

Al_2O_3 , 5-8 % Fe_2O_3+FeO , 3 % MgO и 4-6 % K_2O+Na_2O . При этом среднее содержание кремния равно 29 %. Среднее содержание кислорода равно 43,4 %.

Для активации использовался скважинный импульсный генератор нейтронов (ИГН-6) с энергией нейтронов 14,1 МэВ. Наведенное гамма-излучение разлагалось в спектр по энергиям с помощью $NaI(Tl)$ -детектора и регистрировалось с помощью гамма-спектрометра СГСЛ-2 и каротажного самописца. Спектрометр предварительно настраивался на регистрацию аналитической линии изотопа Al^{28} при определении содержания кремния и N^{16} при определении содержания кислорода. Измерения наведенного гамма-излучения выполнялись в промежутках между импульсами нейтронов в течение 45 мкс с задержкой $t_3=4500$ мкс после каждого импульса. Длина зонда при выполнении ИНАК-С(Al^{28}) и ИНАК-С(N^{16}) была равна 1,5 м. При этом оптимальные скорости каротажа составили 100 м/ч для изотопа Al^{28} и 530 м/ч для изотопа N^{16} .

Средний наведенный эффект на вмещающих горных породах составил 6000 имп/мин для изотопа Al^{28} и 2400 имп/мин - для изотопа N^{16} . Таким образом, пересчетные коэффициенты для определения содержания кремния и кислорода в рассматриваемом случае оказались равными 206,9 имп/мин на 1 % кремния и 55,3 имп/мин на 1 % кислорода.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Воскобойников Г.М.** Теоретические основы селективного гамма-каротажа // Изв. АН СССР. Серия геоф., 1957. №3. С. 351-352.
2. **Давыдов Ю.Б., Давыдов В.Ю.** Теоретические предпосылки каротажа индуцированного гамма-излучения. Свердловск, 1990. 166 с.
3. **Кантор С.А.** Основы теории нейтронного каротажа // Прикладная геофизика, 1955. Вып.13. С. 3-13.
4. **Филиппов Е.М.** Ядерная разведка полезных ископаемых: Справочник. Киев: Наукова думка, 1978. 588 с.

УДК 550.838

А.В. Кузин, В.Е. Петряев

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАГНИТНОЙ СЪЕМКИ ВБЛИЗИ ИСТОЧНИКА ПОМЕХ ЛИНЕЙНОГО ТИПА

При магнитной съемке в промышленно освоенных районах источниками электромагнитных помех выступают линии электропередач (ЛЭП), электрифицированные железные дороги, трубопроводы и т. п. Специальная методическая литература [1, 2, 3] рекомендует для учета короткопериодных колебаний (КПК) магнитного поля размещать магнитовариационные станции (МВС) на участке съемки, перемещать их по мере продвижения фронта полевых работ.

При выполнении магнитной съемки на одном из участков в Сысертском районе Свердловской области авторами работы зафиксированы КПК магнитного поля. Для их учета нами были опробованы известные методические рекомендации, а также применены некоторые методические приемы съемки, позволившие более точно учесть вариации и добиться проектной точности съемки. В настоящей статье приведены краткое описание методики магнитной съемки вблизи линейного источника помех и некоторые результаты наблюдений магнитного поля, дающие представление о его характере в этом районе.

Участок съемки располагается в зоне распространения интрузивных и метаморфических пород ультраосновного состава: пироксенитов, серпентинитов, амфиболитов. Магнитная восприимчивость пород достигает величины до 3000×10^{-5} ед. СИ. Аномальное магнитное поле достигает 200-1000 нТл, горизонтальный градиент поля в аномальных участках - до 15-45 нТл/м. Размер участка 200 x 200 м, сеть съемки 10 x 10 м. Ориентировка профилей съемки субмеридиональная. В качестве измерительной аппаратуры использовался протонный магнитометр ММП-203, с датчиком на стабильном веществе (УГТУ-УПИ), и квантовый магнитометр ММП-303, используемый в качестве МВС.

