УДК 550: 311; 551.24: 550.34

В.Ф.Давыдов, А.Ю.Сафронов

Московский университет леса

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ОЧАГОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

В потенциальном поле механических напряжений очага наблюдаются аномалии характеристик литосферы. Следствием аномалий являются изменения параметров электромагнитного поля как собственного восходящего излучения, так и отраженного от поверхности очага светового потока. Программной обработкой изображений участки очагов достоверно выделяются над фоновым уровнем.

The abnormalities of lithosphere characteristics are being observed in the potential field of strain of the centre. The alterations of the parametres of the magnetic field both as the proper upwelling radiation and reflected from the surface of the centre of luminous flux result from the abnormalities. By means of software processing of images, the areas of the centres are positively distingnished above the background level.

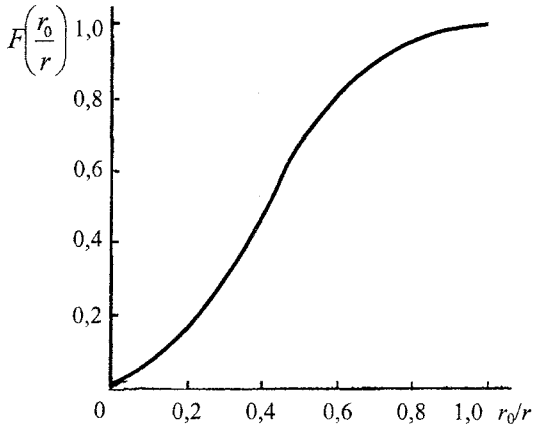
Накопление потенциальной энергии механических напряжений в области очага сопряжено с развитием других процессов: изменениями проводимости и величины теллурических токов, образованием трещин и сколов. По поверхностям сколов образуются заряды, а в растущих трещинах возникают электростатические поля с напряжением около 10^8 В/м. Возникновение электростатического поля вдоль разломов в земной коре приводит к поляризации молекул воды в приповерхностном слое. Диэлектрическая проницаемость вещества ε зависит от поверхностной плотности σ наведенных зарядов.

Молекула вода обладает постоянным нескомпенсированным дипольным моментом. Между поляризуемостью молекул и диэлектрической проницаемостью существует зависимость вида

$$(\varepsilon - 1)\varepsilon_0 \cong N\left(a_э + a_и + \frac{M^2}{\overline{E}kT^0}\right),$$

где ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость; $a_э$ и $a_и$ – коэффициент соответственно электронной и ионной поляризуемости молекул; M – дипольный момент молекул; kT^0 – тепловая энергия молекул; N – число частиц в единице объема; $\overline{E}$ – электрическая напряженность внешнего поля.

Поскольку для видимого диапазона коэффициент преломления $n \approx \sqrt{\varepsilon}$, изменение наведенной плотности зарядов под воздействием возникающего электростатического поля приводит к изменению альбедо поверхности над очагом. Коэффициент отражения на границе раздела двух сред с коэффициентами преломления n_1 и n_2



Кумулятивная функция вероятности землетрясения r_0 – минимальный интервал автокорреляции, при котором происходит «вспарывание» очага; r – текущий интервал автокорреляции

$$K_{\text{отр}} = \frac{(n_2 - n_1)^2}{(n_2 + n_1)^2}.$$

Кроме того, резонансное переизлучение света дипольно-ориентированными молекулами воды в приповерхностном слое приводит к поляризации волн отраженного светового потока. Аналогично, вследствие анизотропии сжатой породы и изменения проводимости земной коры в области очага мощность и поляризация собственного восходящего излучения над очагом меняется от участка к участку пропорционально величине и направлению механических напряжений. При приеме таких сигналов по двум взаимно ортогональным по поляризации каналам разницу в поляризации преобразуют в разницу амплитуд пикселей идентичных участков изображений в этих каналах. Для подчеркивания контраста синтезированного изображения осуществляют попиксельное совмещение получаемых изображений в ортогональных по поляризации каналах приема, с вычислением модуля амплитуды сигнала в каждой точке из соотношения $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2}$.

Для обнаружения и выделения аномалии на синтезированном изображении очага землетрясения, на котором аномалия альбедо наблюдается визуально, используются математические процедуры пространственного дифференцирования*. Известны маски операторов Собела, Лапласа, Робертса. После программного выделения контура на синтезированном изображении идентификация его на принадлежность к поверхности очага проводится с помощью анализа сигнала внутри выделенного контура. Предварительно вычисляется фрактальная размерность изображения внутри контура. Полученные коэффициенты сравниваются с эталоном**. Чем больше независимых признаков изображения используют при анализе, тем достовернее результат идентификации.

Установлено, что психологически восприятие образа человеком-оператором осуществляется по форме-узору рисунка, который является наиболее информационноемким признаком очага землятресения. Узор рисунка формируют путем вычисления градиентного поля направлений линеаментов анализируемого фрагмента изображения. Он повторяет направление силовых линий электростатического поля по пространству очага землетрясения. В программном расчете градиентного поля линеаментов внутри выделенного контура очага под линеаментом понимается отрезок вектора определенной длины и направления на плоскости изображения. Форма контура и узор рисунка дают представление об «образе очага». Кроме того, методами спектрального анализа фрагмента изображения вычисляют интервал автокорреляции функции сигнала по пространственным координатам. Отслеживая изменения интервала автокорреляции во времени, по серии получаемых снимков, осуществляют долгосрочное прогнозирование землетрясения выявленного очага***. Интегральная функция вероятности землетрясения иллюстрируется графиком (см. рисунок).

---

* *Дуда Р.* Распознавание образов и анализ сцен / Р.Дуда, П.Харт. М.: Мир, 1976.

** Патент 2160912 РФ. Способ обнаружения аномалий подстилающей поверхности / В.Ф.Давыдов, О.Н.Новоселов, И.А.Мещерова (РФ). 2000 г.

*** Патент 2181495 РФ. Способ обнаружения очагов землетрясений / В.Ф.Давыдов, О.Н.Новоселов, М.А.Шахраманян, Г.М.Нигметов (РФ). 2002 г.