



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 92022

(13) U

(51) МПК

G01V 1/46 (2006.01)

G01V 1/48 (2006.01)

G01V 1/50 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки:	u 2014 01987	(72) Винахідник(и):	Щербіна Сергій Валентинович (UA)
(22) Дата подання заявки:	27.02.2014	(73) Власник(и):	Щербіна Сергій Валентинович,
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель:	25.07.2014		пр. Академіка Палладіна, 32, м. Київ-142, 03680 (UA)
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.07.2014, Бюл.№ 14		

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ СЕЙСМІЧНИХ ПОДІЙ**(57) Реферат:**

Спосіб прогнозування небезпечних сейсмічних подій, який складається з вимірювання параметрів динаміки зміни рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань і працює в автоматизованому програмно-комп'ютерному комплексі, причому автоматизовані програмні комплекси розрахунків параметрів небезпечних сейсмічних подій неперервно отримують через інтернет інформацію про мікросейсмічні хвилі з усіх трьох каналів кожної міжнародної сейсмостанції групи прогнозу, виконують автоматичне розділення цієї інформації по кожному каналу окремо, розраховують спектральне перетворення Фур'є у тому діапазоні частот, який пов'язаний з максимальним рівнем мікросейсмічних коливань на даний час при спостереженні часового процесу підготовки небезпечних сейсмічних явищ і діапазон якого задають в конфігураційному файлі роботи цього програмного комплексу, зберігають результати розрахунку у окремому місці, яке зв'язано з кожним каналом міжнародної сейсмостанції, переносять розраховане тимчасове значення кумулятивного спектра в інше окреме місце для кожного каналу станції для його накопичення відповідно до тих максимальних значень, які задають в конфігураційному файлі стартових значень параметрів для проведення математичних розрахунків при старті усіх частин програмного комплексу, в якому за допомогою автоматизованої системи бази даних накопичених реальних землетрусів проводять аналіз зміни рівня значень кумулятивного спектра кожного каналу міжнародної сейсмостанції і за допомогою аналізу розрахунку якого попередньо визначають час проявлення реального землетрусу.

UA 92022 U

Корисна модель належить до області короткочасного прогнозування землетрусів, а саме до автоматизованої системи розрахунку необхідних параметрів для попередньої оцінки сейсмічної небезпеки у будь-якій точці земної кулі та розрахунку параметрів небезпечних сейсмічних подій з магнітудою не менш ніж 5,0. Ця модель прогнозування землетрусів може використовуватись у

5

таких країнах, де виконання робіт по оцінці сейсмічної небезпеки взагалі не проводиться або фінансово дуже обмежено.

Корисна модель може використовуватись для сучасних способів оцінки сейсмічної небезпеки, автоматизованих систем мікросейсмічних спостережень та розрахунку координат і часу реалізації землетрусів, що готуються. Завдяки використанню міжнародної автоматизованої

10

системи отримання та аналізу сейсмічних записів [1] з широко розташованих сейсмічних станцій у всьому світі організації "The USGS Earthquake Hazards Program National Earthquake Hazards Reduction Program" (NEHRP) [2], розроблена автоматизована програмна система математичного спектрального Фур'є аналізу отриманих мікросейсмічних записів для конкретних пунктів розташування сейсмічних станцій. Мікросейсмічні записи усіх міжнародних широкосмугових сейсмостанцій надходять в Інтернет безперервно, що дозволяє робити попередній розрахунок необхідних просторо-часових параметрів для прогнозування землетрусів.

В Україні був розроблений науково сучасний спосіб математичного прогнозування землетрусів на базі аналізу просторо-часового руху дельта-солітонів [3]. В основі цієї моделі

20

лежить гіпотеза про виникнення землетрусів як результат взаємодії певних хвиль-генераторів (δ-солітонів) з областями накопичення сейсмічної енергії, аналогічно як в теорії D-хвиль Ш.А. Губермана. Було показано, що такі хвилі грають роль "спускового механізму" землетрусів. Наукова стаття і динамічне графічне зображення цього сучасного математичного способу прогнозування японського відомого землетрусу 11 березня 2011 року представлені тут: [4].

Недоліки цього способу пов'язані з неможливістю його використання для прогнозування будь-яких небезпечних землетрусів при розташуванні просторо-часових початкових значень параметрів попередніх форшоків для розрахунку координат підготовлюваного основного землетрусу при глибині попередніх більш ніж 40-45 кілометрів.

25

Існує найбільш відомий спосіб прогнозування землетрусів останнього часу, який також

30

заснований на різного типу математичних аналізах мікросейсмічних коливань за достатньо

35

довгий період часу [5]. Цей спосіб довгострокового прогнозування землетрусів заснований на

40

спільній обробці результатів вимірювань контрольних параметрів, отриманих в режимі

реального часу від декількох пунктів вимірювань, що покривають всі сейсмоактивні регіони Японії. Недоліком цього способу є те, що прогнозний моніторинг ситуації виконується тільки в

одному сейсмонебезпечному регіоні - японських островах в регіоні від 30° до 46° пн.ш. і від 128° до 146° с.д. Оскільки в даному прогностичному регіоні є тільки одна локальна мережа пунктів

вимірювання контрольних параметрів, то і дослідження низькочастотних довготривалих мікросейсмічних коливань, що характеризують процеси підготовки землетрусу в земній корі,

пов'язані тільки з одною сейсмічно активною зоною - Японією. У разі підготовки та реалізації

сильного землетрусу з магнітудою більше 7,0 в іншій сейсмоактивній зоні (Румунія, Кавказ, Турція, Сибір та ін.) цей моніторинг не може працювати принципово.

Відомі також і інші способи прогнозування землетрусів, які суттєво відрізняються від

запропонованого по сенсу фізики прогностичного параметру і його інтерпретації [6], по методах

математичного аналізу вхідних параметрів, та по обмеженості їх використання [3], або інші

способи прогнозування землетрусів, які були розроблені та запатентовані достатньо давно [8, 9, 10].

Як прототип вибрано найбільш близький до корисної моделі спосіб короткочасного

прогнозування землетрусів [7], в якому на протязній вимірювальній базі встановлюють два

рознесених в просторі вимірювальних пункти. Кожен вимірювальний пункт містить по два

заглиблених в ґрунт датчики, розміщених у взаємно ортогональних площинах. Осі чутливості

датчиків по осі абсцис орієнтовані по напрямку бази. Реєструють сейсмічний фон у вигляді

дискретних цифрових відліків амплітуд сигналів. Обчислюють одномоментні спектри Фур'є

ортогональних сигналів для кожного вимірювального пункту. Окрім того, він дозволяє

експериментально вимірювати закономірність зміни середнього періоду сейсмічного фону на

інтервалі звукових і інфразвукових хвиль, з екстраполяцією виявленої закономірності на так

званий інтервал "затишшя" перед сейсмічним ударом.

