

Електромагнитен контрол от Космоса
за целите на екологията,
предизвестяване и контрол на природни
бедствия и техногенни катастрофи.
Експеримент “Сеизмопрогноз” от
космически проект “Единство”

*Виталий Чмырев, Николай Исаев,
Виктор Ораевски, Димитър Теодосиев*,
Бойчо Бойчев**

*Институт по земен магнетизъм, йоносфера и разпространение
на радиовълни - ИЗМИРАН, Русия*

** Институт за космически изследвания, БАН*

Проблемът за изучаване на ефектите в йоносферата в резултат от протичащите на Земята процеси на подготовка на силни земетресения, извършването на повърхността на Земята или в атмосферата на ядрени взривове или други техногенни катастрофи, добива все по-голяма актуалност. В подкрепа на това е и фактът, че последното десетилетие на нашия век е обявено от ООН за Международна декада за намаляване на природния риск (IDNDR).

Днес много научни публикации са посветени на анализа на нискочестотните вълнови излъчвания в йоносферата и магнитосферата на Земята, с цел търсенето на аномални ефекти със сеизмогенна природа, които се проявяват на различните етапи от подготовката на земетресенията и могат да се използват като прогностични признаци [1-4]. В първите работи на тази тема бе показано, че при прелитане на йоносферните спътници над огнищата на земетресения могат да се наблюдават нараснали по интензивност шумове в отделни спектрални диапазони под или от порядъка

на 15 kHz. Бе направен опит за статистически анализ на голям обем от спътникови данни за измерване на нискочестотни шумове над сеизмичноактивни райони, в резултат на което в частност бе направен изводът за съществуването на т. нар. "шумови пояси". Това са зони с аномално висока интензивност на нискочестотните излъчвания, стимулирани от процесите на подготовка на земетресенията, чиито размери са от порядъка на 60° по дължина и 3° по ширина с център в областта на огнището на земетресението. В по-късни работи [5-7] са показани резултати, свидетелстващи за възбуждането на ултранискочестотни електромагнитни полета в много тесни зони ($<6^\circ$ по дължина) в йоносферата, които се явяват магнитоспрегнати на огнището на земетресението, при това часове преди неговото начало. Тази наблюдавана ограниченост на зоната на аномално излъчване е интересна както с наблюдаването на ефекти, свързани с предстоящото земетресение, така и с възможността да се локализира предварително неговото огнище. Почти във всички експериментални работи по дискутирания проблем са анализирани данни от тесни области, получени с помощта на бордови спектроанализатори в ОНЧ-диапазона. В статията на Молчанов и др. [8] са представени и анализирани данни от измервания в една широка честотна ивица ($0,1 \text{ Hz} < F < 20 \text{ kHz}$) на електромагнитни излъчвания в йоносферата преди началото на земетресението и са изследвани динамичните характеристики на сеизмологичните йоносферни смущения с високо времево и спектрално разрешение.

По такъв начин наличните експериментални данни и теоретични модели показват, че съществува възможност за прогнозиране и контрол на природни и техногенни катастрофи, като мощни земетресения, аварии с атомни електроцентрали и други, на основата на регулярни наблюдения (мониторинг) на редица физически параметри на повърхността на Земята, в атмосферата и околоземното космическо пространство [9 - 11]. С примери за земетресенията е показано, че съществуват процеси предвестници, които започват да се развиват и проявяват много преди началото на стихийното бедствие, като го изпреварват във времето с часове, а понякога с дни и дори седмици. Тези процеси се проявяват във вид на смущения в характеристиките на електромагнитните полета и плазмата, в това число:

