

УДК 550.433

## НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

АСАДОВ Х.Г., АЛИЕВ М.М., МАМЕДОВ Ш Х.

*Азербайджанское Национальное Аэрокосмическое агентство*

В статье рассмотрен вопрос об оптимальном размещении сейсмодатчиков электромагнитного излучения горных пород, возникающего перед землетрясением. Показано, что ширина полосы принимаемых частот прогностического сигнала должна расти прямо пропорционально глубине размещения сейсмодатчиков.

Электромагнитные излучения, исходящие из подземных горных пород в широком диапазоне частот, начиная от единиц герц до сотни килогерц, являются одним из основных предвестников возникновения землетрясений [1]. Известно [2], что вследствие большого затухания электромагнитного излучения, исходящего из глубинных недр Земли, на поверхности Земли могут быть зарегистрированы только сигналы, сформированные на поверхностных горных породах. Однако, с учетом сильной зашумленности "эфира" в низких и средних частотах, в основном из-за антропогенного, а также природного фактора, следует ожидать, что при глубинном расположении сейсмодатчиков – приемников электромагнитного излучения отношение сигнал / шум, потенциально достижимое при проведении соответствующих измерений, будет расти с увеличением глубины размещенных датчиков. С другой стороны, очевидно, что динамический процесс развития землетрясения должен быть проконтролирован по возможности в максимальном геометрическом объеме соответствующего сегмента Земли, т.е. датчики системы сбора информации должны быть установлены на различных глубинах  $h$  с шагом  $\Delta h$ , и, естественно, должны быть разнесены по координатам  $X, Y$ . Обзор соответствующей литературы, приведенный в [3], дает нам основание считать, что прогностическая сейсмологическая информация равномерно распределена на определенном диапазоне частот электромагнитных излучений, исходящих из зоны землетрясения. Таким образом, возникает следующая оптимизационная задача: какой диапазон частот с какой глубины должен быть измерен, чтобы система сбора сейсмологической информации могла бы работать максимально эффективно с точки зрения достижения максимума выбранного критерия эффективности. В настоящей статье поставленная задача решается с применением нового принципа оптимизации информационных систем – принципа уменьшения размерности, предложенного одним из авторов данной статьи в [4], и подробно описанного, например, в [5].

В качестве датчиков системы сбора используются микросборки приемников электромагнитного излучения. Прием ведется в диапазоне  $f_{min} + f_{max}$  с шагом  $\Delta f$ , т.е.

число полос равно  $\frac{f_{max} - f_{min}}{\Delta f}$ . Считая все полосы равноинформативными, количество

информации, снимаемое с одной микросборки приемников, определим как

$$M_i = \frac{F}{\Delta f} l o g_2 (1 + \psi_i), \quad (1)$$

где  $F = f_{max} - f_{min}$ ;  $\psi_i$  - отношение сигнал / шум на выходе микросборки. Суммарное количество информации, полученной со всех микросборок, оценим как

$$\Phi = \sum_{i=1}^n M_i = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{\Delta f} \log_2 (1 + \psi_i). \quad (2)$$

Отношение сигнал / шум на выходе сейсмодатчика, размещенного на определенной глубине (рис. 1), оценим как

$$\psi = \frac{U_{\text{сигн.}}}{U_{\text{шум}}}.$$

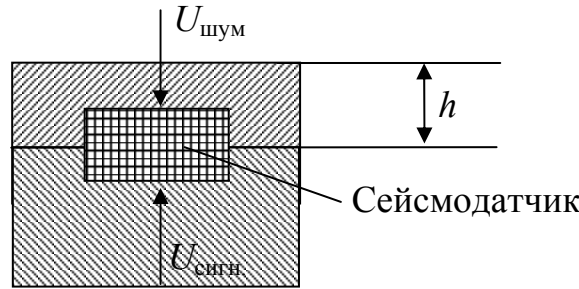


Рис. 1. К анализу зависимости  $\psi$  от  $h$  и  $F$ .

Известно, что затухание электромагнитных сигналов в горных породах зависит как от толщины горной породы, пройденной сигналом, так и от частоты электромагнитного сигнала [1], т.е.

$$\psi = \psi(h, F).$$

В первом приближении имеем

$$d\psi = \frac{\partial \psi}{\partial h} \cdot dh + \frac{\partial \psi}{\partial F} dF.$$

Проанализируем первую составляющую  $d\psi$ . Очевидно, что с ростом  $h$  внешние шумовые сигналы будут подвергнуты еще большему затуханию и на выходе сейсмодатчика отношение сигнал / шум увеличится. Что касается второго составляющего  $\frac{\partial \psi}{\partial F}$ , то здесь можно допустить одинаковую степень затухания как полезного сигнала, так и шумов по частоте. В этом случае вторым составляющим  $d\psi$  можно пренебречь.