Прототип має наступні недоліки:

1. Він складається тільки з тих сейсмостанцій, які рознесені в просторі на протязі вимірювальної бази Камчатського геофізичного полігону РАН. Використання такої обмеженої системи станцій сейсмічних спостережень для прогнозування землетрусів не дозволяє

60

достатньо точно знайти тектонічно-активну обмежену область, в якій готується землетрус. В процесі готування дуже міцних землетрусів з магнітудою більш ніж 8,0 розмір площі території процесу тектонічних деформацій може бути достатньо великим і досягати понад 1200-2300 квадратних кілометрів, що перевищує розмір площі розташування дослідних сейсмостанцій.

Таким чином, така просторова обмеженість області розташування сейсмічних прогнозних станцій не дозволяє з високою точністю зробити розрахунок координат землетрусів, що готуються. Запропонована у даній корисній моделі міжнародна система спостережень мікросейсмічних коливань розташована майже по всій поверхні Землі у найбільш тихих місцях, де присутні тільки природні довгоперіодні мікросейсмічні хвилі.

2. Спектральний контроль сейсмічного фону у цьому прототипі виконується тільки в звуковому і інфразвуковому діапазонах, де можна втратити попереджуючий прогноз землетрусів під час проходження динамічного процесу циклону або антициклону повітря за період спостережень через дану точку спостереження, оскільки ці атмосферні явища мають аналогічний діапазон частот від 180-200 Гц до інфразвукового діапазону (частки Гц).

3. В цьому способі немає автоматизованих систем спостережень сейсмічного процесу наземними засобами, оскільки реєстрація сигналів з періодами одиниці і десятки секунд в ньому відсутня. Дана апаратура дуже дорога і випускається тільки в США. У корисній моделі, що патентується, використовується інформація з американських сейсмометрів із смугою пропускання сейсмічних сигналів в діапазоні від 20 Гц до 100 секунд. Це є моделі сейсмометрів STS-2/VBB [11], з яких дані передаються через Інтернет (Фіг. 1).

4. Для розрахунку спектра Фур'є дискретних сигналів використовується стандартний комплект програм спеціалізованого програмного забезпечення MATHCAD. При використанні досить великої за обсягом інформації комп'ютерної системи отримання даних з сервера SeedLink [11] за допомогою модулів seedlink2ew програмного сейсмологічного комплексу Earth Worm [1] для аналізу мікросейсмічних записів з 15-20 міжнародних станцій [12] необхідний спеціалізований автоматичний програмний комплекс для аналізу мікросейсмічних записів і розрахунку часу і місця сейсмічної події, що готується. Це забезпечує підняття рівня оцінки ймовірності зв'язку змін спектра Фур'є дискретних сигналів з реалізацією сейсмічної події.

5. Відсутня спеціалізована автоматизована база даних сейсмічних подій будь-якого типу, в якій можна знаходити попередні землетруси і зберігати міцні сейсмічні події, що вже трапились, що важливо для набору статистики і аналізу параметрів землетрусів, що використовувались для прогнозування і тими, що вже трапились. Довгочасне статистичне порівняння таких реальних і розрахованих прогнозних параметрів дозволить довести систему автоматизованого прогнозування до більш вищого рівня ймовірності прогнозування землетрусів.

Задачею створення корисної моделі є прогнозування землетрусів на базі просторово-часового кумулятивного спектрального аналізу інтенсивності рівня коливань мікросейсмічних хвиль, отриманих з міжнародних широкосмугових сейсмічних станцій [12], яке досягається завдяки використанню автоматизованої комп'ютерної системи отримання їх мікросейсмічних записів, яка komponується з програмних комплексів збору, аналізу та обробки накопичених записів мікросейсмічних хвиль для отримання координат та магнітуди землетрусів, що готуються, і що дозволяє забезпечити високоякісну оцінку сейсмічної небезпеки у будь-яких відомих напрямках проведення цих робіт для усіх країн, що розташовані у зонах підвищеної сейсмічності або навколо них.

Основними особливостями такого автоматизованого способу кумулятивного спектрального аналізу мікросейсмічних коливань для прогнозування землетрусів є те, що записи мікросейсмічних вібрацій сейсмоактивних тектонічних структур землі реєструються за допомогою високоякісних широкосмугових міжнародних сейсмічних станцій STS-2/VBB, з яких дані передаються через Інтернет [11]. Оскільки така система працює постійно і безперервно, практично без участі людини, це забезпечує достатньо низьку вірогідність пропуску моменту прогнозування землетрусів. Розв'язання поставленої задачі розрахунку часу реалізації землетрусу досягається шляхом використання цифрової фільтрації записів мікросейсмічних хвиль в обмеженому діапазоні максимумів значень спектрів Фур'є, які досягають цих екстремальних параметрів під час отримання сейсмічних записів з тих місць, де готуються землетруси.

Запропонована корисна модель автоматизованого програмного комплексу способу прогнозування землетрусів на базі кумулятивного спектрального аналізу мікросейсмічних записів складається на базі такої формули:

$$SMA_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} p_{t-i} = \frac{p_t + p_{t-1} + \dots + p_{t-i} + \dots + p_{t-n+2} + p_{t-n+1}}{n},$$

де: SMA_t - значення простого змінного середнього значення кумулятивного спектра в точці часу;

t , n - кількість значень спектра мікросейсмічних хвиль для розрахунку його змінного середнього, чим ширше згладжує інтервал, тим більш плавним виходить графік функції кумулятивного спектра;

P_{t-i} - значення спектра мікросейсмічних хвиль у точці часу $t-i$.

Суть математичного рішення використання змін значень амплітуд кумулятивного спектрального аналізу мікросейсмічних записів для прогнозування землетрусів. Накопичення спектра записів мікросейсмічних коливань та їх усереднення дозволяє ліквідувати вклади тимчасових періодів коливань випадкових мікросейсмічних, або коливань іншої природи (техногенних, штормових, місячно-сонячних), що не пов'язані з критичним станом сейсмотектонічної деформації та процесом динаміки зони накопичення напружень того землетрусу, де він готується. В процесі його накопичення та усереднення залишаються тільки найбільш основні за своєю природою результати спектрального аналізу природних мікросейсмічних коливань.

Основні відмінності та переваги запропонованої корисної моделі прогнозування землетрусів за допомогою кумулятивних спектрів мікросейсмічних коливань від прототипу є наступними:

- використання широкосмугових і високочутливих міжнародних сейсмічних станцій STS-2/VBB [11], [12], які розташовані у оптимальних підібраних тектонічно активних та пасивних місцях усього світу і реєструють мікросейсмічні коливання будь-якої природи, у тому числі і ті, що пов'язані з процесами критичної деформації тих тектонічних зон, де готуються землетруси;

- спектральний контроль мікросейсмічного фону за допомогою його акумуляції, що показує часові зміни саме тих первинних періодів мікросейсмічних коливань, які відображають процеси підготовки землетрусів (Фіг. 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 15, 16);

- наявність спеціалізованої сейсмологічної автоматизованої MySQL бази даних для збереження та аналізу координат, часу та магнітуди землетрусів, що трапляються у будь-якій точці земної кулі, і що проводить автоматизоване накопичення сейсмічних подій будь-якого типу і що виконує порівняльний аналіз параметрів спрогнозованого землетрусу з тим, що трапився;

- комп'ютерний автоматизований програмний комплекс для кумулятивного спектрального аналізу коливань мікросейсмічних хвиль, що є необхідним для реалізації можливості відсутності пропуску прогнозування землетрусу під час відсутності будь-якого персоналу, що повинен підтримувати роботу цього комплексу вручну.