Через центральную часть участка проходит линия ЛЭП напряжением 6000 В. Она является источником КПК магнитного поля. Нами проведена запись вариограмм (с интервалом отсчетов 10 с) при удалении МВС от ЛЭП на расстояние от 3 до 90 м. Установлено, что спад КПК при этом по амплитуде уменьшился от 30 (рис. 1,а) до 1-2 нТл (рис. 1,в). Представление о количественной оценке амплитуды КПК может быть получено на основе среднего квадратичного отклонения магнитного поля от его среднего значения. КПК носят знакопеременный характер. Период колебаний нами специально не исследовался, но, как было установлено в период работ на участке и отмечается в работах [2, 3], их период обычно составляет единицы – десятки секунд.

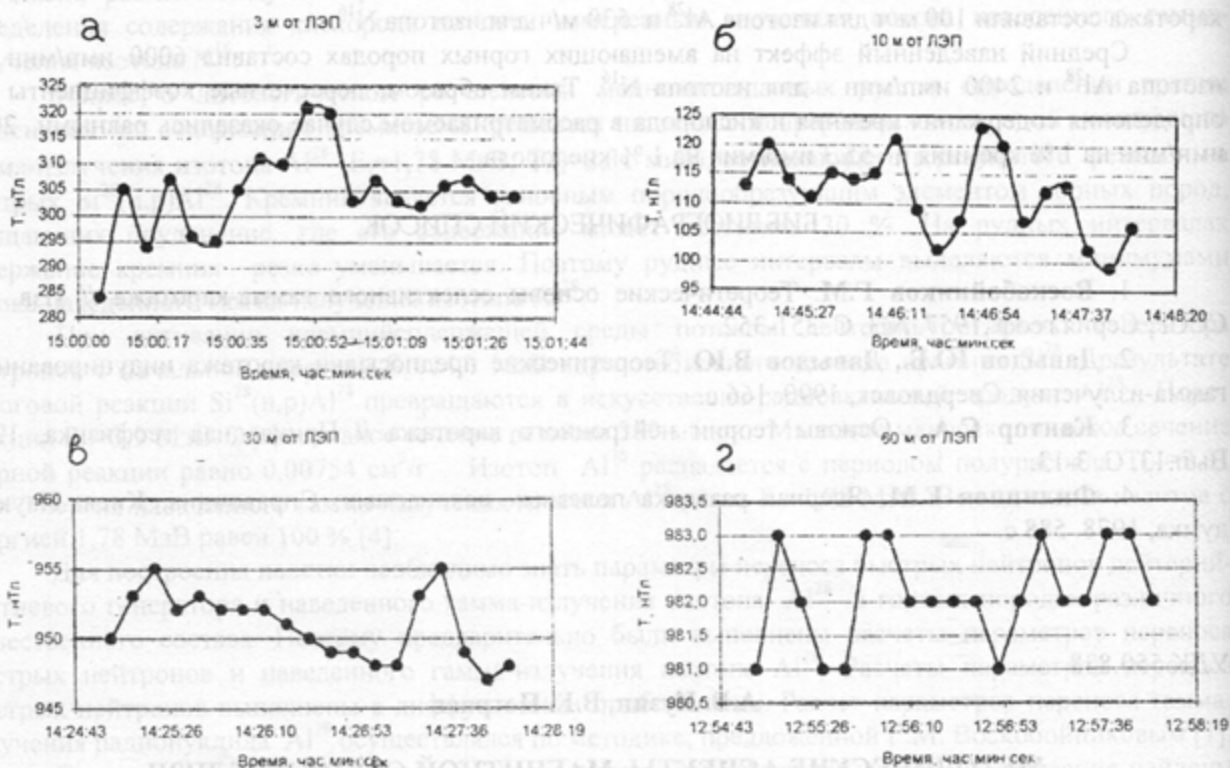


Рис. 1. Характер КПК при различном удалении от ЛЭП

Возможное изменение амплитуды КПК вдоль ЛЭП на различных пикетах, располагающихся в различных геоэлектрических условиях (что может влиять на характер КПК), нами не изучалось.

Для изучения характера КПК применены следующие приемы:

- профили разбиты параллельно ЛЭП;
- МВС располагается на обрабатываемом профиле;
- отсчет поля на МВС и полевом магнитометре производится синхронно, с погрешностью не более 1 секунды.

Это позволяет в некоторой степени учитывать зависимость амплитуды КПК от удаления до источника и нестационарность помехи во времени.

