

УДК 550.34:528.8.04

Прояви аномалій хмарності на супутникових зображеннях перед сильними землетрусами

А. І. Воробйов*, В. І. Лялько, Т. А. Мельниченко, В. М. Подорван

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі Інституту геологічних наук НАН України", Київ, Україна

Виконано вивчення проявів аномалій хмарності на супутникових зображеннях сейсмоактивних регіонів перед сильними землетрусами, які відбулись відповідно 9 листопада 2002 року, 6 квітня 2009 року і 18 жовтня 2011 року в районах міст Анапа (Росія), Аквілла (Італія) та Ван (Туреччина).

Ключові слова: вогнище землетрусу, модель лавинно-нестійкого утворення тріщин, прояви аномалій хмарності на супутникових зображеннях

© А. І. Воробйов, В. І. Лялько, Т. А. Мельниченко, В. М. Подорван. 2016

Найбільш розвинутою на сьогоднішній день моделлю виникнення вогнищ землетрусів є модель лавинно-нестійкого утворення тріщин (ЛНТ-модель) (Brace et al., 1966; Scholz et al., 1973; Мячкин та ін., 1975, Соболев, 1993).

У моделі ЛНТ великомасштабний розрив пов'язують із розвитком і взаємодією великої кількості тріщин зрушення в гіпоцентральної зоні вогнища землетрусу [1, 3, 4].

Цей процес включає три стадії:

- однорідне розтріскування, збільшення існуючих тріщин і утворення поля нових тріщин;
- лавинна взаємодія тріщин, досягнення критичної щільності тріщин, їхнє злиття й локалізація у вузькій зоні;
- нестійка деформація у вузькій зоні і утворення магістрального розриву (тектонічного розлому).

Таким чином, у вогнищі землетрусу відбувається розрив неперервності порід Землі під дією напружень зсуву, накопичених в процесі тектонічної деформації. Прямі виміри зрушень уздовж "берегів" магістрального розриву показали, що вогнищами ЗТР є розриви типу зсуву, а нормальна складова відносно го зсува є дуже малою [2, 5].

В результаті вивільнення накопиченої енергії відбувається розрив неперервності середовища, через який глибинні високотемпературні гази можуть прориватись в атмосферу і утворювати лінійні аномалії хмарності (ЛАХ), зокрема смуги відсутності хмарності. Довжина ЛАХ пов'язана із розмірами магістрального розриву і енергією (магнітудою) землетрусу. В процесі утворення магістрального розриву виділяється сейсмічна енергія, а над тектонічними розломами утворюються ЛАХ, які мають вигляд гряд хмарності, різних лінійних границь полів хмарності або вузьких безхмарних зон розмивання (каньйонів) [2, 5].

Аномалії хмарності значної протяжності становлять значний інтерес для прогнозу сильних землетрусів. Для виявлення ЛАХ перед сильними землетрусами ефективним може бути використання космічних знімків (КЗ) Землі, які забезпечують значні площі покриття зйомкою з періодичністю від кількох годин (супутники NOAA) до однієї доби (супутники AQUA або TERRA).

У даній роботі наведені результати вивчення проявів ЛАХ на прикладі сильних ЗТР, які відбулись в районі м. Анапа (Росія) 9 листопада 2002 р., в районі м. Aquilla (Італія) 6 квітня 2009 р., і в районі м. Ван (Туреччина) 23 жовтня 2011 р.

При цьому були використані супутникові зображення, отримані за допомогою сенсора MODIS. Спочатку аналізувались ряди КЗ у вигляді квік-луків, що дозволяло відібрати зображення з аномаліями хмарності за заданий період часу перед сильними або катастрофічними ЗТР.

Дослідження проявів ЛАХ перед землетрусом з магнітудою 5.7, можна продемонструвати на прикладі землетрусу, який відбувся 9 листопада 2002 р. (313 день року) в районі міста Анапа (Росія). Для досліджень були використані супутникові зображення, зареєстровані сенсором MODIS за кілька днів перед цим ЗТР.

На рис. 1 представлено КЗ, зареєстрований сенсором MODIS у 311 день 2002 року за дві доби перед землетрусом в районі міста Анапа. Після географічної прив'язки зображення, на нього було винесено положення епіцентру землетрусу у вигляді круга червоного кольору.