Дослідний зразок корисної моделі програмного автоматизованого комплексу для прогнозування землетрусів на базі кумулятивного спектрального аналізу мікросейсмічних хвиль виконано на базі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України у відділі сейсмічної безпеки (м. Київ).

Тестові випробування програмного автоматизованого комплексу для корисної моделі прогнозування землетрусів на базі кумулятивного спектрального аналізу мікросейсмічних хвиль проводились за допомогою Інтернет-ресурсу Державного підприємства Науково-телекомунікаційного центру "Українська академічна і дослідницька мережа" ІФКС НАН України "УАРНЕТ" [13] і комп'ютерних комплексів відділу сейсмічної безпеки Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України. Це виконувалось шляхом отримання та накопичення мікросейсмічних записів за допомогою програмного комплексу збору неперервних сейсмічних записів з міжнародного центру USGS [11] за допомогою програмного комплексу отримання записів Earth Worm [1]. Окрім того, в листопаді 2013 року було розроблено повністю автоматизоване програмне забезпечення для проведення розрахунків кумулятивних спектральних аналізів записів мікросейсмічних хвиль, отриманих з різних сейсмічних станцій USGS [11], розташованих по широкій площі усього світу. Просторова структура цих станцій показана на мапі міжнародних сейсмічних станцій [12] (Фіг. 1).

Технічні результати проведених тестових випробувань корисної моделі прогнозування землетрусів у вигляді результатів роботи програмного автоматизованого комплексу представлені в Таблиці. Вони були досягнуті на базі використання кумулятивного спектрального аналізу мікросейсмічних хвиль і свідчать про високу його функціональність і надійність при неперервним використанні цієї корисної моделі для забезпечення вирішення важливих питань по сейсмічній безпеці у будь-якій країні. Для розвинених країн, таких як Японія або США, такий новий спосіб оцінки сейсмічної безпеки фактично дозволить вирішити питання безпеки для землетрусів з $M > 8$, де безпека від сейсмічних подій з $M < 8$ компенсується сейсмостійким будівництвом. Небезпечний вплив землетрусів з $M = 5-7$ на будівлю для тих країн, (Італія, Греція, Туреччина, Румунія, Україна), може бути теж вирішено таким чином. Використання цієї корисної моделі для країн (Гаїті, Монголія та ін.), де майже зовсім відсутні

сучасні підходи для оцінки сейсмічної небезпеки, дозволить забезпечити зберігання усіх основних природних, технічних та житлових ресурсів цих країн.

Таблиця

Загальні параметри землетрусів та їх магнітуда, часовий прогноз яких пов'язаний зі змінами рівня мікросейсмічних хвиль. Землетруси відсортовані по магнітуді

N	ОПИС ПАРАМЕТРІВ ЗЕМЛЕТРУСІВ	Час підготовки (годин)	Номер Фіг.
1	2010-10-18 08:02 6.58S 153.72E M5.0 NEW BRITAIN REGION P.N.G.	24-26	Фіг. 4, 5
2	2010-11-03 02:51 40.43N 26.30E M5.3 WESTERN TURKEY	26-28	Фіг. 10, 11
3	2013-10-06 01:37:21 45.64N 26.69E M5.4 ROMANIA	26-28	Фіг. 14, 15, 16, 17
4	2010-10-20 04:09 24.75N 109.06W M5.7 GULF OF CALIFORNIA	28-30	Фіг. 6, 7
5	2010-11-05 16:40 12.84N 123.11E M5.8 MASBATE REGION PHILIPPINES	28-30	Фіг. 10, 11
6	2010-10-20 04:15 24.59 N 109.16W M5.9 GULF OF CALIFORNIA	30-32	Фіг. 6, 7
7	2010-10-30 15:18 56.63S 142.60W M6.3 PACIFIC ANTARCTIC RIDGE	34-38	Фіг. 8, 9
8	2009-10-08 02:12 11.60S 166.14E M6.6 SANTA CRUZ ISLANDS	38-42	Фіг. 2, 3
9	2012-02-26 06:17 51.78N 96.05E M6.8 SOUTH WESTERN SIBERIA RUSSIA	42-48	Фіг. 12, 13

5 Фіг. 1. Карта розташування сейсмічних станцій організації "The USGS Earthquake Hazards Program" з сейсмометрами STS-2/VBB із смугою пропускання сейсмічних сигналів в діапазоні від 20 Гц до 100 секунд.

Фіг. 2. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу ALZ київської станції UK15 перед землетрусом 2009-10-08 02:12 11.60S 166.14E M6.6 SANTA CRUZ ISLANDS.

10 Фіг. 3. Карта епіцентру землетрусу 2009-10-08 02:12 11.60S 166.14E M6.6 SANTA CRUZ ISLANDS.

Фіг. 4. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу HHZ київської станції IGPH перед землетрусом 2010-10-18 08:02 6.58S 153.72E M5.0 NEW BRITAIN REGION P.N.G.

15 Фіг. 5. Карта епіцентру землетрусу 2010-10-18 08:02 6.58S 153.72E M5.0 NEW BRITAIN REGION P.N.G.

Фіг. 6. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу HHZ київської станції IGPH перед двома землетрусами:

20 2010-10-20 04:09 24.75N 109.06W M5.7 GULF OF CALIFORNIA

2010-10-20 04:15 24.59N 109.16W M5.9 GULF OF CALIFORNIA

Фіг. 7. Карта епіцентру землетрусу 2010-10-20 04:15 24.59N 109.16W M5.9 GULF OF CALIFORNIA.

25 Фіг. 8. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу HHZ київської станції IGPH перед землетрусом 2010-10-30 15:18:38 56.63S 142.60W M6.3 PACIFIC ANTARCTIC RIDGE.

Фіг. 9. Карта епіцентру землетрусу 2010-10-30 15:18:38 56.63S 142.60W M6.3 PACIFIC ANTARCTIC RIDGE.

30 Фіг. 10. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу HHZ київської станції IGPH перед двома землетрусами:

A. 2010-11-03 02:51 40.43N 26.30E M5.3 WESTERN TURKEY

B. 2010-11-05 16:40 12.84N 123.11E M5.8 MASBATE REGION PHILIPPINES

Фіг. 11. Карти епіцентрів землетрусів:

A. 2010-11-03 02:51 40.43N 26.30E M5.3 WESTERN TURKEY

B. 2010-11-05 16:40 12.84N 123.11E M5.8 MASBATE REGION PHILIPPINES.

Фіг. 12. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу BHZ макарівської станції KIEV перед землетрусом 2012-02-26 06:17 51.78N 96.05E M6.8 SOUTHWESTERN SIBERIA RUSSIA.

5 Фіг. 13. Карта епіцентру землетрусу 2012-02-26 06:17 51.78N 96.05E M6.8 SOUTHWESTERN SIBERIA RUSSIA.

Фіг. 14. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу BHZ американської станції COR перед землетрусом 2013-10-06 01:37:21 45.64N 26.69E M5.4 ROMANIA.