Кроме качественного и количественного сравнения помех на различном удалении от линейного источника, проведена запись магнитного поля в синхронном режиме, при работе двух МВС. Базовая МВС постоянно располагалась на удалении 50 м, а полевая попеременно располагалась на удалении от ЛЭП в 3, 10, 30 и 60 метрах. На базовой точке амплитуда КПК составила 1-3 нТл, а на МВС, приближенных к ЛЭП, - 10-17 нТл (отметим, что измерения проведены в периоды весьма умеренных КПК). На основе этих данных оценим возможную погрешность съемки магнитного поля на различных профилях в случае, если бы МВС располагалась в одной точке участка, а не перемещалась по профилю вместе с их обработкой. Количественную оценку возможной погрешности проведем, рассчитав средние значения поля, измеренные в синхронном режиме на базовой и полевой МВС. Совместим две вариограммы по средним значениям и рассчитаем среднее квадратичное отклонение значений поля полевой МВС от значений поля базовой. Среднее

квадратичное отклонение магнитного поля составило $\pm 1,17$ нТл при расположении обеих МВС на удалении 50 м от ЛЭП, в непосредственной близости полевой МВС от ЛЭП - $\pm 3,88$ нТл (рис. 2,а,б).

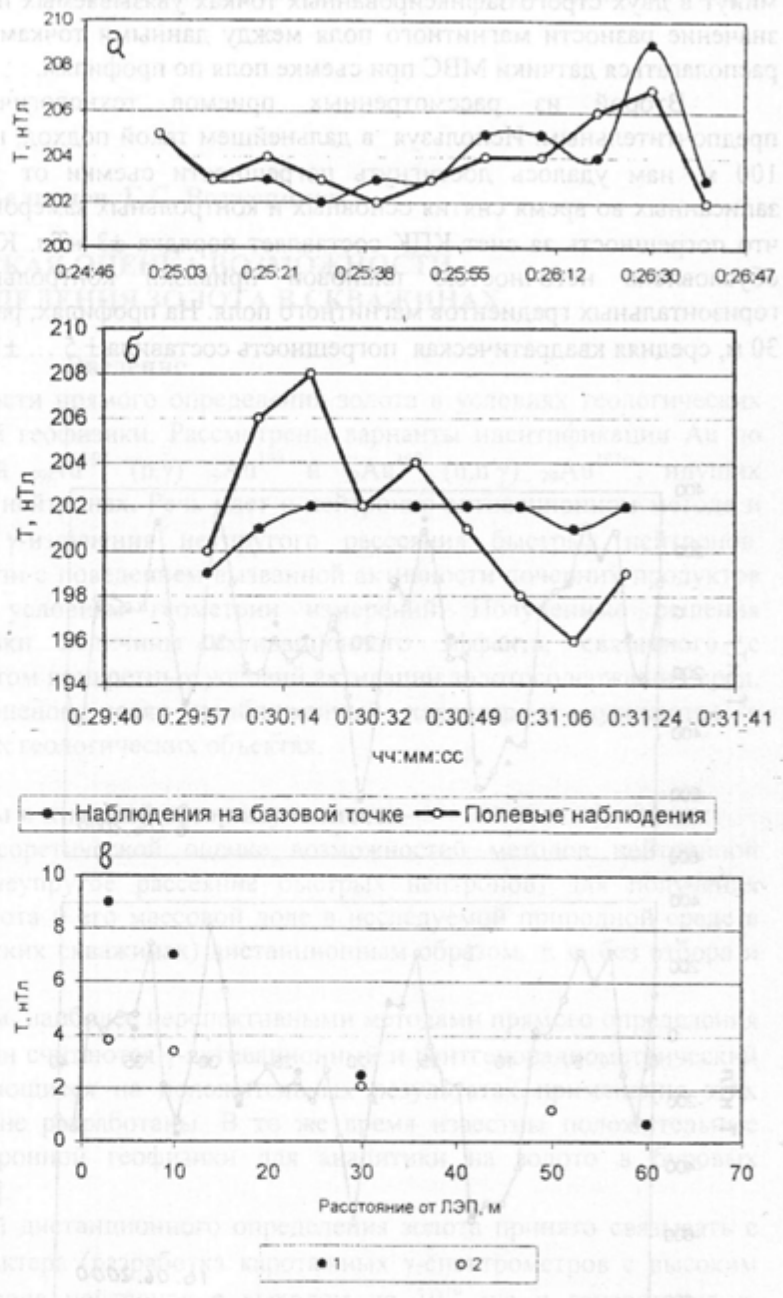


Рис. 2. Оценка средних квадратичных отклонений КПК: а – расположение полевой и базовой МВС в 50 м от ЛЭП; б – расположение базовой в 50 м, полевой – в 3 м от ЛЭП; в – на полевой МВС (1) и между полевой и базовой МВС (2)

