

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА И СЕЙСМОМАГНИТНЫЙ ЭФФЕКТ ГОРНЫХ ПОРОД ШЕКИ-ШАМАХИНСКОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЫ

М.И.Исаева¹, А.Г.Рзаев²

*1 – Институт геологии НАН Азербайджана
AZ 1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

*2 – Республиканский Центр Сейсмологической Службы
Национальной Академии Наук Азербайджана
AZ 1001, Баку, ул. Н.Рафибейли, 9*

Рассмотрена природа и удельный вклад вязкой намагниченности (I_{TV}) в аномальный сейсмомангнитный эффект. В лабораторных условиях исследована устойчивость I_{TV} в областях низких и высоких давлений на образцах горных пород из сейсмогенных зон Шеки-Шамахинского полигона Азербайджана.

Введение

Исследования аномальных изменений напряженности геомагнитного поля при воздействии упругих избыточных напряжений на горные породы вблизи эпицентральных зон указывают на неадекватное поведение сейсмомангнитного эффекта в зависимости от направления главных напряжений в очаговой зоне землетрясения (Рзаев, 2005).

Природа этого эффекта (с позиций магнетизма горных пород) может заключаться как в изменении степени ориентации (разориентации) магнитных моментов зерен ферромагнетиков, так и в разрушении части остаточной намагниченности горных пород под воздействием избыточных напряжений (Трухин, 1973).

Известно, что наиболее чувствительной к избыточным давлениям является вязкая составляющая естественной остаточной намагниченности пород, которая в ряде случаев может влиять и на формирование сейсмомангнитного эффекта (Исаева и др., 2001).

В этой связи в рамках данной статьи рассматриваются свойства I_{TV} для образцов горных пород из сейсмогенных зон Шеки-Шамахинского полигона (ШШП) и дается оценка её долевого участия в формировании сейсмомангнитного эффекта (СМЭ).

Постановка задачи

Землетрясения в любых их формах проявления нарушают упорядоченность ориентации магнитных моментов зерен ферромагнетиков горных пород и приводят к локальному изменению уровня напряженности геомагнитного поля в зоне подготовки сейсмического очага.

Основной вклад в намагниченность горных пород вносит ферромагнитная фракция, обладающая, как правило, высокой степенью коэрцитивности. Но в то же время за период нахождения горных пород в постоянном магнитном поле Земли они приобретают и вязкую компоненту намагниченности.

В сейсмически активных районах, каким является и Шеки-Шамахинский полигон, породы подвергаются неоднократному воздействию напряжений. При этом сейсмомангнитный эффект обусловлен обратимыми изменениями остаточной намагниченности и её величиной.

Следовательно, изучая магнитные свойства горных пород в условиях неоднородного сжатия можно не только рассчитать возможную величину ожидаемого СМЭ, но и оценить удельный вес вязкой намагниченности в аномальном сейсмомангнитном эффекте, а также устойчивость I_{TV} к давлениям.

Известно, что физический механизм вязкой намагниченности может быть двух типов – термическим (термическое последствие) и

диффузионным (диффузионное последствие). Поскольку механизм термического последствия проявляется, как правило, в области необратимых изменений намагниченности при действии на неё избыточных напряжений (Безуглая, 1970), для нас представляет интерес вязкая намагниченность диффузионного последствия, проявляющаяся в области обратимых изменений намагниченности. Именно $I_{ГV}$ диффузионной природы может оказывать влияние на формирование СМЭ своим вкладом в естественную остаточную намагниченность пород сейсмогенных зон.

Обсуждение результатов

На образцах горных пород, отобранных из сейсмогенных зон Шеки-Шамахинского полигона (Шеки-Огузская, Исмаиллинская и Шамахинская зоны), исследовалось влияние одноосной динамической нагрузки на вязкую остаточную намагниченность ($I_{ГV}$) и магнитную восприимчивость пород (α).

На первом этапе исследовалась $I_{ГV}$, созданная искусственно после предварительного размагничивания образцов в переменном магнитном поле $\tilde{h} = 800$ э.

Образцы подвергались кратковременной механической нагрузке поэтапно: $\sigma=100$ кг/см², 200 кг/см², 400 кг/см², 600кг/см² и 800 кг/см² при компенсации внешнего магнитного поля.

На каждом этапе замерялось значение $I_{ГV}$, оставшееся после снятия нагрузки. Создание нагрузки и замеры укладывались во времени естественного спада $I_{ГV}$, что позволило дифференцировать естественное падение $I_{ГV}$ и её изменение в результате действия одноосного сжатия (рис. 1,2,3).