Аналіз рис. 1 свідчить про те, що за дві доби перед землетрусом з'явилося кілька лінійних аномалій хмарності у вигляді так званих "каньйонів" (зникнення хмарності у вузькій смузі), які до цього дня не спостерігались. На рис. 1 видно, що одна з аномалій хмарності була спрямована на місце, де потім відбувся землетрус.

* Vorobiev@casre.kiev.ua
Тел. +380 486 11 48

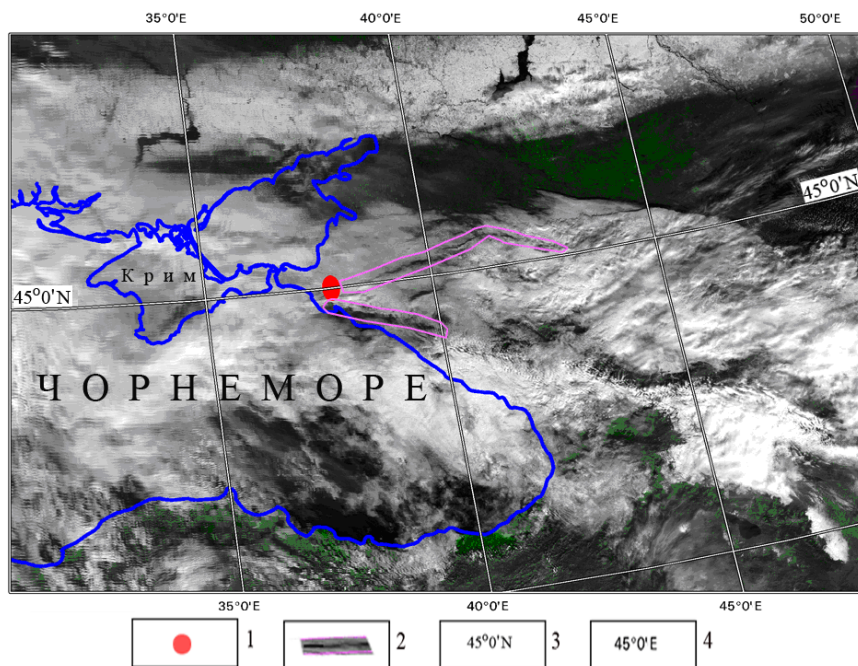


Рис. 1. Супутникове зображення Чорноморського регіону, зареєстроване сенсором MODIS 7 листопада (311 день 2002 року) — за дві доби перед землетрусом в районі м. Анапа (Росія).
1 — епіцентр землетрусу; 2 — аномалії хмарності; 3 — північна широта; 4 — східна довгота

Аномалії хмарності перед катастрофічним землетрусом 6 квітня 2009 року в районі Aquila (Італія)

Катастрофічний землетрус, що відбувся в районі міста Aquila 6 квітня — на 96-й день 2009 року, мав магнітуду 6.3 бала (глибина гіпоцентру була 8 км). Координати епіцентру цього ЗТР були такі: 42°33' північної широти і 13°33' східної довготи.

На рис. 2 наведено два фрагменти космічних знімків зареєстрованих сенсором MODIS у 85-й і 87-й дні 2009 року. На супутникових зображеннях (рис. 2) хрестом показано положення епіцентру цього ЗТР.

На рис. 2 видно, що у 85-й день 2009 року (за 11 діб перед ЗТР) над епіцентром майбутнього ЗТР спостерігались дві вузькі лінійні аномалії розмивання хмарності ("каньйони"), які перетинались між собою. У 87-й день характер хмарності різко змінився — аномалії хмарності стали більш широкими, але спостерігався їх перетин. На рис. 3 представлено зображення, зареєстровані сенсором MODIS у 92-й і 93-й дні 2009 року, за 4 і 5 діб відповідно перед майбутнім ЗТР.

На рис. 3 видно, що у 92-й день 2009 року в районі епіцентру майбутнього ЗТР залишалась складна хмарність і перетинання ЛАХ. На рис. 5 представлено зображення, зареєстровані у 95-й день 2009 року, за одну добу перед катастрофічним ЗТР (96-й день 2009 року).

