

УДК 528.88:(550.348:001.18)

Можливість короткострокового прогнозу сильних землетрусів за матеріалами супутникових зйомок аномалій хмарності

А. І. Воробйов*, С. І. Голубов

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України", Київ, Україна

Для передбачення різкого зростання рівня сейсмічності і збереження життя багатьох людей найбільш важливим є короткостроковий прогноз потужних землетрусів. На сьогодні наука має певні досягнення у цій області. Одним з критеріїв короткострокового прогнозу є поява аномалій хмарності перед землетрусами.

У роботі наведені результати виявлення за допомогою супутникових зйомок лінійних аномалій хмарності, які спостерігались перед потужними землетрусами у Малій Азії. Використовувались архівні знімки, зареєстровані сенсором MODIS, який встановлений на метеорологічних супутниках AQUA і TERRA. Задача полягала в тому, щоб при відомих часі і місці землетрусу, провести аналіз хмарності на основі супутникових знімків, зареєстрованих у попередні дні з метою виявлення аномалій хмарності (зокрема лінійних), щоб визначити різницю у часі між появою аномалій хмарності і землетрусом.

Виявилось, що ця різниця у часі може бути різною, що очевидно пов'язано з геологічною будовою регіону. Наприклад, аномалії хмарності в районі міста Анапа (Росія) спостерігались перед сильним землетрусом (9 листопада 2002 року, магнітуда 4.4 бала) за 2 доби, а аномалії хмарності перед землетрусом 23 жовтня 2011 року, магнітуда 7.2 в районі озера Ван (Туреччина) почали спостерігатись за 10 діб перед ним, а найбільш чітка і протяжна лінійна аномалія хмарності спостерігалась за 5 діб перед цим землетрусом.

Ключові слова: землетруси, прогнозування, супутникові зйомки, аномалії хмарності, геологічна будова, дегазація, спектральні характеристики

© А. І. Воробйов, С. І. Голубов. 2018

Вступ

Катастрофічні землетруси останніх десятиліть привели до численних жертв і є викликом сучасній цивілізації. Припущення про те, що землетрус певної магнітуди відбудеться в певному місці в певний час (або в певному діапазоні часу), має дуже важливе значення. Незважаючи на значні зусилля сейсмологів, поки неможливо дати прогноз землетрусу з точністю до дня чи місяця і домогтися того, щоб запобіжні втрати стійко перевищували економічний збиток від помилкових тривог. Тому дослідження ознак прогнозу сильних землетрусів залишається актуальним питанням.

Для передбачення різкого зростання рівня сейсмічності і збереження життя багатьох людей найбільш важливим є короткостроковий прогнозу сильних землетрусів (ЗТР). На сьогодні наука має певні досягнення у цій області [1–12]. Одним з критеріїв короткострокового прогнозу є поява аномалій хмарності перед сильними землетрусами.

Аналіз спектральних характеристик сейсмогенних хмар, що трасують глибинні розломи, які, в свою чергу, є шляхами дегазації літосфери, показав [1], що в середині цих хмар спостерігаються локальні мінімуми вмісту вологи. При наявності над

активізованими розломами вологих метеорологічних хмар, в останніх утворюються розриви, обумовлені тим, що атмосферний пил попередньо "розібрали" метеорологічні хмари. В атмосфері над активізованими областями розвантаження літосферних флюїдів спостерігаються підвищені концентрації CO [1].

Актуальним є завдання розробки автоматизованої технології виділення сейсмогенних хмар. Є й інші можливості індикації літосферної дегазації — дешифрування локальних максимумів концентрацій CO та CH₄ в атмосфері над місцями розвантаження літосферних флюїдів за даними супутникового атмосферного зонда AIRS.

На Апшеронському півострові 19.10.2003 р. була зафіксована активізація грифонів. В атмосфері над грифонами було встановлено максимум вмісту CO, а 24.10.2003 р. відбувся землетрус. У дні спокійної літосферної діяльності таких максимумів концентрації CO звичайно не спостерігається. Над активізованими розломами в атмосфері утворюються локальні мінімуми вмісту водяної пари зі згустками сухого пилу. Якщо в районі були вологі метеорологічні хмари, то над розломами вони розсіюються.

Для прогнозу землетрусів актуальною є розробка нових методів дешифрування космічних знімків сейсмогенних хмар, що трасують активізовані розломи земної кори, через які здійснюється масове

* E-mail: vorobiev@casre.kiev.ua

розвантаження літосферних флюїдів. За даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) необхідно знайти відмінності сейсмогенних хмар від вологих метеорологічних хмар. У рамках вироблених критеріїв при відносній вологості хмар вище 75% хмари не можуть бути сейсмогенними структурами. Додатковими критеріями відмінності сейсмогенних і метеорологічних хмар є просторово-часові умови існування сейсмогенних хмар, тривалість життя яких становить десятки хвилин [1].