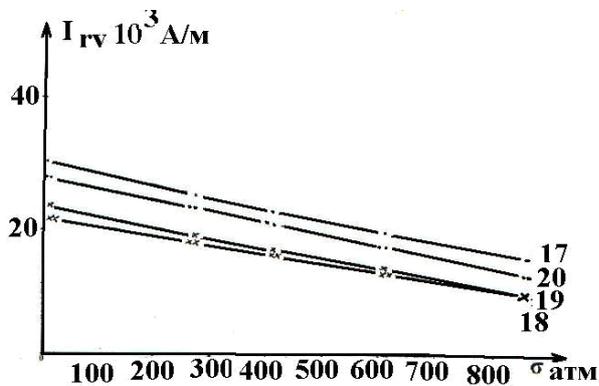


Рис. 1. Спад $I_{ГV}$ под действием одноосного сжатия σ (с/с Талыстан)

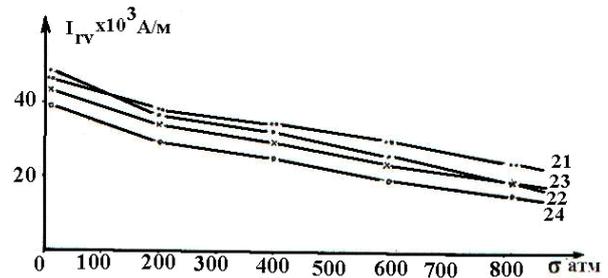


Рис. 2. Спад $I_{ГV}$ под действием одноосного сжатия σ (с/с Шеки)

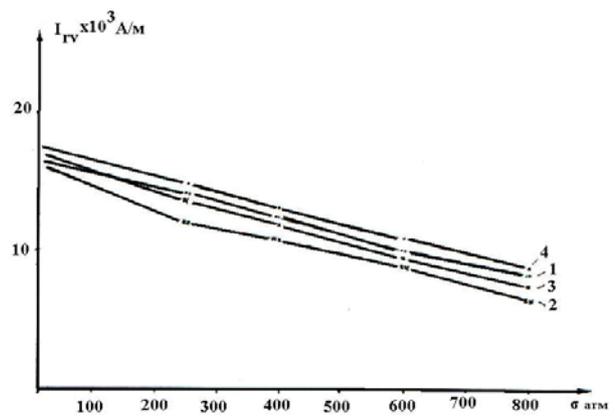


Рис. 3. Спад $I_{ГV}$ под действием одноосного сжатия σ (с/с Шамаха)

Разрушение образцов происходило при нагрузках 800 кг/см² и более. При этом значение искусственно созданной вязкой намагниченности $I_{ГV}$ падало на 30-50% от её исходного состояния.

На втором этапе исследовалась устойчивость $I_{ГV}$ к одноосным нагрузкам до $\sigma=800$ кг/см² без компенсации внешнего магнитного поля (естественные условия) для образцов из тех же сейсмогенных зон.

В процессе последовательных приложений нагрузок к образцам измерялись магнитная восприимчивость параллельно оси давления (α ПР) и отношение вектора модуля напряженности естественной остаточной намагниченности к вязкой остаточной намагниченности (I_r ПР/ $I_{ГV}$).

На рисунках 4-5 представлены типичные примеры результатов этих исследований.

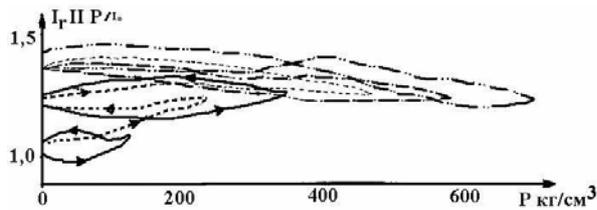


Рис. 4. Изменение величины вектора естественной остаточной намагниченности параллельно оси давления $I_r // P$

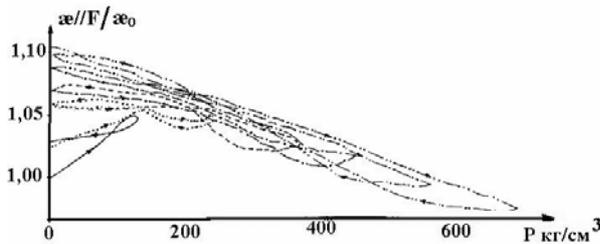


Рис. 5. Изменение магнитной восприимчивости параллельно оси давления $kappa // P$

По экспериментальным данным были рассчитаны магнитоупругие коэффициенты:

$$\beta = \frac{1}{kappa} \cdot \frac{\partial kappa}{\partial p} \quad \text{и} \quad j = \frac{1}{I_r} \cdot \frac{\partial I_r}{\partial p}$$

В таблице приведены результаты расчетов β и j для ряда образцов сейсмогенных зон.