Как видно на рис. 2,в, среднее квадратичное отклонение мгновенных значений КПК от среднего при различном удалении от источника помех изменяется по закону, который близко соответствует экспоненциальной зависимости.

При съемке магнитного поля с расположением МВС на каждом обрабатываемом профиле возникает проблема увязки значений поля съемки между профилями. Увязать их съемкой по профилям, расположенным вкрест линейного источника помех, не представляется возможным в силу существенного изменения амплитуды помехи на различном удалении от источника.

Нами опробованы два методических приема увязки значений поля на профилях съемки. Один из них – способ перекрытий. Часть снятого профиля (при расположении МВС на нем) следует отработать при расположении МВС и на соседнем профиле. Далее во все измерения поля на профиле вносится поправка за вариацию, затем графики магнитного поля на контрольном участке совмещают

до наилучшего совпадения. Величина смещения контрольного графика даст искомую среднюю величину различия значений поля в точках расположения МВС на уязвимаемых профилях. Не меняя положения МВС, обрабатывают второй профиль.

Второй прием предполагает синхронную запись вариаций двумя МВС в течение нескольких минут в двух строго зафиксированных точках уязвимаемых профилей. Так можно получить среднее значение разности магнитного поля между данными точками профилей. В этих точках и должны располагаться датчики МВС при съемке поля по профилям.

Второй из рассмотренных приемов технологически представляется нам более предпочтительным. Используя в дальнейшем такой подход, на профилях, удаленных от ЛЭП на 30-100 м, нам удалось достигнуть погрешности съемки от ± 3 до ± 10 нТл. Анализ вариограмм, записанных во время снятия основных и контрольных замеров магнитного поля (рис. 3), показывает, что погрешность за счет КПК составляет порядка ± 3 нТл. Кроме этого, погрешность может быть обусловлена неточностью плановой привязки контрольных замеров в условиях высоких горизонтальных градиентов магнитного поля. На профилях, расположенных от ЛЭП на расстоянии 3-30 м, средняя квадратическая погрешность составила $\pm 5 \dots \pm 11$ нТл.

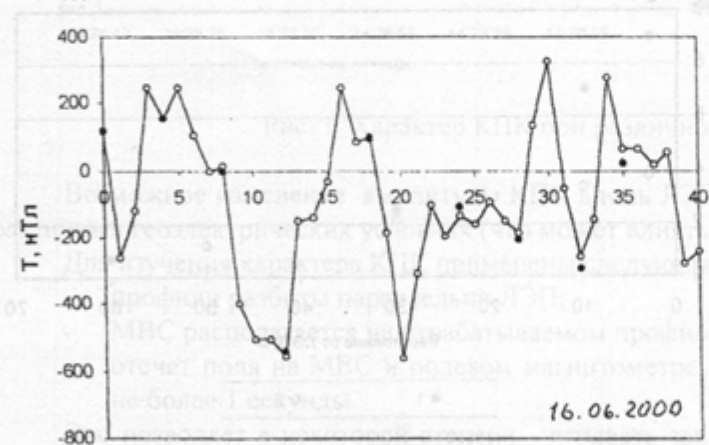
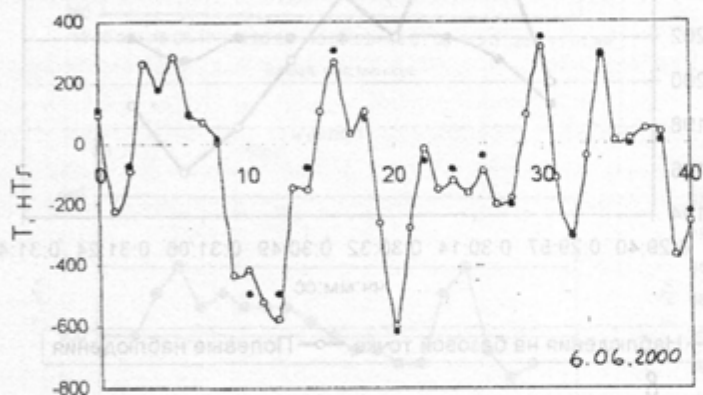