10 Фіг. 15. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу BHN румунської станції MLR перед землетрусом 2013-10-06 01:37:21 45.64N 26.69E M5.4 ROMANIA.

15 Фіг. 16. Зміна рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань каналу BHZ якутської станції YAK перед землетрусом 2013-10-06 01:37:21 45.64N 26.69E M5.4 ROMANIA.

Фіг. 17. Карта епіцентру землетрусу 2013-10-06 01:37:21 45.64N 26.69E M5.4 ROMANIA.

Джерела інформації:

1. Міжнародна система отримання сейсмічних записів. <http://folkworm.ceri.memphis.edu/ew-doc/modules.html>.

20 2. The USGS Earthquake Hazards Program "National Earthquake Hazards Reduction Program" (NEHRP). 2014. <http://www.nehrp.gov/>.

3. Турбал Ю.В. МEGУ им. акад. Степана Демьянчука, г. Ровно, Украина. Номер патенту No63026, u201102262, 25.02.2011.

25 4. Турбал Ю.В. Способ прогнозирования землетрясений на основании Солитонных "спусковых механизмов" <http://seismo.kiev.ua/DeltaSoliton01.html>. 2012.

5. Любушин А.А. Способ прогнозирования сейсмического события. WO 2012161606 A1, Nov 29, 2012 A1.

6. Elchin Nusrat Ogly Khalilov. Способ прогнозирования землетрясений и устройство для него. Jul 4, 2013. WO 2013096997 A1.

30 7. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга "АЭРОКОСМОС" (RU), Способ краткосрочного прогнозирования землетрясений. Патент РФ № 2458362, від 10.08.2012, <http://www.freepatent.ru/patents/2458362>. (Прототип).

35 8. Method of imminent earthquake prediction by observation of electromagnetic field and system for carrying out the same. Номер патента US 5694129 A. Dec 2, 1997, Inventors-Yukio Fujinawa, Kozo Takahashi.

9. Seismic activity predictor including a dielectric for receiving precursor seismic electromagnetic waveforms. Номер патенту US 5742166 A, Apr 21, 1998. Inventor Larry Park.

40 10. Method of determining an earthquake's epicentre co-ordinates and the moment at which the earthquake starts. Номер патенту WO 1996007936 A1, Mar 14, 1996, Inventor-V.N. Berezin.

11. Seismic network operations. U.S. Geological Survey. 2014. <http://earthquake.usgs.gov/monitoring/operations>.

12. Карта міжнародних сейсмічних станцій організації USGS. 2014. <http://seismo.kiev.ua/GoogleMap/FrcSeismicStation/GoogleMapFrcCumSpcl2012.html>.

45 13. "Українська академічна і дослідницька мережа" ІФКС НАН України "УАРНЕТ", 2014. (<http://www.uar.net/about/about-uarnet/>).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

50 Спосіб прогнозування небезпечних сейсмічних подій, який складається з вимірювання параметрів динаміки зміни рівня амплітуди кумулятивного спектра хвиль мікросейсмічних коливань і працює в автоматизованому програмно-комп'ютерному комплексі, який **відрізняється** тим, що автоматизовані програмні комплекси розрахунків параметрів небезпечних сейсмічних подій неперервно отримують через інтернет інформацію про

55 мікросейсмічні хвилі з усіх трьох каналів кожної міжнародної сейсмостанції групи прогнозування, виконують автоматичне розділення цієї інформації по кожному каналу окремо, розраховують спектральне перетворення Фур'є у тому діапазоні частот, який пов'язаний з максимальним рівнем мікросейсмічних коливань на даний час при спостереженні часового процесу підготовки небезпечних сейсмічних явищ і діапазон якого задають в конфігураційному файлі роботи цього

60 програмного комплексу, зберігають результати розрахунку у окремому місці, яке зв'язано з

- кожним каналом міжнародної сейсмостанції, переносять розраховане тимчасове значення кумулятивного спектра в інше окреме місце для кожного каналу станції для його накопичення відповідно до тих максимальних значень, які задають в конфігураційному файлі стартових значень параметрів для проведення математичних розрахунків при старті усіх частин програмного комплексу, в якому за допомогою автоматизованої системи бази даних накопичених реальних землетрусів проводять аналіз зміни рівня значень кумулятивного спектра кожного каналу міжнародної сейсмостанції і за допомогою аналізу розрахунку якого попередньо визначають час проявлення реального землетрусу.