Анализ экспериментальных данных показал, что наиболее сложное поведение магнитных параметров наблюдается в области давлений $\sigma=20-250$ кг/см². Здесь преобладают необратимые изменения как остаточной на-

магниченности, так и магнитной восприимчивости горных пород.

При повышении нагрузок до $\sigma=300$ кг/см² и более изменения I_r и $kappa$ приобретают обратимый характер. Разрушению подвергается 20-50% вязкой намагниченности I_{rv} при давлениях до $\sigma=800$ кг/см². В пределах исследованных сейсмогенных зон возможные локальные изменения напряженности геомагнитного поля рассчитывались по формуле:

$$\Delta H = \Delta k(\sigma)H + \Delta I_r(\sigma),$$

где ΔH - возможное локальное изменение геомагнитного поля при избыточных напряжениях, т.е. сейсмомагнитный эффект. Расчеты показали, что теоретически на ШШП можно ожидать сейсмомагнитный эффект величиной до 15-25 нТл.

Как показывают результаты более ранних исследований сейсмомагнитного эффекта (Рзаев, 2005), при преобладании в очаге сжимающих напряжений СМЭ формируется за счет положительного приращения напряженности геомагнитного поля. Причем наблюдаемые приращения могут достигать 15-40 нТл, что находится в соответствии с расчетными значениями СМЭ, полученными в данной статье.

Таким образом, разрушение 20-50% вязкой компоненты намагниченности I_{rv} никак не может влиять на формирование сейсмомагнитного эффекта, на величину которого в большей степени влияет изменение магнитной восприимчивости $kappa(\sigma)$ пород в условиях избыточных напряжений.

Таблица

Экспериментальные значения β и j для образцов Шеки-Шамахинского полигона

| № образцов | β | j |
|------------|---------|------|
| 1 | 1,92 | 0,86 |
| 2 | 0,52 | 3,48 |
| 3 | 2,75 | 2,25 |
| 4 | 0,18 | 2,20 |
| 5 | 1,03 | 1,05 |

Выводы

1. Вязкая намагниченность горных пород Шеки-Шамахинской сейсмогенной зоны обусловлена диффузионным магнитным последствием и составляет 20-50% остаточной намагниченности пород.

2. В области нагрузок $\sigma=20-250$ кг/см² изменения магнитной восприимчивости и вязкой намагниченности имеют необратимый характер. При более высоких давлениях $\sigma \geq 300-800$ кг/см имеют место обратимые изменения магнитных свойств горных пород, обусловленные изменением внутренних напряжений зерен ферромагнетиков. При этом величина обратимых изменений значительно превосходит необратимые изменения намагниченности.

3. Негидростатические нагрузки в сейсмогенных зонах Шеки-Шамахинского полигона могут вызывать локальные изменения напряженности геомагнитного поля, величина которых теоретически может достигать 15-25 нТл. При этом магнитная восприимчивость оказывает большое влияние на формирование СМЭ.

4. Вклад вязкой намагниченности в остаточную намагниченность горных пород исследованных сейсмогенных зон составляет 20-50% и не влияет на формирование сейсмомагнитного эффекта ввиду своей неустойчивости к избыточным давлениям.

ЛИТЕРАТУРА

- РЗАЕВ, А.Г. 2005. Оценка механизма очага землетрясения и напряженного состояния сейсмогенных областей по свойствам сейсмомагнитного аномального эффекта. *Геофизика XXI столетия: 2003-2004 годы. Сборник трудов пятых и шестых геофизических чтений имени В.В.Федынского*. Москва, 58-61.
- ТРУХИН, В.И. 1973. Введение в магнетизм горных пород. *Изд. Московского Университета*. Москва, 238-241.
- ИСАЕВА, М.И., САДЫХОВА, Т.Д., НОВРУЗОВ, З.А. 2001. Изменения магнитных свойств горных пород сейсмогенных зон под влиянием избыточных напряжений. В сб.: *Сейсмическая защита населения и инженерных сооружений при сильных землетрясениях – опыт регионов. Тезисы докладов международного семинара 2-6 июля 2001г.* Баку, 23-24.
- БЕЗУГЛАЯ, Л.С. 1970. Автореф. канд. дисс. *ИФЗ АН СССР*, Москва .

Рецензент: член-корр. НАН Азербайджана П.З.Мамедов