Лінійні аномалії хмарності, постановка проблеми

Поява лінійних аномалій хмарності (ЛАХ) за період часу від кількох діб до кількох годин до землетрусу дозволяє використовувати їх у якості одного із критеріїв короткострокового прогнозу. Зокрема, розмивання хмар над розломами часто спостерігається до верхніх рівнів тропосфери.

Морозова Л. І. вважає, що причиною появи ЛАХ (сейсмогенної аномальної хмарності, певною складовою якої є електромагнітне випромінювання) є електромагнітне випромінювання Землі у діапазоні гама-випромінювання [3–5]. На користь електромагнітного походження ЛАХ свідчать імпульсний характер збурювань атмосфери, утворення ЛАХ на відстанях від десятків до тисяч кілометрів від епіцентрів і коливання періоду часу існування ЛАХ від кількох годин до кількох діб. Появу ЛАХ на відстанях сотні кілометрів від епіцентрів пояснюють тим, що фізичні процеси, які відбуваються всередині Земної кулі, супроводжуються електромагнітними аномаліями, які спостерігаються на значних відстанях від епіцентрів землетрусів. Багаторічні спостереження підтверджують, що перед сильними землетрусами Середньої Азії спостерігалось зменшення хмарності у зонах розломів [3].

На думку авторів, утворення аномалій хмарності може відбуватись за рахунок значних потоків тепла, які, піднімаючись в атмосферу, розмивають хмарність і формують лінійно орієнтовані хмарні структури. При цьому на супутникових зображеннях Землі проявляються ознаки розтягування та підвищеної проникності земної кори, які є каналами вертикальної міграції глибинних флюїдів [4, 5].

Лінійно орієнтовані аномалії хмарності приурочені до геодинамічно активних зон розривних порушень, які проявляються у геофізичних полях [5] у вигляді підвищених градієнтів яскравості супутникових зображень. На основі проведених досліджень виявлено такі типи ЛАХ: гряда або ланцюг хмар, що переривається на фоні безхмарного неба; вузька зона розмивання хмарності посередині масивів хмарності (темного фотофону) на фоні дуже світлої області хмарності; лінія різкої зміни рисунку супутникового зображення області хмарності.

В районі майбутнього ЗТР за 4–10 днів до

сейсмічного поштовху можливий викид газу (гелію) в атмосферу, що також приводить до утворення аномалій хмарності [3].

Морозова Л. І. встановила кілька типів сейсмогенної хмарності [4–5]. Перший тип сейсмогенних хмар — це довга, тонка, одиночна хмара, змієподібної форми, яка попадає в поле зору після утворення й зміни переважаючого вітру. Цей тип утворюється з потужного процесу в розломі, де електричний імпульс, подібно тому як довга хмара паралельна розлому, простягається вздовж його довжини. Другий тип сейсмогенних хмар являє собою ряди менших за розмірами хмар, що виникли в результаті електричного розряду, які паралельні один одному, але простягаються перпендикулярно до розлому. Третій тип — це комплексна структура, що відображає геологічну структуру регіону.

Деякі вчені припускають, що тепло утворюється при терті порід у зонах глибинних розломів і є механізмом виникнення аномалій хмарності. Це тепло генерується протягом довгих періодів часу. За результатами лабораторних експериментів та фізичними моделями встановлено [8], що за рахунок тертя й руйнування породи в розломі може відбуватися підвищення температур до 1 500°C. При цьому вода просочується в малі тріщини, що формуються поблизу розлому. Результатом цього є механізм, який генерує і викидає нагріту вологу, що утворює лінійну хмарність над сейсмоактивними розломами.

Характерним є короткий час існування сейсмогенних хмар. Наприклад, за даними візуального запису Zhonghao Shou і Darrell Harrington [12] у районі Northridge (Каліфорнія) сейсмогенна хмара проіснувала лише 35 хвилин. Це свідчить про можливість пропуску сейсмогенних хмар, що знижує вірогідність прогнозу ЗТР. У провінції Вам (Китай) сейсмогенна хмара з'явилася о 2:00 20 грудня 2003 року, хоча на отриманому за 2 години до цього знімку цієї ж території (в 0:00) аномальної хмарності не спостерігалось. За даними Zhonghao Shou (1999) типовий інтервал часу існування сейсмогенних хмар становить від півгодини до 10 годин [12, 13]. Шляхом використання даних багаторазових зйомок різними супутниками можна підвищити ймовірність виявлення аномалій хмарності.