Фіг. 1

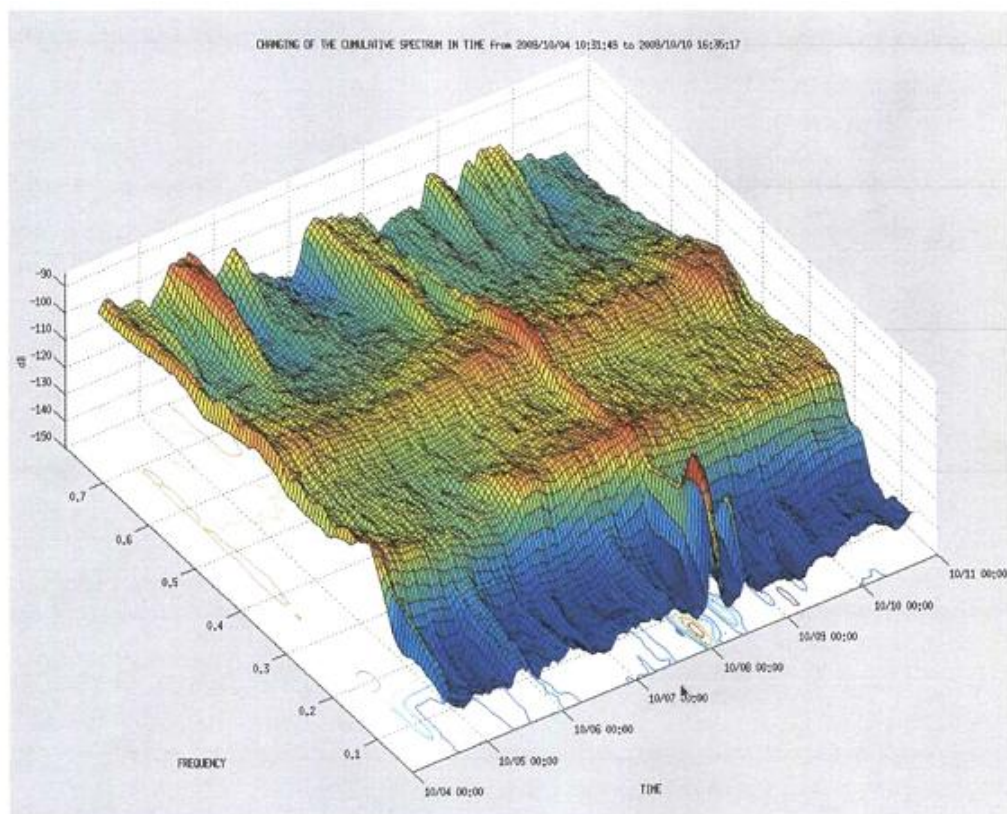


Fig. 2

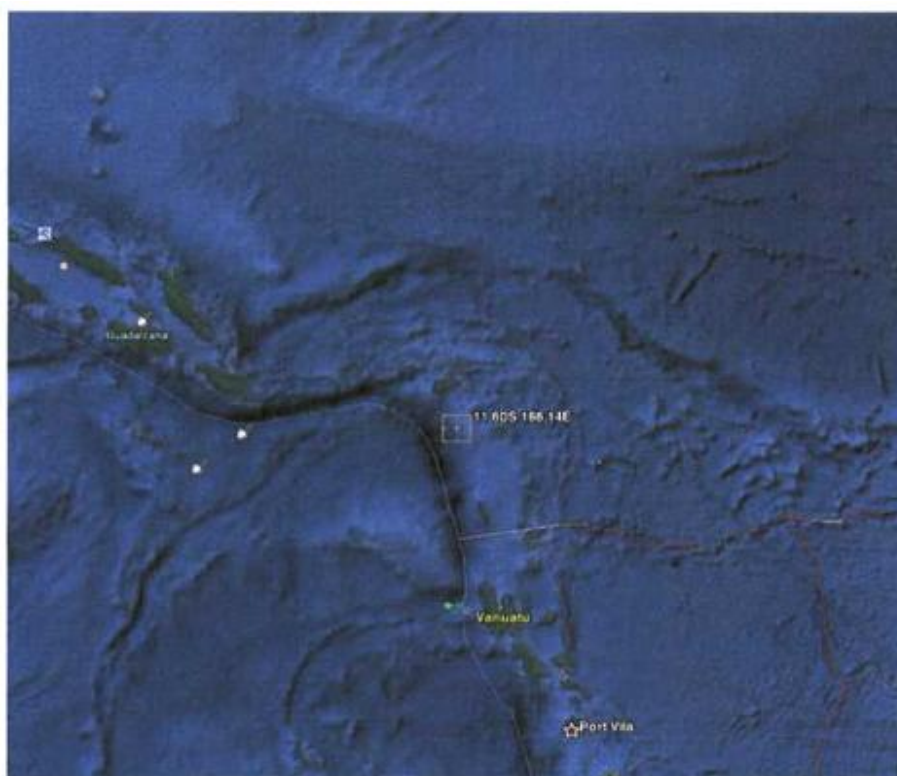
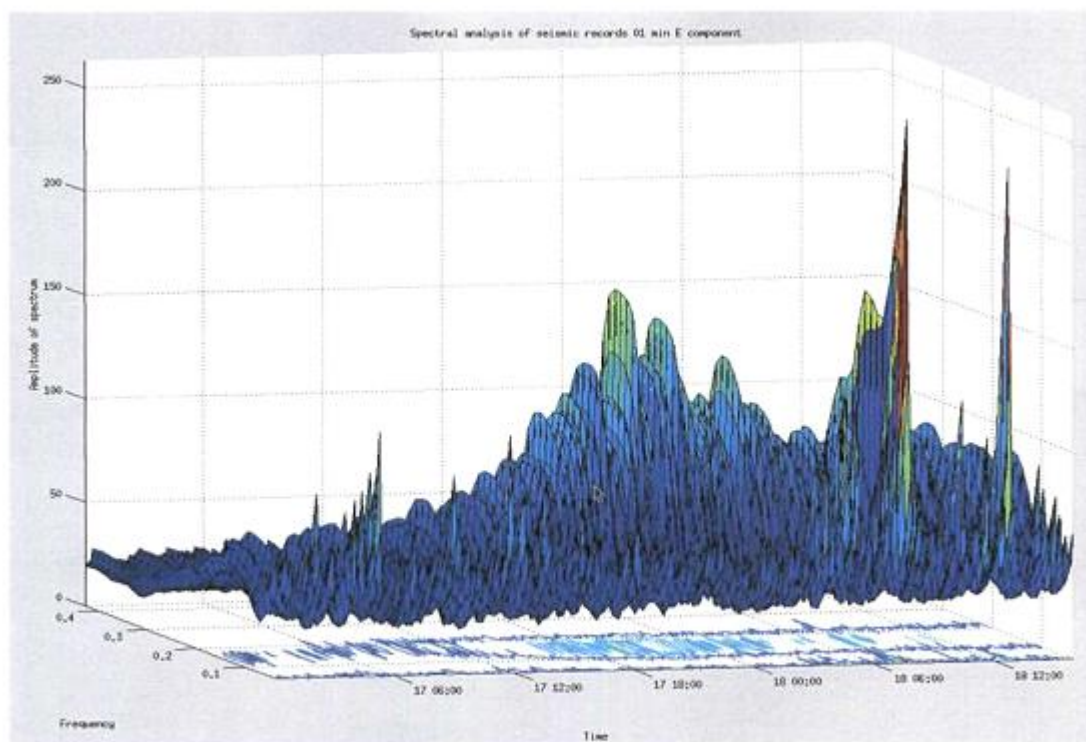


