

16. *Ивановский, А.Л.* Новые высокотемпературные сверхпроводники на основе оксиарсенидов редкоземельных и переходных металлов и родственных фаз: синтез, свойства и моделирование // УФН, 2008, т. 178, № 12, С. 1273-1306.
17. *Гусев, А.Н.* Обнаружение полиномиального алгоритма решения *NP* задачи многомерного прогнозирования в режиме параллельных вычислений. // Вестник Московского государственного областного университета. Серия «Физика, математика», вып. 2. М.: МГОУ. - 2010. С. 63-75.
18. *Maxwell, E.* Isotope Effect in the Superconductivity of Mercury // Phys. Rev. 1950, 78, P. 477-477.
19. *Parasharam, M. Shirage, Kunihiro Kihou, Kiichi Miyazawa, Chul-Ho Lee, Hijiri Kito, Hiroshi Eisaki, Takashi Yanagisawa, Yasumoto Tanaka, Akira Iyo.* [Inverse Iron Isotope Effect on the Transition Temperature of the \(Ba,K\)Fe₂As₂ Superconductor.](#) // Phys. Rev. Lett. 2009, 103, 257003.

**IDENTIFICATION OF THE PROPERTIES OF SUPERCONDUCTIVITY
AND FORECASTING NEW COMPOSITIONS-PILLAR OKSIARSENIDY
WITH FEVER IN SUPERCONDUCTIVITY**

Gusev A.

*Moscow region state university
10a, Radio st., Moscow, 105005, Russia*

Abstract. This article provides information on substances with a record high temperature superconductivity transition, a brief overview of the use of superconducting substances in the field of power electronics and microelectronics. Based on the identity of the superconducting properties of a new class of iron superconducting materials and perform prediction of compositions of these substances with temperature superconducting transition from 55 to 62.5 k.

Key words: high-temperature superconductivity, abnormal effects in superconducting States, by the isotopic effect in superconductors, identification, prediction, transition temperature superconductivity.

УДК 55.550.370:379

**К ВОПРОСУ О КОСВЕННОЙ ОЦЕНКЕ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ
В НИЗКОЧАСТОТНОЙ ЭЛЕКТРОРАЗВЕДКЕ
С ИСКУССТВЕННЫМ ИСТОЧНИКОМ ТОКА**

А.И. Гераськин

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
геологический факультет
119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы*

Аннотация. В данной статье рассматривается метод косвенной оценки отношения сигнал/шум при работе различными методами низкочастотной электроразведки с искусственным источником тока. Задача определения отношения сигнал/шум является важной как при проведении полевых работ, так и при последующей обработке данных. Однако невозможно определить это отношение напрямую, так как при измерении истинный сигнал оцифровывается вместе с шумами и помехами. Предложенный метод косвенной оценки строится на основе свойства антипериодичности сигнала, которым обладают сигналы, применяемые в низкочастотной электроразведке. В статье приводятся описания свойств такой оценки и ее связь с прямой оценкой отношения сигнал/шум.

Ключевые слова: электроразведка, *SNR*, *OER*, отношение сигнал/шум, обработка временных рядов

ВВЕДЕНИЕ

Основной целью обработки геофизических данных, полученных в результате полевых работ, является подавление случайных шумов и помех, содержащихся в исходных записях (временных рядах) измеряемых физических величин и выделение из этих временных рядов полезного сигнала. От эффективности подавления шумов и помех напрямую зависит качество геофизической продукции, т. е. геоэлектрических разрезов и карт, на основании которых происходит дальнейшая геологическая интерпретация.

В общем случае помеха представляет собой случайный процесс, изучение статистических характеристик которого может оказаться значительно более трудоёмким, чем изучение собственно геологической модели среды. С другой стороны, качественная обработка сигналов низкочастотной электроразведки существенным образом опирается на модель помех.

Пока речь идёт о слабых шумах, выбор модели шума не играет существенной роли, однако основное преимущество методов с искусственным источником тока ([3]) как раз и состоит в том, что эти методы можно применять в местностях с высоким уровнем зашумления промышленной помехой и добиваться при этом высокого качества результата ([4]).

С практической точки зрения, во время полевых работ бывает крайне важно оценить отношение сигнал/шум. Эта оценка может дать объективную поддержку и оператору-полевому, проводящему замер, и оператору-обработчику. Первый сможет вовремя заметить проблему измерения временных рядов и исправить процесс замера, а второй сможет более объективно настроить алгоритм обработки.