Вимоги до матеріалів ДЗЗ

Частота покриття зйомками

Для виявлення аномалій хмарності можна використовувати зображення, отримані супутниками NOAA і EOS (сенсором MODIS). Група КА серії NOAA дозволяють реєструвати за добу 4–5 супутникових зображень одного і того ж регіону, тобто інтервал між зйомками становить 5–6 годин. У інфрачервоному діапазоні він забезпечує просторове розріз-

нення 1.1 км. Можливість виявлення аномалій хмарності залежить також від часу її існування у атмосфері. Метеорологічні супутники EOS Terra і Aqua (із сенсором MODIS) забезпечують один знімок за добу, що може приводити до пропусків сейсмогенної хмарності.

Вимоги до просторового розрізнення супутникових зображень

Зрозуміло, що чим вища просторова розрізненість (і менше розмір піксела), тим вище буде точність визначення положення вогнища землетрусу. Але супутники, які мають високе просторове розрізнення, покривають зйомками малі площі, а також мають високу вартість. Тому оптимальним є використання супутників із просторовою розрізненістю не більше 100–200 м. Використання матеріалів супутникових зйомок середньої просторової розрізненості типу Landsat (їх розрізненість складає 30 м) ускладнюється тим, що повторні зйомки території одним КА відбуваються через 16 діб.

Причини пропусків і можливі помилки прогнозу ЗТР за аномаліями хмарності

Завдання малих вікон по площі або за часом може приводити до пропусків у реєстрації сейсмогенних хмар. Тому для того щоб задавати достатньо великі “вікна” можна використовувати результати ретроспективного аналізу сейсмологічних даних. Близьке розташування аномалій хмарності може приводити до помилок у прогнозі землетрусів. Можливий варіант, коли за довжиною аномалії хмарності прогнозується один потужний землетрус, а відбудеться кілька близько розташованих ЗТР із меншою магнітудою.

Територія дослідження

Авторами даної роботи проведено дослідження проявів лінійних аномалій хмарності перед сильними землетрусами у ряді регіонів (Мала Азія, Кавказ). Зокрема, вивчено прояви лінійних аномалій хмарності перед землетрусом, який відбувся 9 листопада 2002 р. в районі міста Анапа (Росія). За каталогом NEIC Геологічної служби США магнітуда цього землетрусу становила 4.6 бала за шкалою Ріхтера, а координати епіцентру цього землетрусу — 45.003 градусів північної широти і 37.768 градусів східної довготи, глибина гіпоцентру — 10 км.

Було досліджено два сильних землетруси в районі озера Ван, перший з яких відбувся 23 жовтня 2011 року у південній частині озера, а другий — 9 листопада 2011 року у північній частині цього озера (в районі міста Ercis). А також сильний землетрус 8 березня 2011 року у Туреччині.

Отримані результати

Лінійні аномалії хмарності (ЛАХ) перед землетрусом 6 листопада 2002 року в районі міста Анапа

Для представленого дослідження були використані супутникові зображення сенсора MODIS, зареєстровані за дві доби (6 листопада 2002 року) і за три доби (7 листопада 2002 року) перед землетрусом, який відбувся 9 листопада 2002 р. в районі міста Анапа (Росія). На рисунку 1А і 1Б наведено географічно прив'язані фрагменти зображень, на яких колом червоного кольору показано положення епіцентру цього землетрусу, а стрілками білого кольору показано положення трьох лінійних аномалій хмарності у вигляді кількох темних смуг.

Лінійні аномалії хмарності (ЛАХ) перед катастрофічним землетрусом 23 жовтня 2011 року в районі озера Ван (Туреччина)

Руйнівний землетрус у південно-східній турецькій провінції Ван магнітудою 7.2, відбувся 23 жовтня 2011 року в 13 годин 41 хвилину за місцевим часом у 16 км на північний схід від Вана (рис. 2). Гіпоцентр цього землетрусу знаходився на глибині 20 км. Через 7 хвилин після основного підземного поштовху відбувся перший афтершок магнітудою 4.9 у 26 км на північний захід від міста, гіпоцентр якого знаходився на глибині 20 км. Другий афтершок відбувся через 11 хвилин після основного землетрусу магнітудою 4,8, в 33 км на північний захід від озера Ван на глибині 7 км. Самий потужний з афтершоків цього землетрусу магнітудою 6.0 відбувся 24 жовтня 2011 року в 20:45 (по UTC). У містах Van і Ercis було зруйновано 2 262 будинки, 80 з них — багатопверхових.

На рис. 2 представлено карту Малої Азії, де зазначено положення епіцентрів двох сильних землетрусів в районі озера Ван, перший з яких відбувся 23 жовтня 2011 року у південній частині озера, а другий — 9 листопада 2011 року у північній частині цього озера (в районі міста Ercis). Ця карта свідчить, що цей катастрофічний землетрус відбувся недалеко від Північно-Анатолійського розлому.

На рис. 3 наведено більш детальні карти з положенням епіцентрів трьох землетрусів.