Принцип уменьшения размерности в рассматриваемом случае применяется следующим образом. Отношение сигнал / шум в первом приближении выразим в следующем виде:

$$\psi_i = \psi_0 + \psi'_h \cdot h, \quad (3)$$

где  $h$  - глубина размещения датчика.

Далее уменьшается размерность системы, т.е. принимается предположение о существовании функции

$$h = \varphi(F) \quad (4)$$

Итак, с учетом (3) и (4), выражение (2) имеет вид:

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{\Delta f} \log_2 [1 + \psi_0 + \psi'_h \cdot \varphi(F)] \quad (5)$$

В соответствии с принципом уменьшения размерности оптимизацией всей системы понимается нахождение оптимального вида функции  $\varphi(F)$ , приводящего функ-

ционал (5) к максимальной величине. Для решения поставленной задачи введем необходимое ограничение в виде:

$$\Phi_1 = \sum_{i=1}^n [1 + \psi_0 + \psi'_h \cdot \varphi(F)] = \frac{\psi_0 \cdot F_{max}}{2} . \quad (6)$$

Отметим, что физический смысл ограничения (6) заключается в нормировании суммарной величины  $\sum_{i=1}^n h_i$  - суммарного фактора, вызывающего повышения отношения сигнал / шум на выходе сейсмодатчиков. Существует и экономический смысл данного ограничения, заключающийся в ограниченности ресурсов, предназначенных для съема информации с соответствующих скважин, пробуренных для размещения сейсмодатчиков. С учетом (5) и (6), а также применив множитель Лагранжа, и условно перейдя к непрерывной форме записи, получаем следующий вспомогательный функционал, используемый в качестве эффективности.

$$\Phi = \int_0^{F_m} \frac{F}{\Delta f} \{l \circ g_2 [1 + \psi_0 + \psi'_n \cdot \varphi(F)] + \lambda [1 + \psi_0 + \psi'_n \cdot \varphi(F)]\} dF . \quad (7)$$

Решение поставленной оптимизационной задачи, с использованием полученного вспомогательного функционала, по формуле Эйлера имеет вид:

$$h = \varphi(F) = \frac{F \cdot \psi_{max}}{F_{max} \cdot \psi'_n} - \frac{1 + \psi_0}{\psi'_h} . \quad (8)$$

Таким образом, обнаруживается прямо пропорциональная связь между параметрами  $h$  и  $F$ , т.е. количество секций в микросборках приемников должно быть увеличено с ростом глубины их размещения. Такой порядок построения системы позволяет достичь наивысший информационной эффективности системы сбора прогностической сейсмологической информации в смысле достижения максимума выбранного интегрального информационного функционала цели (7).

В заключение отметим, что отсутствие в настоящее время известных абсолютно достоверных предвестников землетрясений обуславливает оптимальность направления усилий исследователей к решению задач оптимального построения системы сбора прогностической информации, обеспечивающей сбор максимального количества первичной информации и дальнейшей обработке собранной информации с целью определения более достоверных предвестников землетрясений.

- 
1. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Похотелов О.А. Сейсмо – электромагнитные явления. М., "Наука", 1988.
  2. Гохберг М.Б., Моргунов В.А., Герасимович Е.А. и др. Оперативные электромагнитные предвестники землетрясений. М., "Наука", 1985.
  3. Ремизов Л.Т. Регистрация изменений естественного электромагнитного поля в периоды времени, предшествующие землетрясениям (Обзор). Радиотехника и Электроника, . 36, вып. 6, 1991, с. 1041.
  4. Асадов Х.Г. Синтез одного подкласса ИИС по принципу уменьшения размерности. Измерительная техника. 2001, № 3, с. 13.
  5. Асадов Х.Г. Синтез одного подкласса информационно – измерительных систем. Баку, - Элм, 2002, 143 с.

## **ELEKTROMAQNİT ŞUALANMASINI QEYD EDƏN İNFORMASIYA ÖLÇÜ SİS- TEMİNİN OPTİMAL QURULMASININ BƏZİ MƏSƏLƏLƏRİ**

**ƏSƏDOV H.H., ƏLİYEV M.M., MƏMMƏDOV Ş.H.**

Məqalədə zəlzələlərdən əvvəl dağ süxurlarının elektromaqnit şualanmasının seysmik qurğularının optimal yerləşdirilməsi məsələsinə baxılmışdır. Göstərilmişdir ki, proqnostik siqnalın qəbul edilən tezliklər zolağının eni seysmik çeviricilərin yerləşdirilməsi dərinliyinə düz mütənasib olaraq artmalıdır.

## **SOME THEORETICAL QUESTIONS OF OPTIMAL CONSTRUCTION OF MEASURING SYSTEM FOR REGISTRATION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION**

**ASADOV Kh.G., ALIYEV M.M., MAMEDOV Sh.Kh.**

In the article the question concerning optimal location of seism receivers of the electromagnetic radiation of mountainous rocks before earthquakes is considered. It is shown that width of band of the received frequencies of prognostic signal should increase proportionally to the depth of location of seism receivers.