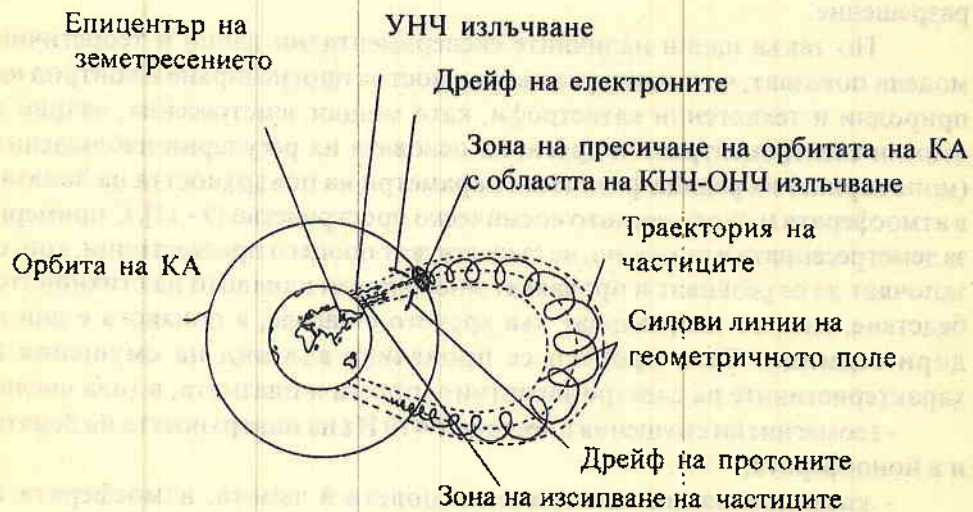
- геомагнитни смущения с честоти $F < 10 \text{ Hz}$ на повърхността на Земята и в йоносферата;
- квазипостоянни електрически полета в земята, атмосферата и йоносферата;
- аномални електромагнитни излъчвания в УНЧ/КНЧ/ОНЧ диапазоните в атмосферата и в космическата плазма;
- смущения в амплитудите и фазите на сигналите от СДВ- и КВ-радиостанции;

- аномално светене на атмосферата в оптичния диапазон от дължини на вълните;
- смущения в основните параметри на E и F областите на йоносферата;
- изменения в йонния състав и температурата на йоносферата.

Познаването и своевременното регистриране на сигналите предвестници може да служи като средство за предупреждение за стихийни бедствия. Поради това е актуална задачата за създаване на система за мониторинг на електромагнитни и плазмени смущения като елемент от глобална система за прогнозиране и контрол на последствията от силни земетресения и други природни и техногенни катастрофи.

Това е и една от целите в научната програма на космическия проект "Единство" на Руската космическа агенция, която се планира за края на 1998 г. Тя включва експерименти на борда на орбиталната станция "Мир" и изстрелването на един специализиран малък автономен спътник. Този проект по време и тематика се вписва в програмата на обявената от ООН до 2000-та година Международна декада за намаляване на природния риск [12].

На фигурал е показана примерната схема на регистриране на различни геофизични параметри, свързани с готвещо се силно земетресение, с помощта на космически апарат.



Фиг.1. Примерна схема на измерване с помощта на космически апарат на различни геофизични параметри, свързани с готвещо се силно земетресение

Със съвместно реализирана научна апаратура, обработка и интерпретация на получената информация от експериментите "Сеизмопрогноз" и "Параметър" на орбиталната станция "Мир" и на малкия автономен спътник по силата на подписан договор между ИЗМИРАН, Русия и Българската аерокосмическа агенция [13], ще участват и български специалисти.

Основният елемент на системата за мониторинг на геофизични параметри от космоса - автономният малък диагностичен спътник, трябва да отговаря на следните изисквания:

- да работи на кръгова орбита и положението му да се определя с точност 2 km по височина и перпендикулярно на орбиталната плоскост и 10 km по дължина на орбитата;

- да е триосно стабилизирани и системата за контрол на ориентацията да осигурява познаването на параметрите на ориентацията му с точност не по-лоша от 30 ъглови минути;

- да осигурява абсолютно привързване на резултатите от измерванията във времето с точност не по-лоша от 0,1 s във всички режими на работа на бордовата телеметрия;

- системата за управление на комплекса научна апаратура да осигурява възможност за предаване на не по-малко от 20 програмни и 20 еднократни команди за управление на работата на комплекса научна апаратура на спътника;

- да позволява активна работа на орбита не по-малко от 18 месеца.

За решаване на научните задачи на експериментите се предвижда използването на три режима на измервания с малкия специализиран спътник.

1. Режим на мониторинг, или режим на минималната телеметрия. При него се реализират непрекъснати денонощни измервания на ключови физически параметри, каквито са квазипостоянните електрически полета, спектрите на електромагнитните вълни в УНЧ/КНЧ/ОНЧ диапазона, спектрите или интегралната интензивност на колебанията в плътността на плазмата, концентрацията на леките йони и интензивността на потоците високоенергетични частици в избрани енергетични канали с малка скорост на запитване (от порядъка на едно запитване в секунда). Този режим допуска непрекъснато наблюдение между отделните сеанси за предаване на информацията от бордовото запомнящо устройство към наземните телеметрични станции.