Рис. 3. Пример воспроизводимости результатов измерений магнитного поля

Выводы

1. Поле электромагнитных помех линейного источника уменьшается при удалении от него по зависимости, близкой к экспоненциальной.
2. Вблизи линейных источников помех профили магнитных съемок следует ориентировать параллельно им, МВС следует располагать непосредственно на обрабатываемом профиле.
3. Запись вариаций и полевых замеров магнитного поля следует производить синхронно, с погрешностью не более 1 секунды.

1. Инструкция по магниторазведке. Л.: Недра, 1981. 263 с.
2. Магниторазведка: Справочник геофизика. М.: Недра, 1990. 470 с.
3. Ревякин П.С., Бродовой В.В., Ревякина Э.А. Высокоточная магниторазведка. М.: Недра, 1986. 272 с.

УДК 550.835

Ю.В. Бельшев, Г.С. Возжеников

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРЯМОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗОЛОТА В СКВАЖИНАХ

Введение

В статье обсуждаются возможности прямого определения золота в условиях геологических скважин на основе методов нейтронной геофизики. Рассмотрены варианты идентификации Au по дочерним продуктам ядерных реакций ${}_{79}\text{Au}^{197} (n,\gamma) {}_{79}\text{Au}^{198}$ и ${}_{79}\text{Au}^{197} (n,n'\gamma) {}_{79}\text{Au}^{197m}$, идущих соответственно на тепловых и быстрых нейтронах. Речь идет о нейтронно-активационном методе и методе, основанном на регистрации γ -излучения неупругого рассеяния быстрых нейтронов. Приведены решения прямых задач в связи с поведением вызванной активности дочерних продуктов применительно к идеализированным условиям геометрии измерений. Полученные решения использовались для численной оценки величины активационного эффекта, связанного с радионуклидами ${}_{79}\text{Au}^{198}$ и ${}_{79}\text{Au}^{197m}$ с учетом конкретных условий активации золотосодержащих сред. Результаты расчетов и численных оценок носят приближенный характер и нуждаются в экспериментальной проверке на реальных геологических объектах.

Цель работы и краткий обзор изученности

Цель работы заключается в теоретической оценке возможностей методов нейтронной геофизики (нейтронная активация и неупругое рассеяние быстрых нейтронов) для получения экспрессной информации о наличии золота и его массовой доле в исследуемой природной среде в условиях *in situ* (например, в геологических скважинах) дистанционным образом, т. е. без отбора и подготовки традиционных проб.

Судя по имеющимся публикациям, наиболее перспективными методами прямого определения золота в условиях геологических скважин считаются γ -активационный и рентгенорадиометрический [6], хотя реальные технологии, базирующиеся на положительных результатах применения этих методов в скважинных условиях, еще не разработаны. В то же время известны положительные примеры использования методов нейтронной геофизики для аналитики на золото в буровых скважинах как у нас, так и за рубежом [8].

Дальнейшее развитие технологий дистанционного определения золота принято связывать с решением вопросов аппаратного характера (разработка каротажных γ -спектрометров с высоким разрешением, малогабаритных генераторов нейтронов с выходом до 10^{10} н/с и генераторов γ -излучения с выходом до 10^{14} квант/с). С другой стороны, представляется не менее важным использование имеющейся теоретической базы для ответа на основные вопросы, связанные с дистанционной оценкой массовой доли золота в условиях геологических скважин.

Интенсивность γ -излучения вызванной активности ${}_{79}\text{Au}^{198}$ для пласта конечной мощности

Согласно работе [3], допустим, что в неограниченном по простиранию пласте конечной мощности h равномерно распределен химический элемент, который в результате ядерной реакции на тепловых нейтронах образует искусственный радиоактивный изотоп с постоянной распада λ . Будем при этом считать, что вмещающие породы не отличаются от пласта по свойствам, определяющим перенос нейтронного и γ -излучения. Найдем интенсивность γ -излучения наведенной активности,