На трьох космічних знімках (КЗ) (рис. 4) спостерігається різний характер зображень. На КЗ, зареєстрованому 13 жовтня, за 10 діб перед землетрусом, видно потужний нерівномірний розмив хмарності, на КЗ від 16 жовтня, за 7 діб перед землетрусом, на південному сході від озера Ван спостерігається ряд відносно коротких аномалій, а на КЗ від 18 жовтня, за 5 діб перед землетрусом, спостерігається одна лінійна аномалія значної довжини.

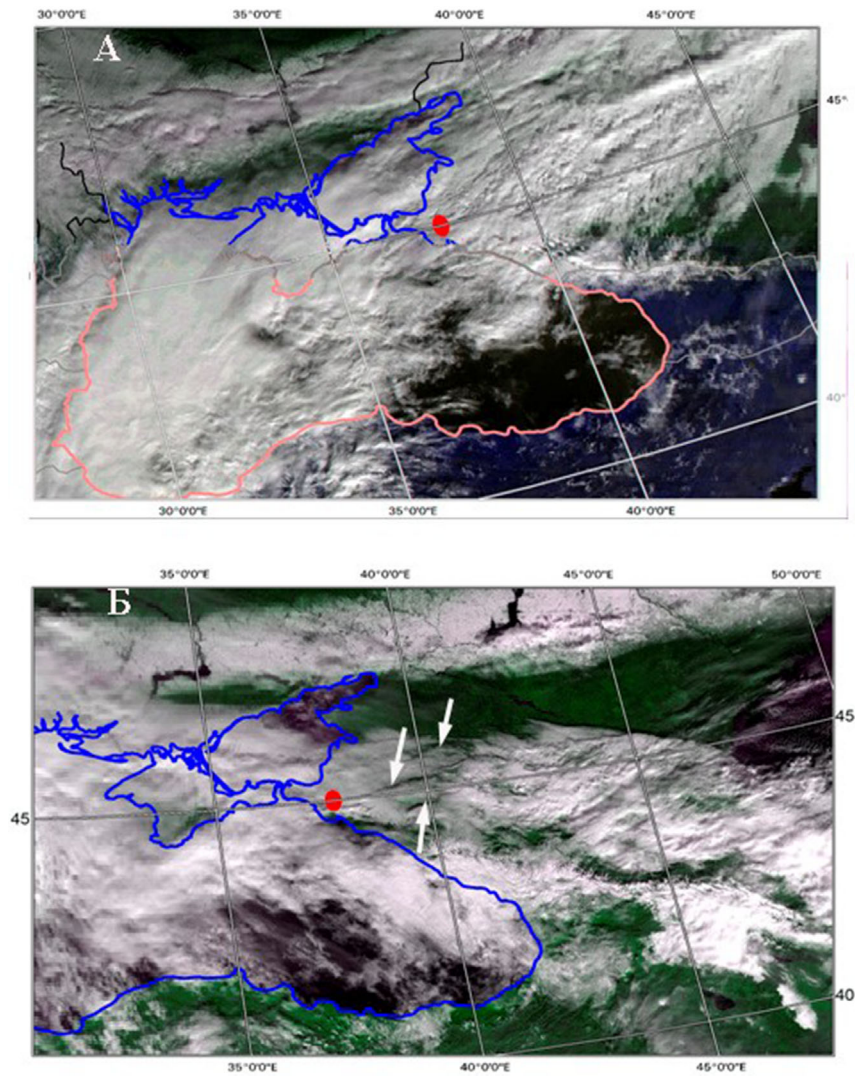


Рис. 1. А — супутникове зображення сенсора MODIS від 7 листопада 2002 р., отримане за три доби до землетрусу в районі м. Анапа (Росія), який відбувся 9 листопада 2002 року. Положення епіцентру землетрусу показано колом червоного кольору; Б — супутникове зображення сенсора MODIS від 6 листопада 2002 р., отримане за дві доби до землетрусу. Знімок свідчить про можливість утворення кількох різних за розмірами аномалій які можуть бути зареєстровані за дві доби перед сильним землетрусом