2. Режим на локален мониторинг. В този режим се осъществяват наблюдения на пълния набор от физически параметри, заложен в комплекса научна апаратура, по време на всички орбити на спътника, преминаващи над един от сеизмичноактивните региони на Земята - Камчатка-Япония, Китай, средноазиатската зона, Кавказ-Иран, Балканския полуостров или

тихоокеанското крайбрежие на САЩ, над един от ядрените полигони или други наземни източници на мощно активно въздействие върху околната среда.

3. Режим на физически експеримент. Този режим се реализира при провеждането на целеви експерименти, свързани с използването на други космически или наземни средства. Например провеждането на корелирани измервания съвместно с други спътници при зададени изисквания към взаимното разположение на космическите апарати в пространството. В този режим работи пълният комплекс от научна апаратура на спътника при максимална телеметрия и с привличането на всички средства за наземно геофизическо и радиофизическо осигуряване.

Програмата от съпътстващи наземни геофизически и радиофизически наблюдения в експеримента "Сеизмопрогноз" включва регулярни измервания, като минимум в няколко от изброените сеизмичноактивни райони, на следния набор от физически параметри:

- вариациите на електрическите и магнитните полета в честотния диапазон от $0,1 \text{ Hz} < F < 30 \text{ Hz}$;
- вариациите на квазипостоянните електрични полета и земни токове;
- амплитудите и фазите на сигналите на нискочестотните предаватели, за трасета, преминаващи над сеизмоактивни зони;
- характеристиките на естествените КНЧ/ОНЧ излъчвания, в това число близките и далечните атмосферерици;
- основните йоносферни параметри, включително нееднородности с различни пространствени мащаби;
- вариациите в интензивностите на атмосферните емисии в оптичния диапазон от дължини на вълните.

Необходимо е също провеждането на радиомаякова диагностика на стимулирани йоносферни нееднородности с цел определяне на характерните размери, скоростта и посоката на преместване на смущенията в йоносферата. Отчитането се извършва с помощта на приемането в различни точки на сигнали от радиомаяци, монтирани на борда на геостационарни и прелитащи спътници.

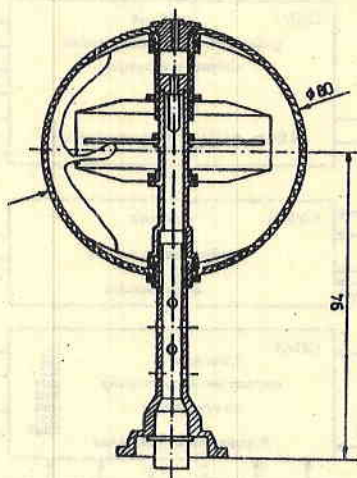
Едни от ключовите физически параметри, изграждащи системата за мониторинг за целите на екологията и предизвестяване на мощни земетресения, са електромагнитните полета, измервани от борда на специализирания малък диагностичен спътник.

На основата на натрупания опит в спътниковите експерименти по измерване на квазипостоянни и променливи електрически полета в България ще бъде разработен и изготвен Електромагнитният вълнов комплекс (ЕВК). Той включва блок датчици и електронни платки за измерителните блокове. Резултатите от проведените експерименти с приборите ИЭСР, НВК-ОНЧ, ДЕП-2Е, КЕМ-1,2,3 и предстоящият старт

на спътника "Интербол-Аврорална сонда", в чиито състав научна апаратура е включен приборът ИЭСП-2М, а също така и приборът КЕМ-4, са базата, върху която се разработва електромагнитният комплекс ЕВК.

Изискванията към специализирания малък диагностичен спътник за компактност, автономност, изключителна надеждност, висока точност на измерваните физически величини и продължителен срок на функциониране на спътника на орбита (не по-малко от 18 месеца), налагат своите ограничения и изисквания към научната апаратура, включена в неговия състав.

Малкото тегло на спътника (100-150 kg) и съответно малките геометрични размери (цилиндър с диаметър 750 mm и височина 1300 mm), ограничават дължината на щангите, на които се монтират датчиците (1,5m) и определят съответно малката база за измерване (2,5 m). Поради това се предвижда използването на варианта за моноблока на датчиците (фиг.2), летял на субспътниците от типа "Магион" [9].

