются пироксены и амфиболы. Наибольшим распространением в породе пользуются железо-магнезиальные пироксены и амфиболы, являющиеся важнейшими порообразующими минералами во многих изверженных горных породах. Общее их количество по весу в земной коре достигает 16 %. Пироксены моноклинные (геденбергит – $\text{CaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$). (FeO -29%, SiO_2 -48%), при нагревании становится магнитным минералом.

Эгириин ($\text{NaFe}(\text{Si}_2\text{O}_6)$). Fe_2O_3 -34,6%, SiO_2 -52%, Na_2O -13%. В обычных условиях парамагнитен, при нагревании превращается в блестящий магнитный минерал. Гиперстен ($\text{Mg,Fe}_2(\text{Si}_2\text{O}_6)$). FeO -14%. аналогичен с эгирином. При нагревании становится магнитным минералом. Эпидот ($\text{Ca}_2(\text{Al,Fe})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$). Fe_2O_3 -17%. при нагревании становится сильномагнитным веществом. Ильваит ($\text{CaFe}_2\text{FeSi}_2\text{O}_8(\text{OH})$). (FeO -35,2%, Fe_2O_3 -19,6%, SiO_2 -29,3%, CaO -13,7%) при нагревании становится сильномагнитным минералом.

Как известно, очаги многочисленных землетрясений в пределах Кыргызстана залегают на глубинах от 7 до 15 км., в разновозрастных геологических образованиях, находящихся в различных термодинамических условиях. С целью оценки сейсмамагнитного эффекта в эпицентральных зонах многочисленных землетрясений, а также в глубокозалегающих разновозрастных магматических породах Кыргызстана, в разные годы были отобраны ориентированные образцы и изучены их термомагнитные параметры. Ниже приводятся некоторые результаты проведенных экспериментальных лабораторных исследований.

Диорит – авгитовый лампрофир (порфирит) – состоит из игольчатых (до 1,5 см в дл.) вкрапленников пироксена, редких кристаллов амфибола, более мелких табличек плагиоклаза и основной массы – альбит – олигоклаз – слюдистого состава. Величине естественной остаточной намагниченности равна $(20 \cdot 10)^{-6}$ CGSM. Авгитовый лампрофир нагревали до 480°C . В зависимости от тепловых свойств минералов лавино-трещинообразования проявляется достаточно сильно густой сетью разнонаправленных трещин. Значительно больше стало рудного вещества. Прозрачный ориентированный шлиф $\times 300$. На рис. 24 показаны изменения J_n при обычных и высоких температурах. Величина J_n уменьшается с увеличением температуры не превышает 1,5-3 ед. После охлаждения образца в земном поле величина J_n достигла 47 ед. Из перегретого образца был изготовлен прозрачный шлиф. Под микроскопом замечено, что порода изменена незначительно. Основная масса выглядит хорошо раскристаллизованной. В породе значительно больше стало рудного вещества. Появились крупные кристаллы магнетита (до 5%). С повышением температуры, лавино-трещинообразования в образце проявляется достаточно сильно густой сетью разнонаправленных систем трещин. При раскалывании порообразующих минералов поверхности расколов, по-видимому, заряжаются электричеством. С лавиной разнонаправленного трещинообразования связано движение электрических зарядов [2]. Кварцевый диорит с переходом в гранодиорит – порода среднекристаллическая с гиподиоморфнозернистой структурой, массивной текстурой. Состав породы: плагиоклаз первой генерации, эндезин зонально сдвойникован, ядерные части нецело замещены тонкочешуйчатым серицитом, плагиоклаз второй генерации – удлиненные шестоватые мелкие таблички – полисинтетически сдвойникованный неизменный альбит – олигоклаз. Оба минерала (альбит – олигоклаз) в сумме составляют около 60% породы. Калишпат: ортоклаз интенсивно пелитизирован, редкие крупные табличатые кристаллы занимают от 5 до 15 %. Кварц: резко ксеноморфные зерна около 10-15% породы. Амфибол: крупные кристаллы вторичного актинолита, замещаются биотитом, хлоритом и эпидотом. Сопутствующие минералы, чаще всего встречаются магнетит (до 1 мм), апатит, сфен. Кварцевый диорит в естественном состоянии имеет J_n равным $73 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Плотность σ – 2,67 г/см³. Кварцевый диорит нагревали до 540°C. Были изучены петрофизические и плотностные свойства до, во время, после нагревания, а также значительно позже – в процессе охлаждения в Земном поле. Уменьшение σ – 18%. Произошло высокотемпературное окисление минералов. Почти все минералы растрескались густой сетью разнонаправленных трещин. Прозрачный ориентированный шлиф х 300. Порода претерпела существенные изменения. Плагноклаз растрескался, почти исчезло двойниковое строение кристаллов, альбит олигоклаз помутнел, калишпат сильно растрескался, бурая окраска сменилась серой, возможно за счет появления вторичной тонкочешуйчатой слюды. Кварц тоже сильно растрескался. Темноцветный минерал – актинолит стал коричнево-бурым, биотит – темно-красным, из него выделился магнетит. Хлорит и эпидот исчезли. Вместо них появились густо-бурые железистые окислы с мелкими скоплениями магнетита. В целом порода изменилась в условиях высокотемпературного окисления. В процессе высокотемпературного воздействия все минералы подвергались микротрещинообразованию лавинного характера. Во время нагрева до 540°C величина J_n уменьшилась в 3 раза и составила 21 ед. После остывания J_n увеличилась до 168 ед. а σ стала равной 2,30 г/см³, что составляет 14% от исходного уровня. После трехмесячной выдержки образца в земном поле величина J_n уменьшилась на 45 ед. и стабилизировалась.