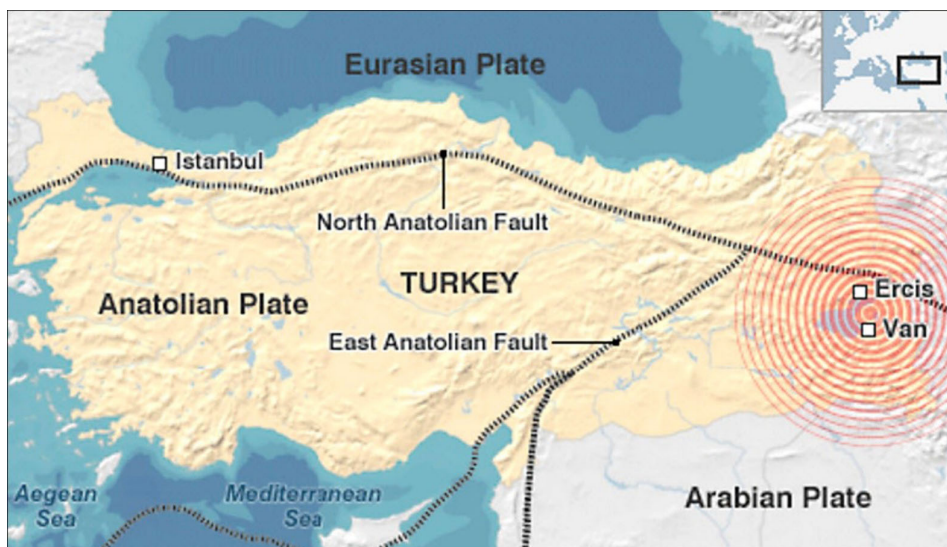


Рис. 2. Епіцентри ЗТР в районі озера Ван (показані прямокутниками)