Таким чином, аналіз матеріалів супутникових зйомок Апеннінського півострова свідчить про те, що перед катастрофічним землетрусом 6 квітня

2009 року у різній формі спостерігались ЛАХ, що підтверджує можливість їх використання для прогнозу ЗТР.

Аномалія хмарності перед катастрофічним землетрусом 23 жовтня 2011 року в районі озера Ван (Турція)

Руйнівний землетрус у південно-східній провінції Туреччини Ван магнітудою 7.2, відбувся 23 жовтня 2011 року о 13 годині 41 хвилині за місцевим часом у 16 км на північний схід від міста Ван. Під час ЗТР загинуло 279 людей, 1 301 — поранено. Було зруйновано 2 262 будинки. Гіпоцентр цього землетрусу знаходився на глибині 20 км. Координати: 38.628° ПН. Ш., 43.486° СХ. Д. Перший афтершок магнітудою 4.9 цього ЗТР відбувся через 7 хвилин після основного підземного поштовху у 26 км на північний захід від оз. Ван. Гіпоцентр знаходився на глибині 2 км.

Другий афтершок магнітудою 4.8 за шкалою Ріхтера, було зафіксовано через 11 хвилин після основного землетрусу у 33 км на північний захід від озера на глибині 7 км. Самий потужний з афтершоків цього землетрусу мав магнітуду 6.0. Він відбувся 24 жовтня 2011 року о 20:45 GMT.

На рис. 4 наведено КЗ, знятий сенсором MODIS 18 жовтня 2011 року за 5 діб перед катастрофічним ЗТР.

На рис. 4 фіолетовим кольором обведено ЛАХ, зареєстровану сенсором MODIS 18 жовтня 2011 року за 5 діб перед катастрофічним землетрусом,

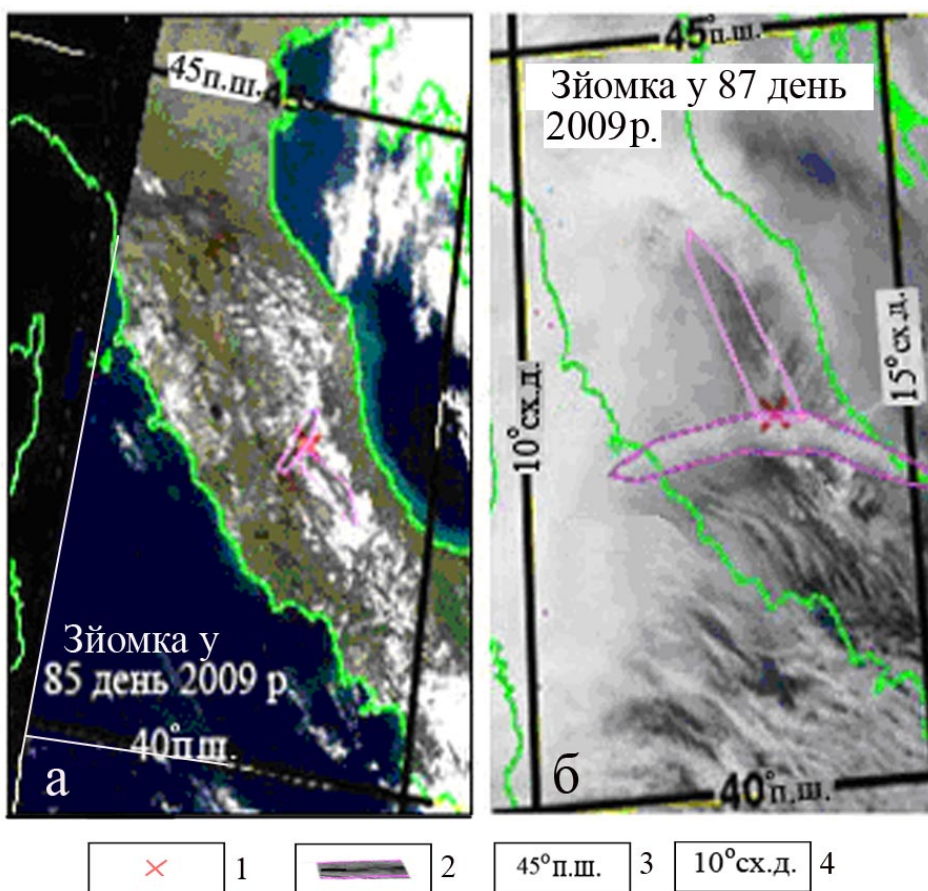


Рис. 2. Аномалії хмарності, зареєстровані сенсором MODIS у 85 і 87 дні 2009 року.
 1 — епіцентр землетрусу; 2 — аномалії хмарності; 3 — північна широта; 4 — східна довгота