Fig. 3



Фир. 4



Фир. 5

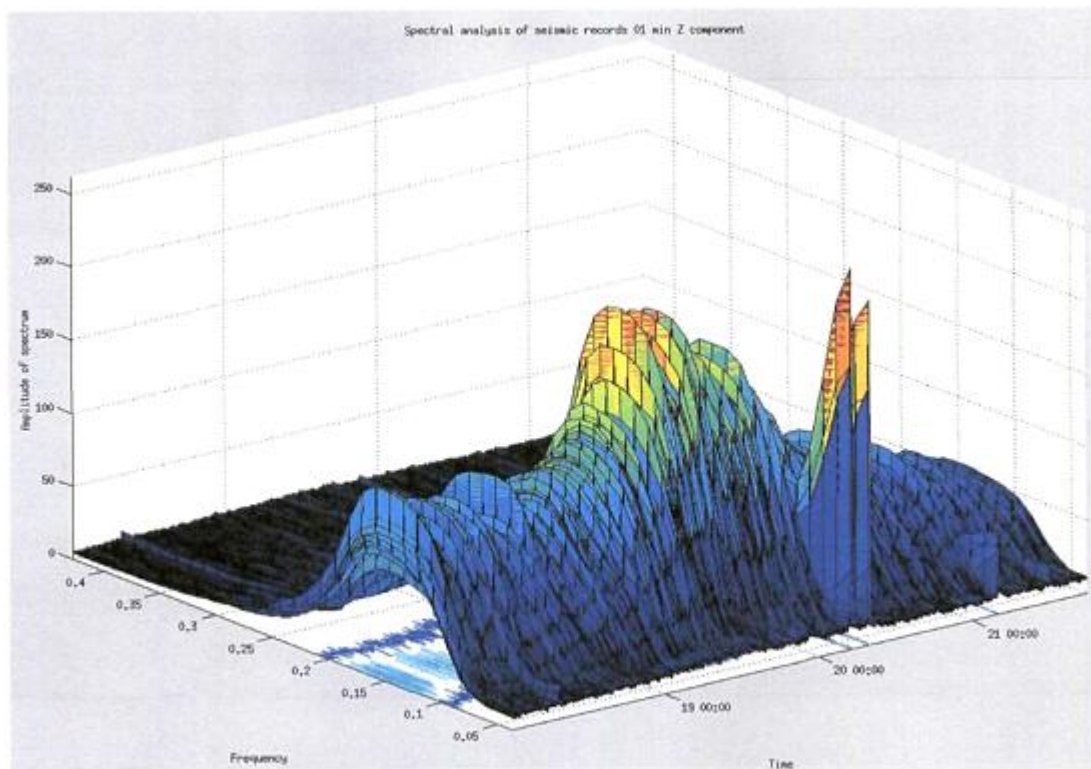


Fig. 6



Fig. 7

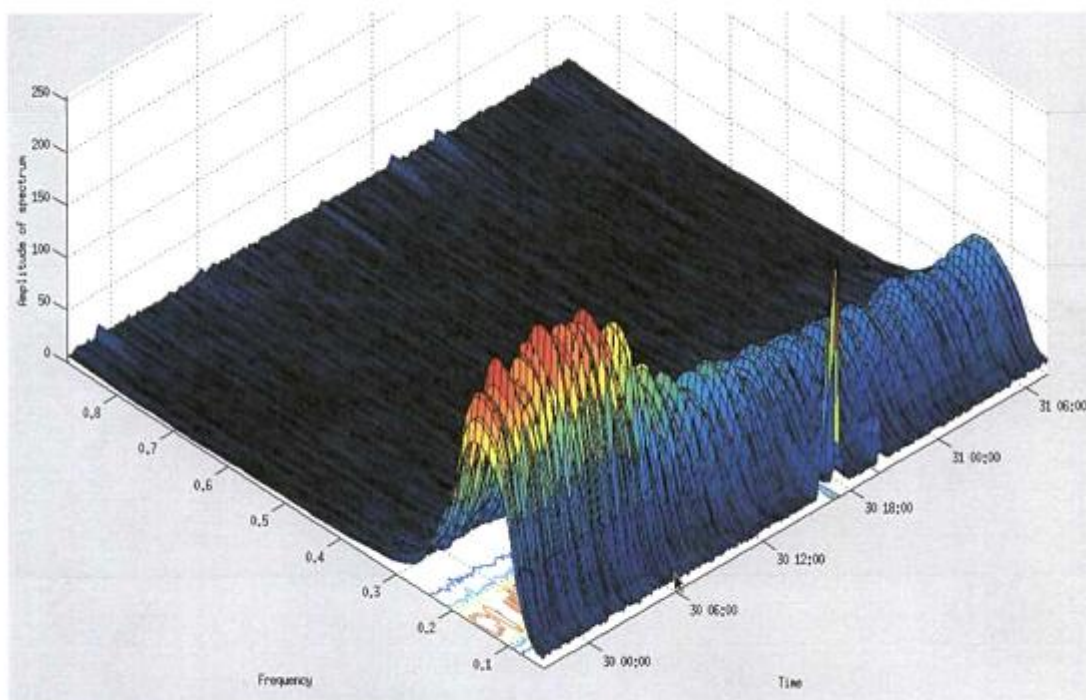


Fig. 8



Fig. 9