Однако собственно полезный сигнал в процессе полевых работ неизвестен, поэтому невозможно напрямую оценить отношение сигнал/шум. В связи с этим особую ценность имеют приёмы, позволяющие косвенно (то есть без знания истинного полезного сигнала) произвести такую оценку.

В данной работе представлена косвенная оценка (*OER*) отношения сигнал/шум, вычисляемая напрямую из временного ряда измеряемой физической величины, т. е. без знания истинного полезного сигнала. Кроме того, приводится зависимость истинного отношения сигнал/шум (*SNR*) от введённого нами нового параметра *OER*.

НОВЫЙ ПАРАМЕТР (*OER*)

В данной статье предполагается, что несущим сигналом является *T*-периодическим сигналом типа меандр или меандр с паузой. Полезный сигнал, представляющий собою отклик Земли на несущий сигнал, является (*T/2*)-антипериодическим сигналом ([4]):

$$s\left(t + \frac{T}{2}\right) = -s(t) \quad (1)$$

Легко показать, что для антипериодического сигнала вся информация о нем содержится в нечётных гармониках, а чётные гармоники равны нулю. С другой стороны, если взять для простоты белый шум, то в нём все частоты независимы и имеют равную вероятность. Такое свойство подталкивает к тому, чтобы рассмотреть отдельно мощность нечётных (P_{odd}) и чётных (P_{even}) гармоник измеренного временного ряда:

$$P_{odd} = \frac{2}{N} \sum_{\substack{1 \leq k \leq N \\ k \text{ нечётно}}} |C_k|^2, \quad P_{even} = \frac{2}{N} \sum_{\substack{1 \leq k \leq N \\ k \text{ чётно}}} |C_k|^2 \quad (2)$$

где комплексные амплитуды C_n определяются из временного ряда $\{M(t_n)\}_{n=1, \dots, L}$, $t_n = n \cdot T/N$, в соответствии с преобразованием Фурье [2]:

$$C_k = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N M(t_n) e^{2\pi i n k / N} \quad (3)$$

Для белого шума при нулевом полезном сигнале мощности P_{even} и P_{odd} должны быть в среднем равны, а для чистого полезного сигнала лишь P_{odd} является отличным от нуля. Была поставлена задача исследования практически наблюдаемых сигналов с помощью отношения P_{odd}/P_{even} статистически, используя большой набор временных рядов, полученных за последние годы работы на множестве геофизических объектов, расположенных в разных регионах мира и характеризующихся различными видами и интенсивностью электромагнитных помех.

Таким образом, была введена в рассмотрение величина

$$OER = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_{odd}}{P_{even}}\right) \text{ дБ} \quad (4)$$

где P_{odd} и P_{even} вычисляются по формуле (2). Её название *OER* (odd-to-even ratio) образовано по аналогии с *SNR* (signal-to-noise ratio)[2]:

$$SNR = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) \text{ дБ} \quad (5)$$

Величина *SNR* практически вычислима лишь в той ситуации, когда известен истинный полезный сигнал, так что обработка временного ряда не требуется. Величина *OER* вычисляется напрямую из измеренного временного ряда, таким образом, она несёт в себе некую объективную информацию. Возможность использования этой информации будет исследовано в следующих разделах.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ *OER*

Было рассмотрено 6 наборов полевых данных из различных регионов (Тиман, 2006 г., Печорская область, 2006 г., Кольский полуостров, 2007 г., Норильская область, 2008 г., Азербайджан, 2008 г., Саратовская область, 2009 г.). Каждый набор содержал временные ряды электрического поля, полученные на различных пикетах (точках наблюдения). Каждый временной ряд содержал отрезок времени, когда генератор поля был выключен и отрезок времени, когда генератор поля был включён, и производилось зондирование одним из электроразведочных методов.

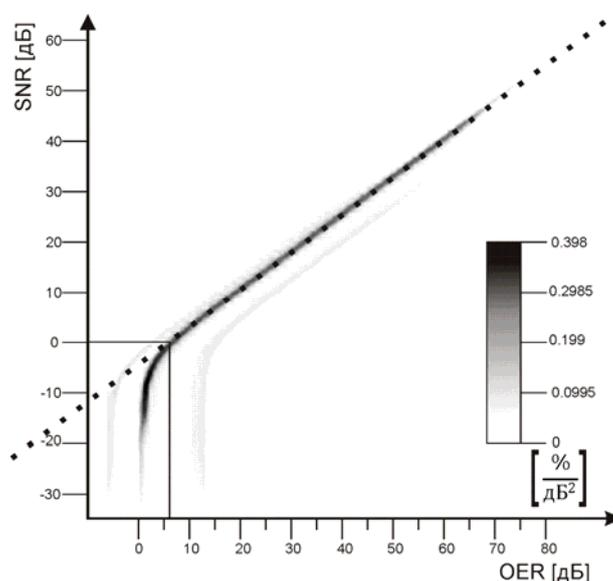


Рис. 1. Плотность распределения вероятности (*SNR*, *OER*)