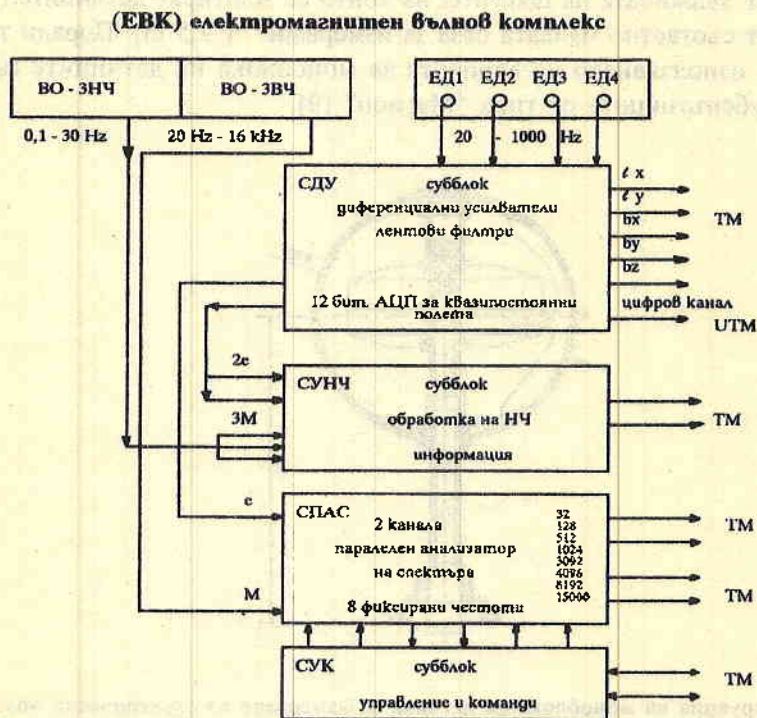


Фиг.2. Конструкция на моноблока на датчика за измерване на електрически полета, със стъкловъглеродно покритие на работната повърхност

Той представлява сфера с диаметър 80 mm, с покритие от стъклообразен въглерод [15], монтирана към щангата чрез крепежна ос от дурал. Електронната платка на предусилвателя на датчика е монтирана вътре в сферата, като е използвана и екранираща кутийка за платката с цел намаляване на външните влияния. Не се използва симетрираща ос и подаването на подходящо напрежение върху носещата и симетриращите оси, както бе при експериментите с приборите ДЕП-2Е и ИЭСП-2М от

проектите “АПЕКС” и “Интербол”, с цел симетризиране разпределението на потенциала в околността на сферата. Това е нежелателно поради малкото разстояние между датчиците и корпуса на спътника (1,5 m).

В един от четирите датчика ще бъде измервана температурата на предусилвателя за контрол на неговото функциониране. От експериментите, проведени с аналогична апаратура на борда на субспътника “Магион-3 и 4”, е установено, че температурата на платката на предусилвателя за орбити с апогей около 2000 km не надвишава $+50^{\circ}\text{C}$. Това се дължи на добре избраната конструкция на моноблока на датчика, осигуряваща необходимата топлопроводност чрез щангата към корпуса на спътника.



Фиг.3. Блок-схема на електромагнитния вълнов комплекс за експеримент “Сеизмопрогноз”

На фигура 3 е представена блок-схемата на електромагнитния комплекс ЕВК. В неговия състав влизат следните субблокове:

- субблок на електрическите датчици (ЕД1-ЕД4), които представляват сфери с диаметър 80 mm с покритие на работната им повърхност от стъклообразен въглерод и предусилвател, монтиран вътре в сферата;

- субблок на диференциалните усилватели (СДУ) - предназначен е за формиране на напрежения, пропорционални на големините на E_x и E_y , компонентите на електрическото поле, получавани от четирите датчика и формиране на пет широколентови сигнала ex , ey , bx , by и bz в честотния диапазон $20 \text{ Hz} < F < 1 \text{ kHz}$ за последващо предаване към широколентовата част на телеметричната система. Приборът измерва квазипостоянното електрическо поле в диапазона $\pm 0,3 \text{ V/m}$ с разрешение $0,2 \text{ mV/m}$ (при използване на 12-битова оцифровка).