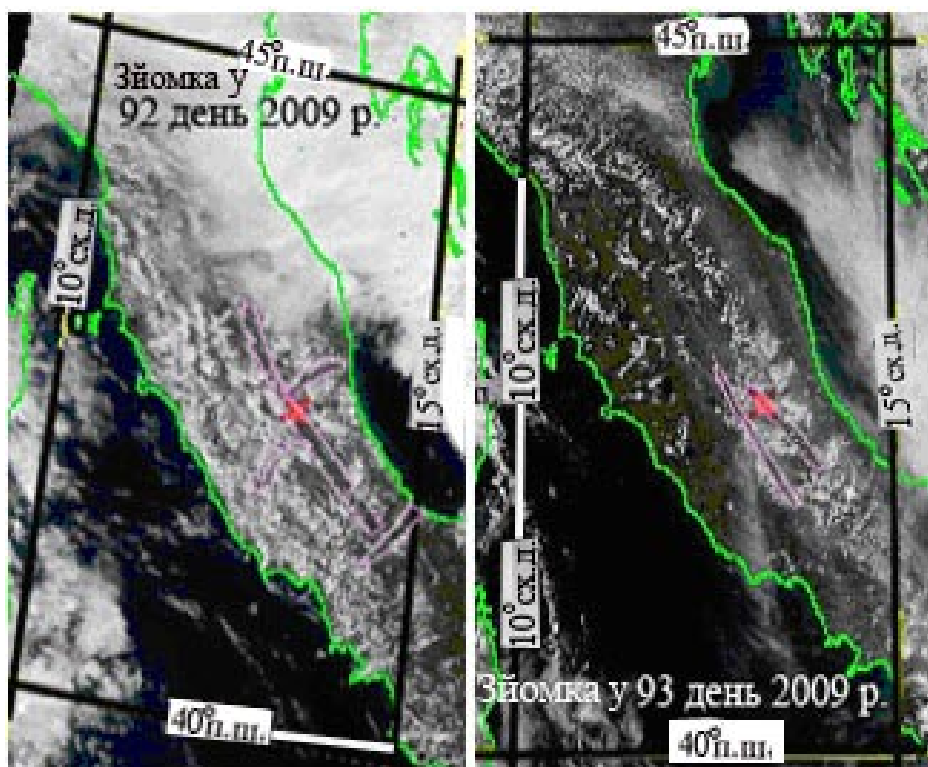


Рис. 3. Аномалії хмарності, зареєстровані сенсором MODIS у 92-й і 93-й дні 2009 р.
 Умовні позначення — див. рис. 2.