Базальт состоит из серовато-темноватоокрашенной плотной массы. По минералогическому составу состоит наполовину из мелких кристаллов основного плагноклаза, пироксена и железисто-магнезиальных минералов, главным образом – авгита. Плотность базальта в естественном состоянии 3,80 г/см³. Величине J_n равна 70 ед. Этот образец был нагрет до 513°C. Приобрел темную буровато-серую окраску. Сохранил прежнюю массивную текстуру. Прозрачный ориентированный шлиф х 300. В результате величина J_n уменьшилась до 15 единиц, а σ составляет 42,1%, что создает возможность оконтурить породы в очаговых зонах гравиметрией. После прогрева образца приобрел темную, буровато-серую окраску, но сохранил прежнюю массивную текстуру. Перегретый базальт обладает способностью упруго сопротивляться изменениям формы и лавино-трещинообразованию. На основании полученных данных следует, что в базальтовом слое, по-видимому, не образуются трещинообразования и. соответственно, сейсмический очаг. Известные глубокофокусные землетрясения, по-видимому имеют другую природу. После длительной выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и стала равной 53 ед., что в 2 раза больше, чем от исходного уровня.

Щелочной гранит – монцогранит – состоит из калиевого полевого шпата (ортоклаза), плагноклаза среднего и кислого состава, кварца, биотита, редких зерен амфибола, вторичного хлорита. Акцессорные минералы – редкие мелкие зерна магнетита и циркона. Щелочные граниты характеризуются низкими значениями J_n , которые укладываются в пределы $30-100 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, $\sigma=2,6$ г/см³. нагревали до 550°C. При высоких температурах (в интервале 510-550°C) происходит сильная пелитизация полевых шпатов, кварца и амфибола.

Биотит приобретает густо-коричневую-бурую окраску (вместо желтовато-коричневой). Магнетит не выделился, но кое-где появились по трещинкам окислы железа. Величина J_n уменьшилась до $5 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, а σ стала равной 2,0 г/см³, уменьшение составляет 23%. В процессе охлаждения до комнатной температуры происходит резкий скачок J_n до $700-800 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. После шестимесячной выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и составила $200 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$, что в два раза выше, чем в естественном состоянии.