- субблок за събиране и обработка на нискочестотна информация (ЗНЧ). Той е предназначен да събира и обработва информацията за трите компоненти на магнитното поле и двете компоненти на електрическото поле в честотния диапазон $0,1 \text{ Hz} < F < 30 \text{ Hz}$. На входа на лентовите филтри с лента на пропускане $0,1-30 \text{ Hz}$ се подава информация от блока СДУ (за двете компоненти на електрическото поле) и от блока ВО-ЗНЧ (за трите компоненти на магнитното поле).

- субблок паралелен анализатор на спектъра (СПАС) - представлява двуканален паралелен анализатор на спектъра на сигналите от една електрическа и една магнитна компонента на електромагнитното поле. Спектралният анализ на двете компоненти се реализира с помощта на лентови филтри, настроени на осем фиксирани честоти, чиито стойности са отразени на блок-схемата на прибора.

- субблок за управление и команди (СУК)-изработва командите и осъществява управлението на режимите на работа на електромагнитния вълнов комплекс.

Очаквани резултати от провеждането на експеримент "Сеизмопрогноз" с помощта на малък автономен спътник и наземни измервания

Досега изследването на различните типове предвестници на земетресения от космоса има несистематичен характер и се реализира като съпътстващи задачи в рамките на едни или други космически проекти. В резултат на това в настоящия момент има натрупано голямо количество разнородни данни от различни космически апарати, които не винаги са съвместими, а понякога и си противоречат едни на други.

"Сеизмопрогноз" представлява първият целеви експеримент, който ще се реализира на специално създаден космически апарат, за електромагнитен и плазмен мониторинг на йоносферата. Целта е откриване и анализ на предвестници на земетресения, получаване на изходни данни за

проектирането на спътникова система за прогнозиране на земетресения, откриване и контрол на природни и техногенни катастрофи от космоса.

Предполага се, че реализацията на експеримента "Сеизмопрогноз" в пълния и обем ще даде възможност:

а) да се разработят методи за оперативно прогнозиране на земетресения от космоса;

б) да се разработят методи за откриване и контрол от космоса върху последствията от различни типове техногенни катастрофи;

в) да се разработят методи и средства за контрол от космоса на изпитанията на оръжия с голяма разрушителна сила в различните среди.

Системата за контрол ще се състои от спътникова и наземна част, осигуряващи измерването на необходимите физически параметри на средата в йоносферата и на повърхността на Земята, и обща система за събиране и анализ на информацията.

Спътниковата измерителна част е построена върху система от голям брой (около 12) малки автономни диагностични спътници, чиито орбитални плоскости са равномерно разпределени по дължина. Съставът на научната апаратура и програмата на работа на тези спътници бе обоснована по-горе.

Наземната измерителна част на системата е построена на основата на съвкупност от голям брой автономни наземни станции, оборудвани с комплекси от непрекъснато работещи прибори за измерване вариациите на естествените електрически и магнитни полета в различни честотни диапазони, естествени оптични емисии в различни диапазони от дължините на вълните, сеизмически и акустически колебания, някои метеорологически и други параметри, необходими за контрола, в съответствие със задачите за дадения регион. Информацията, получена от тези измерителни средства, се съхранява в паметта на автономните станции за времето между отделните сеанси за връзка и се предава по телеметрията към автономния диагностичен спътник от системата при неговото прелитане над станцията. По такъв начин на борда на малкия диагностичен спътник ще се събира информация, представляваща сбор от йоносферни и наземни данни, получени в близки или в едни и същи интервали от време. Тези данни ще се транслират в Центъра за обработка и анализ на информацията с помощта на геостационарен спътник.

Автономните станции трябва да бъдат снабдени с прагови устройства, сработващи при определени стойности на ограничен брой контролни параметри и подаващи сигнал за тревога. Контролът на критичните параметри трябва да се осъществява непрекъснато. Най-вероятно е с тази задача да се занимават екипажи на пилотируеми космически апарати с помощта на линията за връзка: малък диагностичен спътник-геостационарен спътник-пилотируем кораб.

Автономните станции се разполагат в потенциално опасни от гледна точка на извънредните ситуации зони, в това число в трудно достъпни за пребиваването на хора места (в планински райони, в океана, включително и под водата, в пустините, близко до опасни производства, ядрени и ракетни полигони и др.).