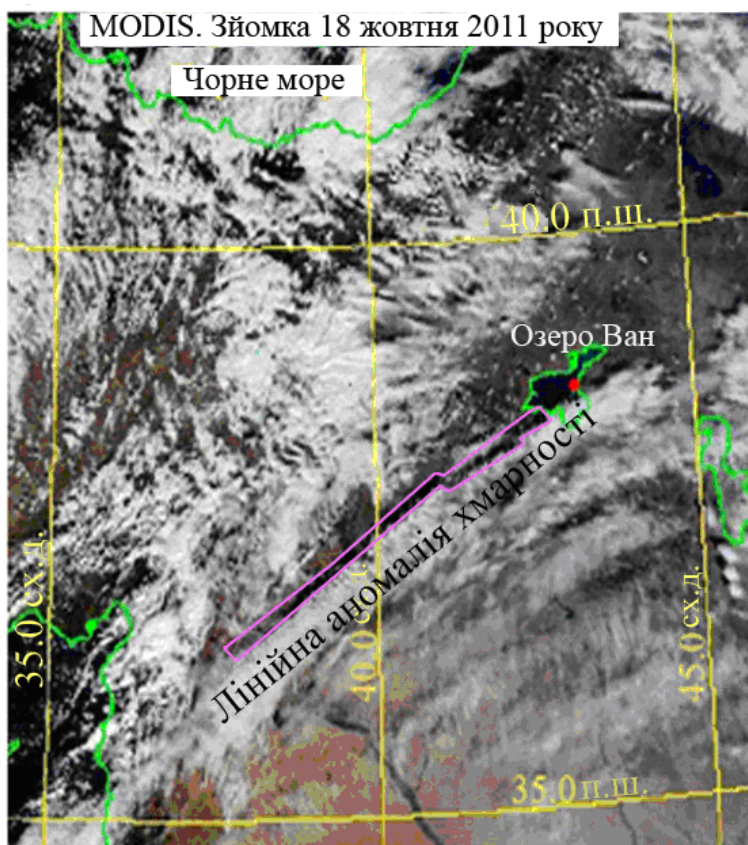


Рис. 4. Лінійна аномалія хмарності, зареєстрована супутниковим сенсором MODIS 18 жовтня 2011 року за 5 днів перед катастрофічним землетрусом у південно-східній частині Туреччини (в районі міста Ван). Умовні позначення — див. рис. 2.

напрямою якої орієнтований на місце катастрофічного землетрусу в районі міста Ван.

Як свідчать результати досліджень авторів у сейсмоактивних регіонах, ЛАХ спостерігаються на протязі до двох тижнів. Частіше ЛАХ проявляються за 3–7 днів перед сильними або катастрофічними землетрусами. Про це свідчать і результати вивчення ЛАХ в інших регіонах, зокрема перед рядом інших сильних землетрусів у Туреччині, а також перед катастрофічним ЗТР 11 березня 2011 року, який відбувся у Японії.

Супутниковий моніторинг з використанням метеорологічних супутників NOAA і TERRA (AQUA) для виявлення ЛАХ дозволяє прогнозувати сильні землетруси, що достатньо для оголошення і виведення населення з небезпечних районів можливих ЗТР.

Література

1. Мячкин В. И. Процессы подготовки землетрясений / В. И. Мячкин. М.: Наука, 1978. — 232 с.
2. Морозова Л. И. Спутниковый мониторинг землетрясений / Л. И. Морозова. Владивосток: Дальнаука, 2005. — 137 с.
3. Соболев Г. А. Основы прогноза землетрясений / Г. А. Соболев. М.: Наука, 1993. — 313 с.
4. Соболев Г. А. Физика землетрясений и предвестники / Г. А. Соболев, А. В. Пономарев. М.: Наука, 2003. — 270 с.
5. Zhonghao Shou. Earthquake clouds and short term prediction. Science and Utopya 65, page 34, November 1999 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.earthquakesignals.com/zhonghao296/A010720.html>. — Назва з екрану.

ПРОЯВЛЕНИЯ АНОМАЛИЙ ОБЛАЧНОСТИ НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПЕРЕД СИЛЬНЫМИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯМИ

А. И. Воробьев, В. И. Лялько, Т. А. Мельниченко, В. Н. Подорван

Выполнено изучение проявлений аномалий облачности на космических снимках сейсмоактивных регионов перед сильными землетрясениями, которые произошли 9 ноября 2002 года, 6 апреля 2009 года и 18 октября 2011 года в районах городов Анапа (Россия), Аквилла (Италия) и Ван (Турция).

Ключевые слова: очаг землетрясения, модель лавинно-неустойчивого образования трещин, проявления аномалий облачности космических снимках

DISPLAYS OF CLOUDS ANOMALIES ON THE SATELLITE IMAGES BEFORE STRONG EARTHQUAKES

A. I. Vorobiev, V. I. Ljalko, T. A. Melnichenko, V. M. Podorvan

Studying of clouds anomalies on the satellite images of seismoactive regions before strong earthquakes which have occurred accordingly on November, 9th, 2002, on April, 6th, 2009 and on October, 18th, 2011 in areas of the cities Anapa (Russia), Aqviilla (Italy) and Van (Turkey) is executed.

Keywords: a seismic centre, model of the avalanche -unstable formation of cracks, displays of clouds anomalies on the satellite images