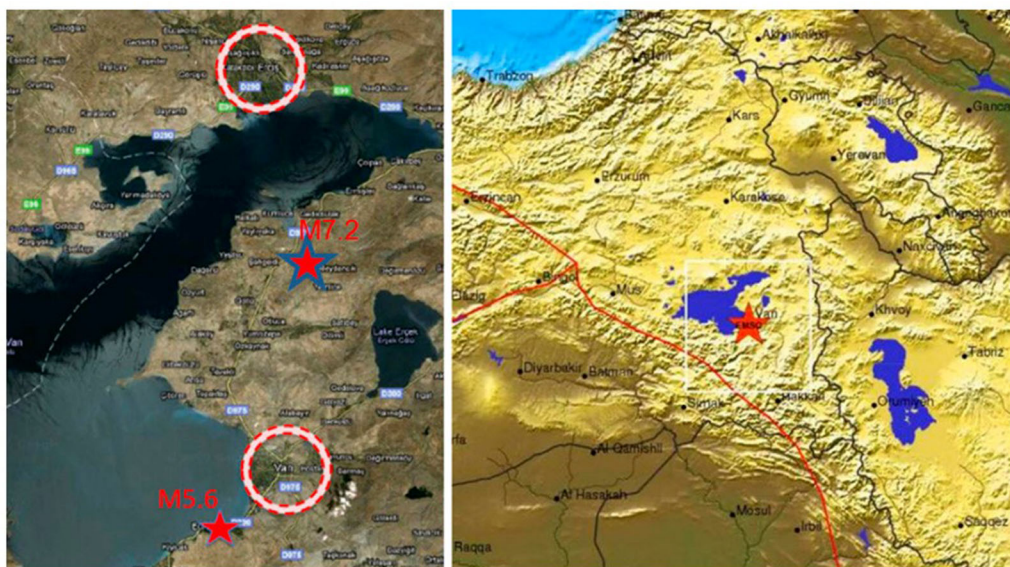


Рис. 3. Карта району озера Ван. Зірками показано положення потужних ЗТР

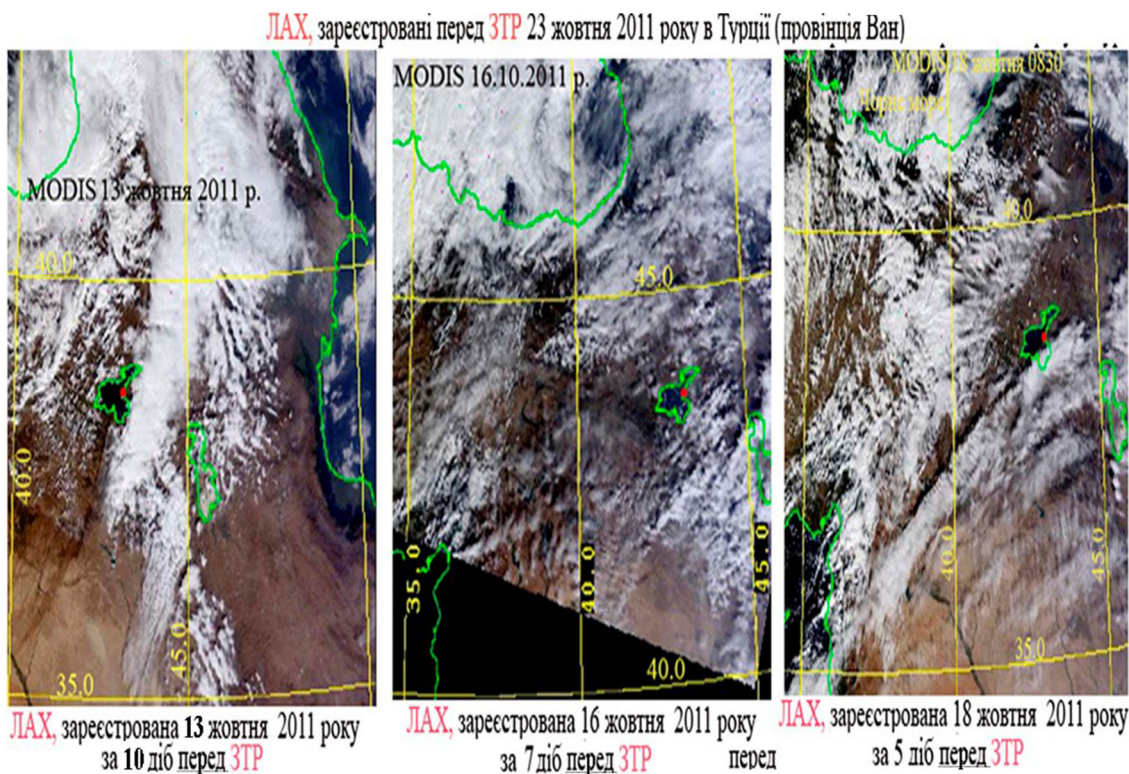


Рис. 4. Лінійні аномалії хмарності, зареєстровані супутниковим сенсором MODIS перед катастрофічним землетрусом 23 жовтня 2011 року в південно-східній частині Туреччини (в районі озера Ван)

ЛАХ перед катастрофічним землетрусом 8 березня 2011 року у Туреччині

На рис. 5 представлено супутникові зображення, зареєстровані сенсором MODIS. Виділено прояви лінійних аномалій хмарності, які спостерігались перед сильним землетрусом 8 березня 2011 року у Туреччині. Зіркою чорного кольору показано положення епіцентру ЗТР.

Обговорення результатів

Різниця у часі між появою сейсмогенної хмарності і ЗТР

Землетрус 26.12.2003 р. у районі провінції Ван (Китай) — затримка між появою хмар і землетрусом складала 60 днів [13]. За даними Морозової Л. І. і за результатами досліджень авторів у Малій Азії та

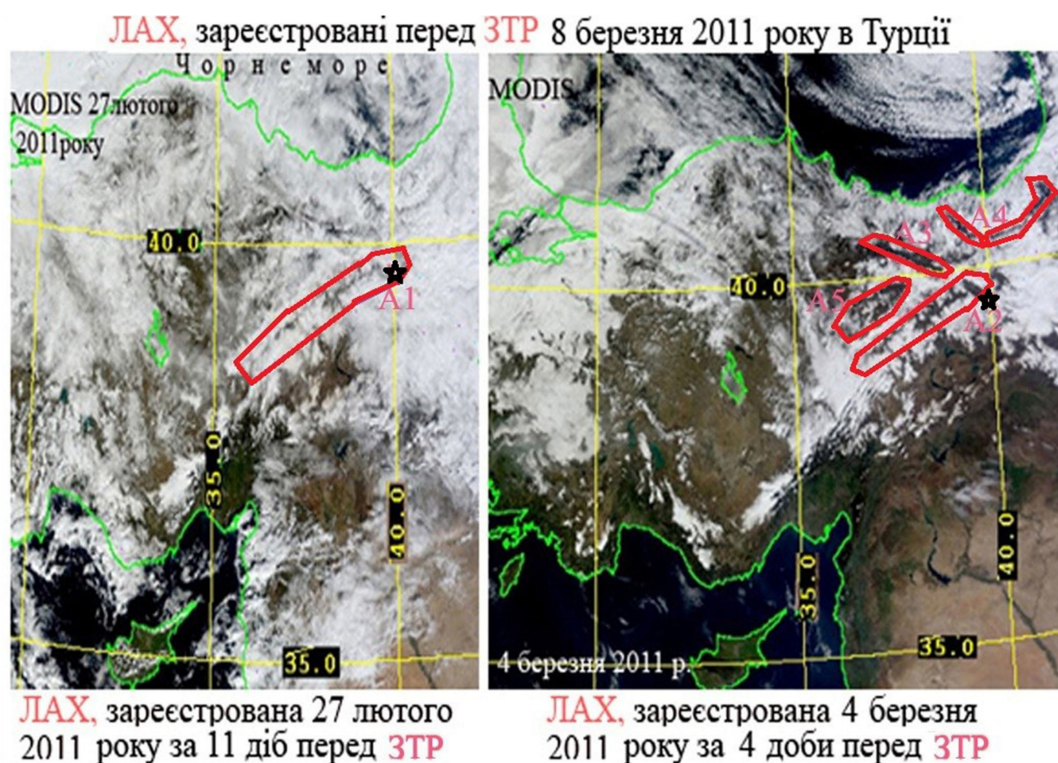


Рис. 5. Прояви лінійних аномалій хмарності перед сильним землетрусом 8 березня 2011 року у Туреччині

інших регіонах ця затримка складає від 1 до 7 діб [2–5, 11]. Зокрема, на прикладі землетрусу в районі Анапи 9 листопада 2002 року встановлено, що аномалії хмарності можуть спостерігатись за дві доби перед землетрусом.