Системата от малки спътници и специализирани автономни наземни станции може да се разглежда като базова. Тя е предназначена за решаването на широк кръг от практически и фундаментални задачи, изискващи продължителни измервания на параметрите на електромагнитните полета и на плазмата в йоносферата. В зависимост от конкретните задачи приборният състав на спътниците и диапазоните на измерваните физически величини може да бъде изменян и допълван. Подобни изменения не влияят върху общата конфигурация на системата и я правят едно достатъчно универсално средство за мониторинг на смущения в йоносферата, предизвикани от различни типове техногенни въздействия върху околната среда или ситуации, свързани с едромасщабни природни бедствия на Земята.

Л и т е р а т у р а

1. Садовский, М.А. Электромагнитные предвестники землетрясений. М., Наука, 1982, с. 88.
2. Гохберг, М.Б., Н.И. Гершензон, И.А. Гуфельд и др. О возможных эффектах воздействия электрических полей сейсмического происхождения на ионосферу. - Геомагнетизм и аэронавигация, 24, 1984, №2, с. 217.
3. Parrot, M., M. M. Mogilevskiy. ULF emissions associated with earthquakes and observed in the ionosphere and magnetosphere. - Phys. Earth. Planet. Inter., 57, 1989, p.86.
4. Чмырев, В.М., Н.В. Исаев, С.В. Биличенко, Е.П. Трушкина, Г.А. Станев, Д.Г. Гоцев. Электрические поля и гидромагнитные волны в ионосфере над очагом землетрясения. - Геомагнетизм и аэронавигация, 26, 1986, № 6, с. 1020.
5. Биличенко, С.В., А.С. Инчин, Э.Ф. Ким и др. УНЧ-отклик ионосферы на процессы подготовки землетрясений. - Докл. АН СССР, 311, 1990, с. 1077.
6. Lagkina, V.I., V.V. Migulin, O.A. Molchanov et al. Some statistical results on very low frequency radiowave emission in the upper atmosphere over earthquake zone. - Phys. Earth. Planet. Inter., 57, 1989, p.100.
7. Nakawaka, M., Y. Fujiwara (Eds). Electromagnetic Phenomena Related to Earthquake Prediction. Tokyo, Terra Scientific Pub. Comp., 1994, p. 677.
8. Молчанов, О.А., О.А. Можеева, М.Л. Протопопов. Наблюдение электромагнитных ОНЧ-излучений сейсмогенной природы на ИСЗ "Интеркосмос-24". - Геомагнетизм и аэронавигация, 32, 1992, № 6, с. 128.
9. Гоцев, Д. Проблеми при използването на космическа информация за прогноз на земетресения по електромагнитни предвестници. - Аерокосмически изследвания в България, №13, (под печат).
10. Мардиросян, Г. От Космоса срещу екологичните катастрофи. С., БАН, 1993.
11. Rikitake, T. Earthquake prediction. - ESPC, 1976.
12. Укрупненная программа подготовки и проведения космического эксперимента "Единство". 1995, РКА.
13. Договор между Болгарским аэрокосмическим агентством и ИЗМИРАН о сотрудничестве по подготовке экспериментов СЕИЗМОПРОГНОЗ и ПАРАМЕТР в рамках проекта ЕДИНСТВО, г.София, 18 августа, 1995 г.
14. Triska, P. A subsatellite for mother daughter active space experiments. - Adv. Space Res.,

10, 1990, № 7, p.165.

15. Теодосиев, Д., И. Печеняков, Й. Георгиев, Р. Добрев, П. Петров, Р. Вълков, Г. Станев. Метод за импрегниране и покриване на порьозни огнеупорни материали със стъкловъглерод. Авторско свидетелство, 1981, № 36107. Република България.

Постъпила на 4 .II. 1996 г.

Electromagnetic control from space for ecologic needs, advanced notification and control of nature disasters and technogenic catastrophes. Experiment "Seismoprognoz" of the space project "Edinstvo"

Vitalij Chmyrev, Nikolaj Isaev, Viktor Oraevski, Dimitar Teodosiev, Bojcho Boichev

(Summary)

A system for electromagnetic control from space is presented, which contains small satellites, earthbased stations and a control center for advanced notification of strong earthquakes and ecologic catastrophes on the Earth.

The configuration of lowfrequency wave complex, measuring electromagnetic fields from board of small satellites, is presented. The measurement's data are to be used for identification of precursors of strong earthquakes.