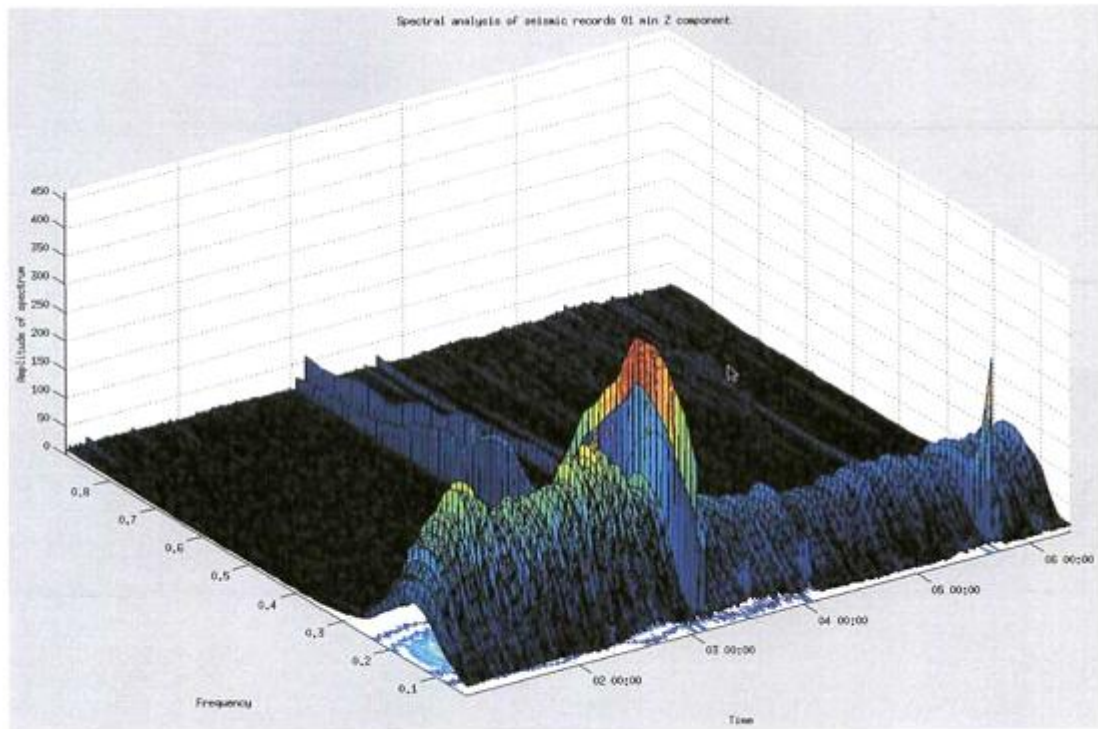


Fig. 10

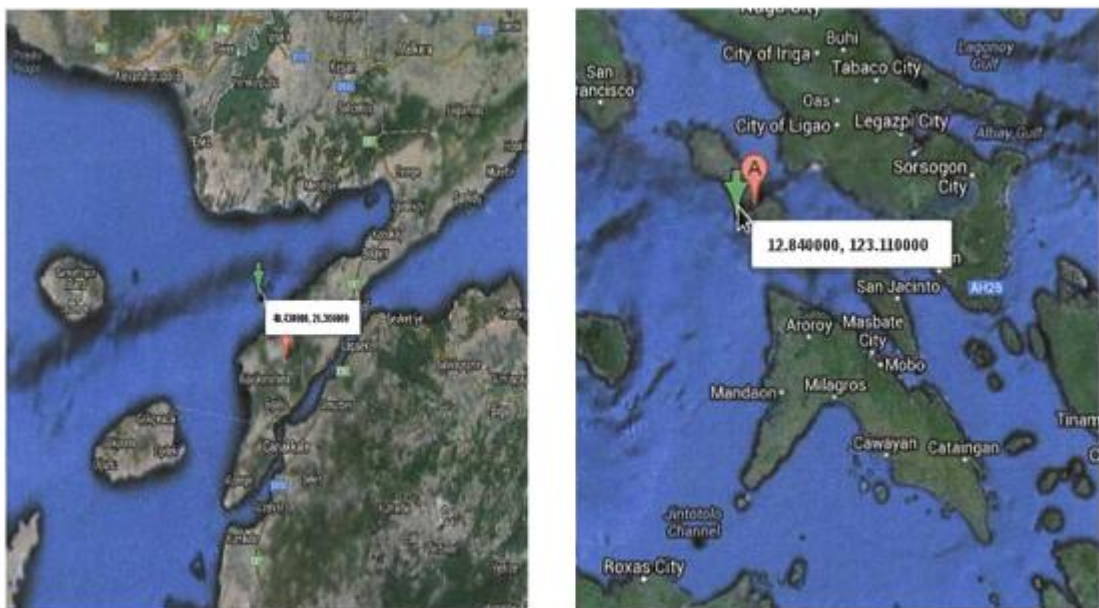
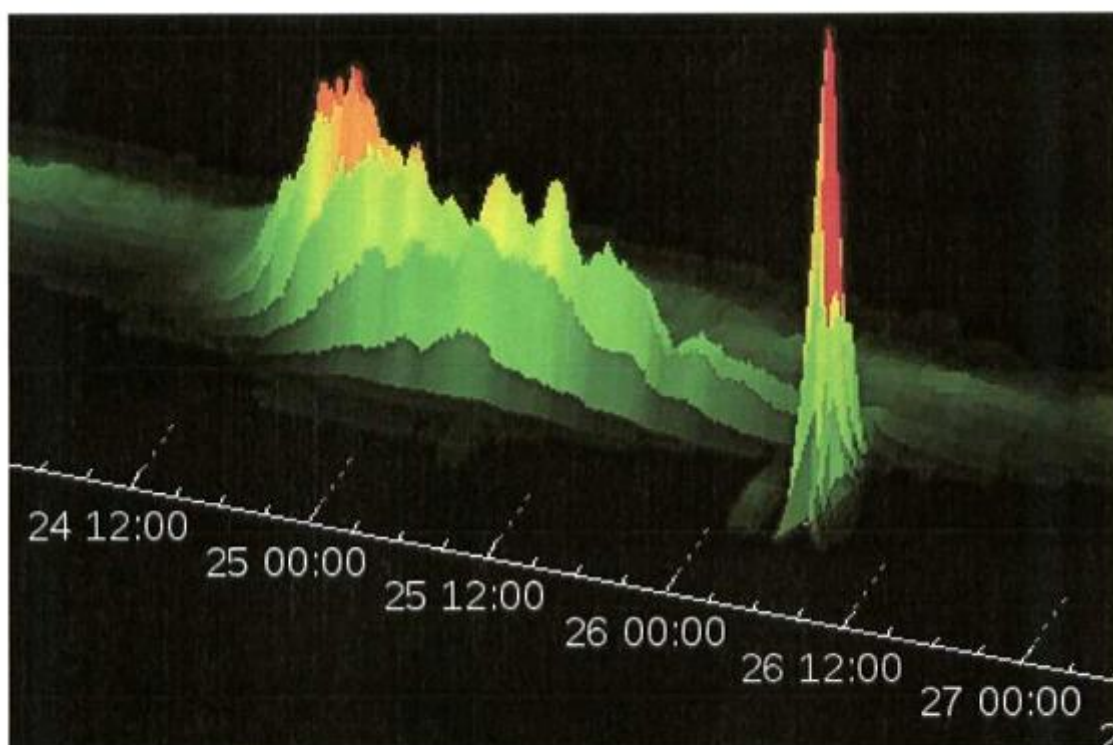
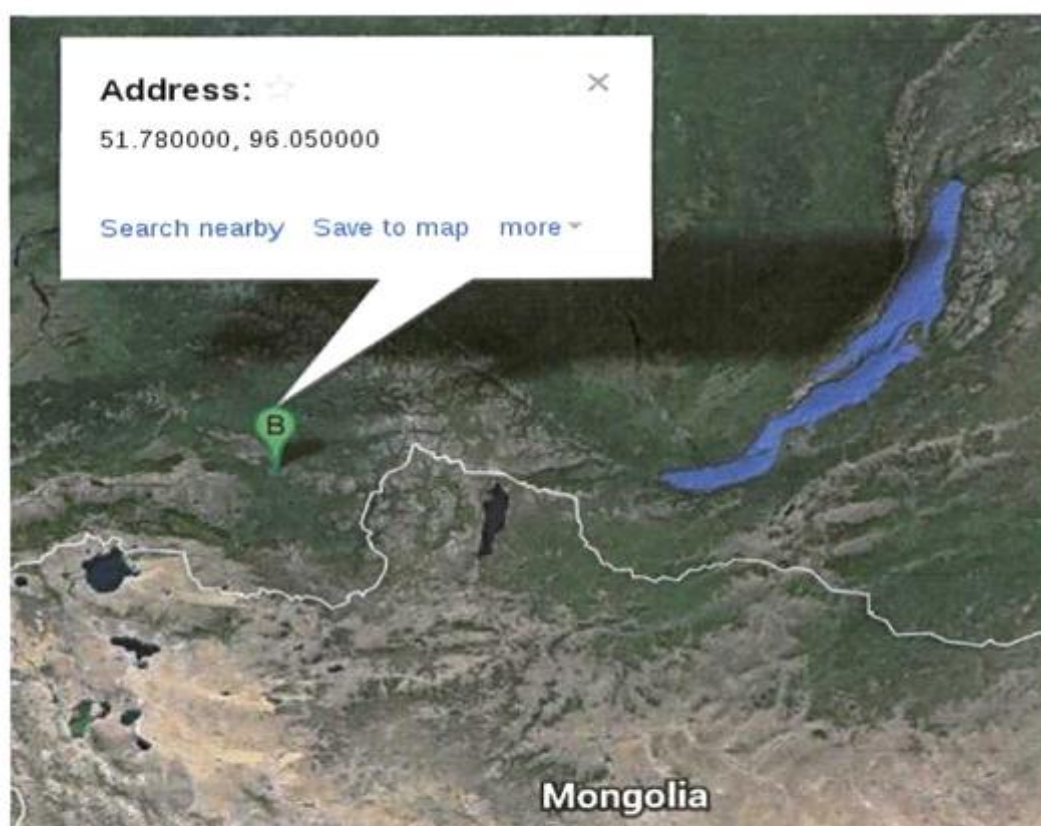