На прикладі землетрусу в районі озера Ван показано, що прояви аномалії хмарності почали спостерігатись вже за 10 діб, але тільки за 5 діб утворилась чітка протяжна аномалія. На думку авторів різниця у часі між утворенням аномалій хмарності і потужним землетрусом залежить від тектонічної будови регіону. Супутниковий моніторинг хмарності протягом близько місяця, дозволяє більш достовірно виявити аномалії хмарності і прогнозувати за ними землетрус. Але при цьому важливо встановити ту аномалію, яка попереджує землетрус, а не очікувати наступну, яка буде ініційована афтершоком.

Висновки

Результати досліджень представлених у статті, свідчать про високі потенційні можливості супутникового моніторингу аномалій хмарності для короткострокового прогнозу катастрофічних землетрусів, що в комплексі з класичними методами може значно підвищити вірогідність прогнозу. За період проведення досліджень розроблена методика і технологія просторово-часового аналізу параметрів землетрусів на основі спеціально розроблених програм.

Література

1. Люшвин П. В. Спектральные характеристики сейсмогенных облаков. *Исследование Земли из космоса*. 2009. № 2. С. 19–27.
2. Лялько В. І., Воробйов А. І., Шульга В. І. Особливості використання матеріалів космічних зйомок Землі для прогнозування землетрусів. *Доповіді НАН України*. — 2005. № 9. С. 107–113.
3. Морозова Л. И. Спутниковый мониторинг. Владивосток: Дальнаука, 2005. 136 с.
4. Морозова Л. И. Проявление геодинамической активности земной коры в облачных полях. 2012. Т. 53. № 4. С. 541–550.
5. Морозова Л. И. Облачные предвестники землетрясения в Турции 23 октября 2011 года. *Наука и технологические разработки*. 2011. Т. 90. № 4. С. 38–48.
6. Haicheng Earthquake Study Delegation. Prediction of the Haicheng earthquake. *Eos* 58, 1977. P. 236–272.
7. Shi H. X., Cai Z. H., Gao M. X. Anomalous migration of shallow groundwater and gases in the Beijing region and the 1976 Tangshan earthquake. *Acta Seismologica Sinica*. 2. № 1. P. 55–64 (in Chinese).
8. Spray J. G. A physical basis for the frictional melting of some rock — forming minerals. *Tectonophysics*. 1992. 204. P. 205–221.
9. Swanson M. T. Fault structure, wear mechanisms and rupture processes in pseudotachylite generation. *Tectonophysics*. 1992. 204. P. 223–242.

10. The Central Weather Bureau of Taiwan. URL: <http://www.cwb.gov.tw/V4e/index.htm>.
11. Vorobiev A. I., Lyalko V. I., Podorvan V. N., Shulga V. I. Assessment of the magnitude for the large earthquakes using the anomaly cloudiness parameters from satellite images. BOOK OF ABSTRACTS of the European Seismological Commission, 19–24 August 2012 in Moscow, Russia. P. 196–197.
12. Zhonghao Shou, Darrell Harrington. Earthquake Prediction Center. 500E 63rd 19K, New York, NY 10021. UPL: <http://quake.exit.com>.
13. Zhonghao Shou. Rearthquake clouds and short term prediction. *Published in Science and Utopya*. 1999. 64. P. 53–57 (in Turkish).
5. Morozova L. I. (2011). Cloud harbingers of earthquake in Turkey October 23, 2011. *Nauka i tekhnologicheskie razrabotki*, vol. 90, no. 4. pp. 38–48. (in Russian).
6. Haicheng Earthquake Study Delegation. *Prediction of the Haicheng earthquake* (1977). *Eos* 58, pp. 236–272.
7. Shi H. X., Cai Z. H., Gao M. X. (1976). Anomalous migration of shallow groundwater and gases in the Beijing region and the 1976 Tangshan earthquake. *Acta Seismologica Sinica*, 2, no. 1. pp. 55–64. (in Chinese).
8. Spray J. G. (1992). A physical basis for the frictional melting of some rock — forming minerals. *Tectonophysics*, 204, pp. 205–221.
9. Swanson M. T. (1992). Fault structure, wear mechanisms and rupture processes in pseudotachylite generation. *Tectonophysics*, 204, pp. 223–242.