По набору отрезков временных рядов, измеренных с выключенным генератором, была составлена база данных полевых шумов. К этим реализациям шума был добавлен полезный сигнал (смоделированный для случая однородного разреза отклик земли на несущий сигнал в форме меандра частоты f_g). Амплитуда полезного сигнала принимала значения из широкого диапазона на экспоненциальной сетке с шагом 20 %. Всего в анализ было включено 633 временных ряда на различных пикетах, четыре частоты ге-

нератора f_g (1.22 Гц, 2.44 Гц, 4.88 Гц, 9.76 Гц), 60 значений амплитуды полезного сигнала. Для каждого сочетания указанных параметров были вычислены отношение полезного сигнала к шуму - SNR (см. (5)) и введённый параметр OER (см. (4)). Всего было сделано 151920 таких оценок. На основе этих расчётов была произведена оценка плотности распределения вероятности в плоскости (SNR, OER) , рис.1. На этом рисунке видна линейчатая структура этого распределения вероятности, причём средний магистральный лист этого распределения выражен наиболее ярко, но слева и справа от него можно видеть два других параллельно идущих лепестка.

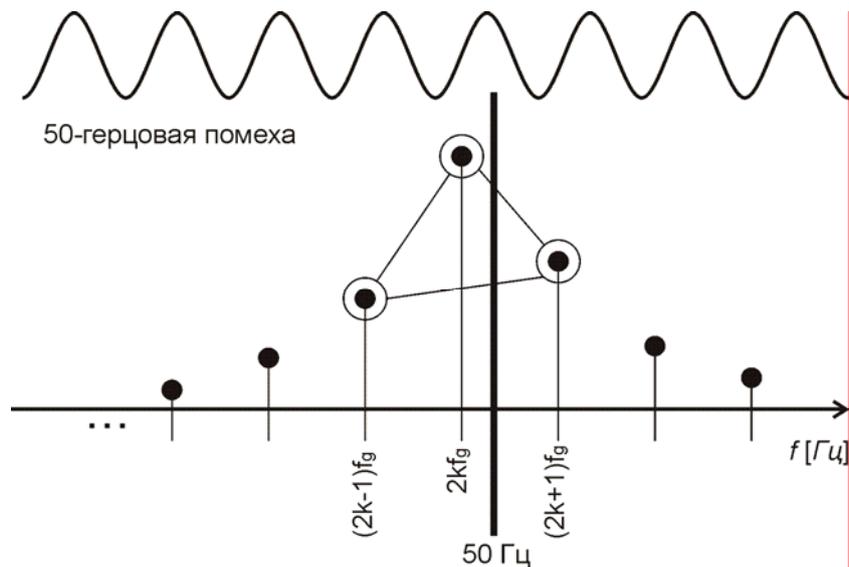


Рис.2. Эффект утечки спектра

Анализ этого феномена и дальнейшее исследование временных рядов, отвечающих левому и правому лепесткам распределения, показало, что в этих временных рядах имеются заметные искажения, вызванные 50-герцовой промышленной помехой. Эффект сдвига вызван эффектом утечки спектра ([1]) 50-герцовой помехи, который оказался близким к одному из обертонов T_g -периодического сигнала генератора, рис.2. Сама величина и направление сдвига лепестка в основном определяется отношением трёх-четырёх обертонов несущего T_g -периодического сигнала генератора, наиболее близких по частоте к величине 50 Гц. Если вклад чётных $(2kf_g)$ гармоник превосходит вклад нечётных $(2(k+1)f_g)$, то имеет место сдвиг лепестка OER влево, в противном случае - вправо. Веса гармоник определяются эффектом утечки спектра и могут быть вычислены заранее, исходя из известной частоты оцифровки и частоты генератора f_g . Таким образом, линейчатая структура распределения вероятности на рис.1 возникает вследствие редкой сетки использованных нами периодов генератора T_g .