Fig. 11



Фир. 12



Фир. 13

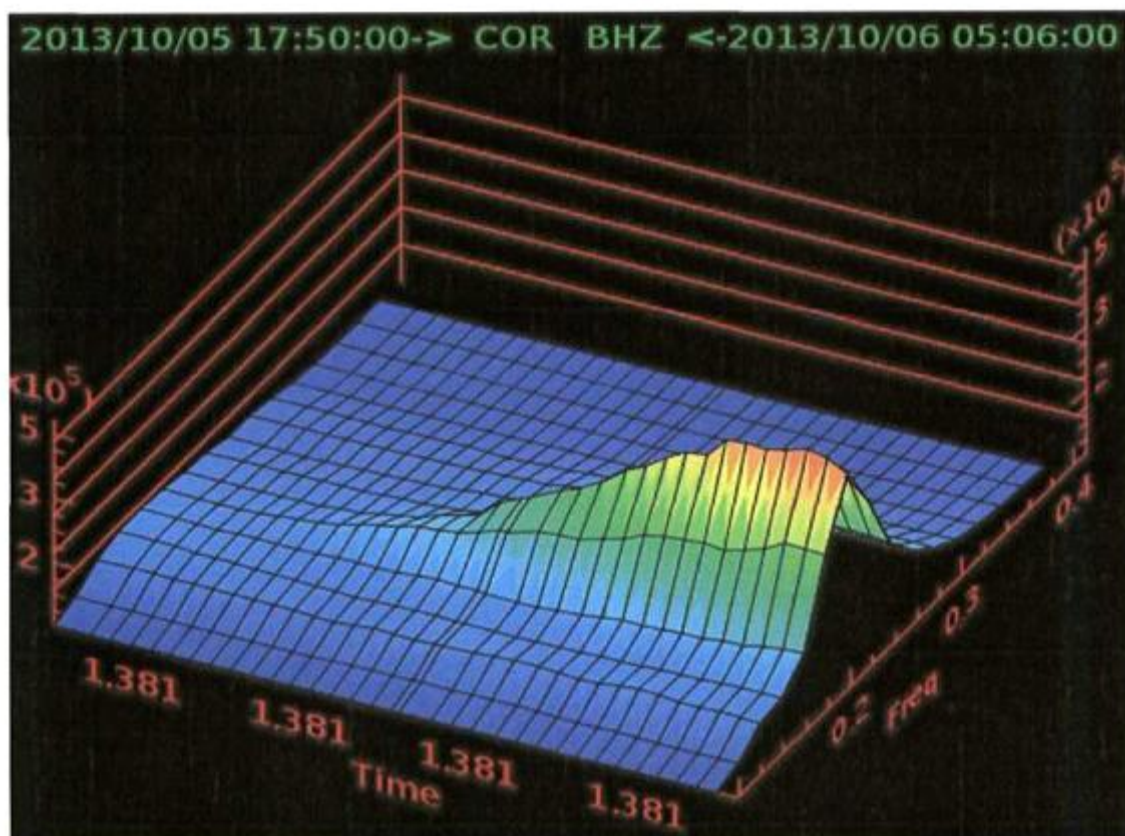


Fig. 14

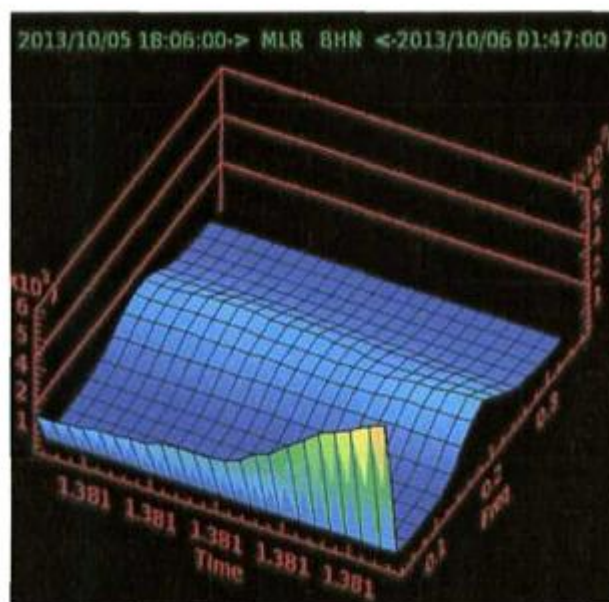


Fig. 15

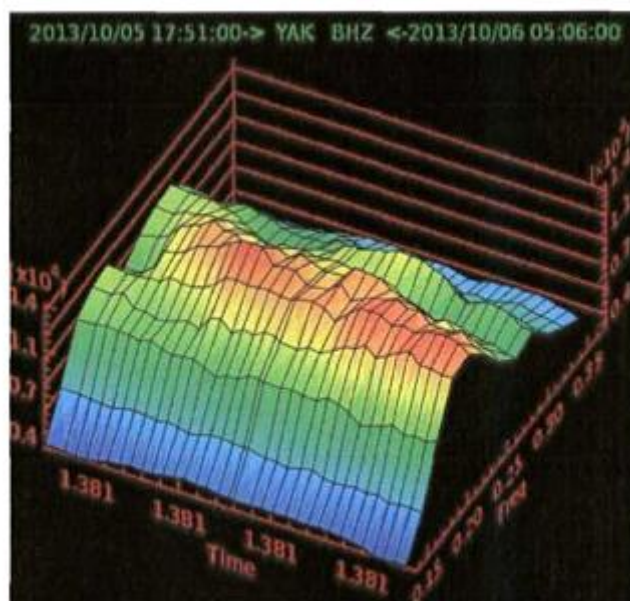


Fig. 16

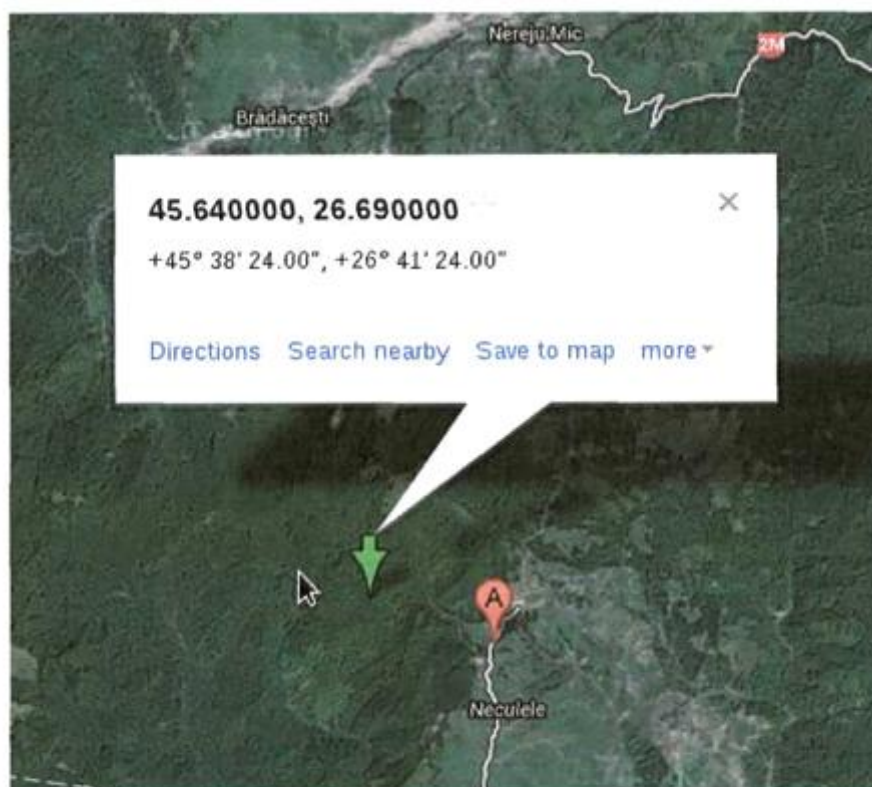


Fig. 17

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601