References

1. Lyushvin P. V. (2009). Spectral characteristics of seismogenic clouds. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, no. 2, pp. 19–27. (in Russian).
2. Lyalko V. I. (2005). Features of using space exploration materials for predicting earthquakes. *Dopovidi NAN Ukrainy*, no. 9, pp. 107–113. (in Ukrainian).
3. Morozova L. I. (2005). Satellite monitoring. Vladivostok, Dalnauka, 136 p. (in Russian).
4. Morozova L. I. (2012). Manifestation of geodynamic activity of the earth's crust in cloud fields. *Geologiya i geofizika*, vol. 53, no. 4, pp. 38–48. (in Russian).
10. The Central Weather Bureau of Taiwan. URL: <http://www.cwb.gov.tw/V4e/index.htm>.
11. Vorobiev A. I., Lyalko V. I., Podorvan V. N., Shulga V. I. Assessment of the magnitude for the large earthquakes using the anomaly cloudiness parameters from satellite images. BOOK OF ABSTRACTS of the European Seismological Commission, 19–24 August 2012 in Moscow, Russia. pp. 196–197.
12. Zhonghao Shou, Darrell Harrington. Earthquake Prediction Center. 500E 63rd 19K, New York, NY 10021. UPL: <http://quake.exit.com>.
13. Zhonghao Shou (1999). Rearthquake clouds and short term prediction. *Published in Science and Utopya*, 64, pp. 53–57. October 1999. (in Turkish).

ВОЗМОЖНОСТЬ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ СПУТНИКОВЫХ СЪЕМОК АНОМАЛИЙ ОБЛАЧНОСТИ

А. И. Воробьев, С. И. Голубов

Для предсказания резкого роста уровня сейсмичности и сохранения жизни многих людей наиболее важным является краткосрочный прогноз сильных землетрясений. Сегодня наука имеет определенные достижения в этой области. Одним из критериев краткосрочного прогноза появление аномалий облачности перед сильными землетрясениями. В работе приведены результаты выявления с помощью спутниковых съемок линейных аномалий облачности, которые наблюдались перед сильными землетрясениями в Малой Азии. Использовались архивные снимки, зарегистрированные сенсором MODIS, который установлен на метеорологических спутниках AQUA и TERRA. Задача заключалась в том чтобы при известных времени и месте сильного землетрясения, провести анализ облачности на спутниковых снимках, зарегистрированных в предыдущие дни с целью выявления аномалий облачности (в частности линейных), чтобы определить разницу во времени между появлением аномалий облачности и сильным землетрясением.

Оказалось, что эта разница во времени может быть разной, что очевидно связано с геологическим строением региона. Например, аномалии облачности в районе города Анапа (Россия) наблюдались перед сильным землетрясением (9 ноября 2002 года, магнитуда 4.4 балла) за 2 суток, а аномалии облачности перед землетрясением 23 октября 2011, магнитуда 7.2 в районе озера Ван (Турция) начали наблюдаться за 10 суток перед ним, а наиболее четкая и протяженная линейная аномалия облачности наблюдалась за 5 суток до этого землетрясения.

Ключевые слова: землетрясения, прогнозирование, спутниковые съемки, аномалии облачности, геологическое строение, дегазация, спектральные характеристики

A POSSIBILITY OF THE SHORT-TERM STRONG EARTHQUAKES FORECASTING ON MATERIALS OF CLOUDINESS ANOMALIES SATELLITE SURVEYS

A. I. Vorobiev, S. I. Golubov

For a prediction of sharp growth of seismicity level and preservation of many people life the most important the short-term forecast of strong earthquakes (ZTR) is the appearance of cloudiness anomalies before strong earthquakes. Today the science has certain achievements in this area.

One of criteria of the short-term forecasting is emergence of cloudiness anomalies before strong earthquakes. Results of identification by means of satellite surveys of linear anomalies of cloudiness which were observed before strong earthquakes in

Asia Minor are given in work. The archival images registered by a sensor of MODIS which is established on the meteorological AQUA and TERRA satellites were used. The task consisted in that at the known time and the place of a strong earthquake, to carry out the analysis of cloudiness in the satellite images registered in previous days for the purpose of detection of cloudiness anomalies (in particular linear) to define time difference between emergence of anomalies of cloudiness and a strong earthquake. It turned out that this time difference is obviously connected with a geological structure of the region. For example, cloudiness anomalies near the city of Anapa (Russia) were observed before a strong earthquake (on November 9, 2002, the magnitude of 4.4 points) in 2 days, and cloudiness anomalies before an earthquake on October 23, 2011, magnitude 7.2 near the lake Van (Turkey) began to be observed in 10 days before earthquake, and the most accurate and extended linear cloudiness anomaly was observed in 5 days prior to this earthquake.

Keywords: earthquakes, forecasting, satellite images, anomaly of cloudiness, geological structure, decontamination, spectral characteristics