Был исследован центральный лист распределения, для чего была произведена его аппроксимация линейной функцией, в результате чего была получена линейная зависимость $SNR = OER - 6 \text{ дБ}$, хорошо согласующаяся с наблюдениями при $OER > 6 \text{ дБ}$.

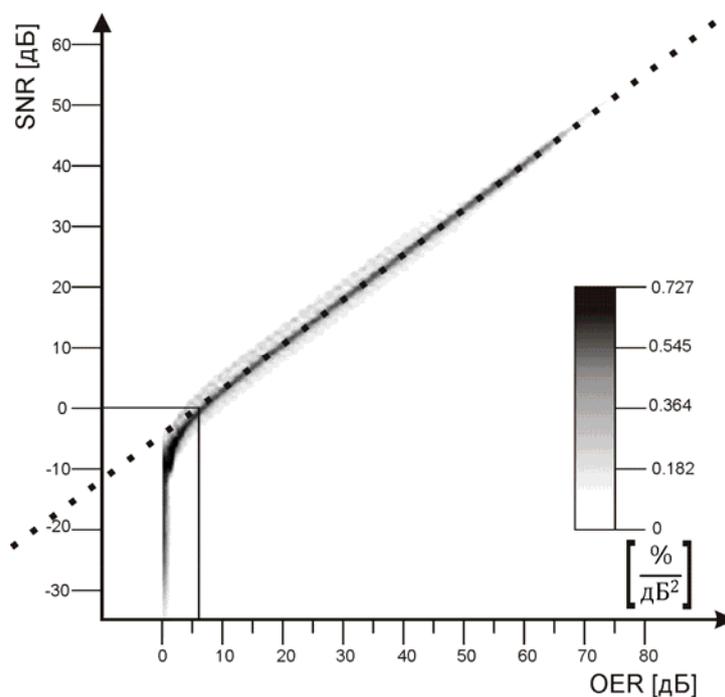


Рис.3. Плотность распределения вероятности в плоскости (SNR , OER)

Для того чтобы исследовать более универсальную связь SNR и OER , была проведена компенсация значения OER в соответствии с эффектом утечки спектра. На рис.3 приведена гистограмма с оценкой плотности распределения вероятности в плоскости (SNR , OER'), где OER' есть исправленный с учётом утечки спектра параметр OER . Видно, что левый и правый лепестки исчезли, что говорит о правильности выполненного анализа утечки спектра.

ВЫВОДЫ

Построенная в работе оценка OER позволяет косвенно, то есть без знания истинного полезного сигнала, оценивать отношение сигнал/шум при $OER > 6$ дБ по формуле $SNR = OER - 6$ дБ. Эта оценка может быть полезна непосредственно в процессе производства замеров для контроля качества и для исключения бракованных записей. В процессе обработки данных эта оценка также может быть весьма полезна при предобработке записанных временных рядов и выборе оптимального алгоритма обработки данных низкочастотной электроразведки с искусственным источником тока. При наличии значительной промышленной (50-герцовой или 60-герцовой) помехи вместо величины OER надлежит использовать скорректированную величину OER' .

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айфичер, Э., Джервис Б.* Цифровая обработка сигналов [Текст]. 2004. М.: Вильямс. 989 с.
2. *Ричард, Л.* Цифровая обработка сигналов [Текст]. 2009. М.: Бином. 656 с.
3. *Электроразведка: пособие по электроразведочной практике для студентов геофизических специальностей, под. ред. В. К. Хмелевского и др.* [Текст]. 2005. М.: ГЕРС. 311 с.
4. *Pankratov, O.V., Geraskin A.I.* On processing of Controlled Source Electromagnetic (CSEM) Data [Text] // *Acta Geologica*. 2010. Vol. 8. P. 31-49.

**ON INDIRECT SIGNAL TO NOISE RATIO ESTIMATION
IN LOW-FREQUENCY CONTROLLED SOURCE ELECTROPROSPECTING.**

A. Geraskin

*Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geology
Moscow, 119899*

Abstract A method to indirectly estimate the signal-to-noise ratio is described in this article for various low-frequency controlled source electroprospecting methods. The problem of the determination of the signal-to-noise ratio is important during the field work and in the subsequent processing. However it cannot be calculated directly as the true signal is not known. It is the antiperiodicity property of the signal that gives rise to the proposed method. All controlled source electroprospecting signals possess this property. A description of the proposed indirect estimation method is presented here as well as its relation to the direct signal-to-noise ratio formula.

Keyword: electroprospecting, *SNR*, *OER*, signal-to-noise ratio, time series processing