Гранодиорит серого цвета с розоватым оттенком, порфирированный. Количество кварца около 20%. Цветные минералы составляют около 15%. Встречаются гранодиориты как магнитные, так и практически немагнитные. Гранодиорит слабомагнитный. Величина J_n не превышает 10 ед., $\sigma=2,64$ г/см³. Образец нагревали до 500°C. При воздействии температуры (500°C) величина J_n уменьшалась до $5 \cdot 10^{-6} \text{CGSM}$. образец нагревали до 550°C и после этого σ стала равной 2,10 г/см³, что составляет 20% от исходного уровня. Образец растрескался по

всему объему. После охлаждения до комнатной температуры величина J_n стала равной 100 ед. В дальнейшем через 160 дней выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и составила $136 \cdot 10^{-6}$ CGSM.

Аляскит – щелочнополевошпатовый гранит. Состоит из кварца, калишпата, (интенсивно пелитизированного), редких табличек альбита и редкой слюды. В породе много магнетита (1,5-2%). Величина естественной остаточной намагниченности равна $96 \cdot 10^{-6}$ CGSM. Плотность 2,55 г/см³. При воздействии температуры (540°C) кварц и полевые шпаты интенсивно растрескались, меньше всего альбит, но он сильно серитизирован, по сравнению с начальным состоянием. светлая слюда сильно побурела, иногда напоминает бурый биотит. при высоких температурных реакциях каждый минерал в зависимости от элементов примесей приобретал тот или иной цвет. Если замещение происходило с Ti, то объект приобретал бурый цвет. Если замещение с Fe³, то становился зеленым, а если (Fe²Fe³), то минерал становился черным. При высоких температурных реакциях сильно меняется плотность σ и J_n . При 540°C величина J_n стала равной $19 \cdot 10^{-6}$ CGSM, а σ 1,90 г/см³, уменьшение составило 25%. Охлажденный до комнатной температуры образец показал величину J_n , равную $12 \cdot 10^{-6}$ CGSM. после длительно выдержки в земном поле величина J_n стабилизировалась и не превышала 19 единиц.

Таким образом, при воздействии высокой температуры на породы магматического состава происходят необратимые процессы. Магнитные свойства меняются весьма контрастно в зависимости от петрографического состава пород.

Образцы по термомагнитности разделились на две группы: в первую группу входят диориты, кварцевые диориты, щелочные граниты, монцограниты, кварцево-полевошпат-серицитовые сланцы, роговики, в которых после воздействия температуры величина J_n возрастает. Во вторую-кварц-полевошпат-слюдистые сланцы, аляскитовые граниты, гранодиориты, гнейсы, в которых намагниченности меняются противоположно вышеописанным. Вследствие температурного воздействия изменяются положения намагниченности пород в пространстве. Это явление на поверхности земли проявляется в виде депрессии магнитного поля локального характера.

Таким образом, перечисленные рудные и породообразующие минералы являются источниками интенсивных аномалий компонент геомагнитного полей, возникающих в породах в результате температурного воздействия.

Литература

1. Физико-механические свойства горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах. [Текст]/М.П.Воларович, Е.И.Баюк, А.И.Левыкин, И.С. Томашевская. - Москва: Наука, 1974. –223 с.
2. Добровольский, И.П. О модели подготовки землетрясения. [Текст] / Добровольский И.П. - Москва: ИФЗ АН СССР, № 1, 1984. – С. 51–55.
3. Бетехтин Минералогия Издательство Государственное издательство геологической литературы 1950 г.
4. Сковородкин, Ю.П. Явление тектономагнетизма и локальные геомагнитные вариации в сейсмоактивных зонах [Текст]: автореф. дис. докт. физ-мат. наук. / Ю.П. Сковородкин. – Москва, 1980. – С.29.
5. Юдахин, Ф.Н. Геофизические поля, глубинная структура и сейсмичность Тянь-Шаня. [Текст]/ Юдахин Ф.Н. – Фрунзе: Илим, 1983. – С.248.
6. Яновский Б.М. Земной магнетизм. [Текст]/ Б.М. Яновский. – Л.: ЛГУ, 1978. – С.592.