

**ИНФОРМАЦИОННО – ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ**

Асатулла Урманович Максудов

Старший научный сотрудник Физико-технического института АН РУз

E-mail: [asaduz50@rambler.ru](mailto:asaduz50@rambler.ru)

Нурмамат Умаралиев

Доцент Ферганского политехнического института, Узбекистан

ORCID-0000-0001-9822-8115

E-mail: [nurmuhammad@bk.ru](mailto:nurmuhammad@bk.ru)

**Аннотация**

Настоящая статья посвящена изучению информационно-измерительной системы, разработанной специально для исследования предвестников землетрясений. Работа представляет обзор системы, охватывающий ее структуру, функциональные возможности и методологию применения. Основное внимание уделено описанию принципов функционирования системы, включая сбор и анализ данных, а также ее потенциала в предсказании и предотвращении возможных землетрясений. Данная информационно-измерительная система является важным инструментом в научных исследованиях предвестников землетрясений, предоставляя ценные данные для дальнейшего понимания и прогнозирования сейсмической активности.

Цель исследования: изучения новых предвестников землетрясений для решения вопросов краткосрочного и среднесрочного прогнозирования параметров предстоящих землетрясений. Для достижения поставленной цели данной работе используется косвенный метод измерения контролируемых параметров, постоянное мониторинг исследуемых величин и статистические методы обработки данных, в том числе методы регрессионного анализа.

Предложены информационно-измерительная система для изучения корреляционной связи между землетрясениями и потоками нейтронов и заряженных частиц, исходящими из земной коры, а также метод калибровки этой информационно-измерительной системы.

**Ключевые слова:** предвестник, прогноз землетрясений, потоки нейтронов и заряженных частиц, измерения, мониторинг, информационно-измерительная система.

**Введение**

В настоящее время прогноз землетрясений является одной из наиболее актуальных проблем. Сейсмические катастрофы, вызванные землетрясениями, не только наносят большой экономический ущерб, но и приводят к гибели многих людей [1,2,3].

Основная трудность прогнозирования землетрясений заключается в том, что не разработана модель землетрясения. На практике не существует надежного метода и устройства, которые могли бы предсказать его местоположение, время, энергию или

интенсивность, которые могли бы удовлетворить практические требования, как по точности, так и по скорости. Однако эти требования делятся не только по уровню знаний о землетрясениях, но и на прогнозы для конкретных целей, долгосрочные прогнозы или краткосрочные прогнозы в зависимости от разных типов практических целей. На данный момент актуален краткосрочный прогноз. Это основа для четкого предупреждения о надвигающейся катастрофе и принятия срочных мер по уменьшению ущерба от землетрясения [4,5,6]. В данной статье представлена информация об устройстве и информационной системе, предназначенной для измерения параметров физического процесса, которые могут служить для краткосрочного прогнозирования.

В патенте Узбекистана на полезную модель [1] полученного авторами, предложено измерительное устройство для краткосрочного прогнозирования. В этом устройстве поступающие из-под земли заряженные частицы и потоки нейтронов воздействуя на сцинтилляционных детекторов, порождают оптические импульсы, которые преобразуется в электрические импульсы с помощью фотоэлектронных умножителей, прикрепленных сцинтилляционным детекторам (рис. 1). Таким образом, это устройство позволяет детектировать потоков нейтронов и заряженных частиц, поступающих из-под земли посредством измерения амплитуды и количество электрических импульсов во временном масштабе. Не смотря на ничтожность величины потоков, характер изменения потоков во времени, вероятно, носить информацию о главном первопричине их возникновения [7,8,9,10]. Непрерывный мониторинг величин потоков, позволить проведение корреляционного анализа между ними и между параметрами землетрясений. На основе корреляционного анализа могут быть созданы точные методы прогнозирования приближающегося землетрясения. Для проведения такого корреляционного анализа необходимы результаты весьма масштабных измерительных работ. С другой стороны, землетрясения редкого возникающий случайный процесс. Для фиксации факта совершения и его параметров необходимо автоматическая измерительная система. То есть необходимо постоянно контролирующая измерительно-регистрирующая система значения потоков, получаемых со всех детекторов, и записывать их в соответствующую единую информационную базу [11,12,14,14]. Кроме того, для исследования зависимости этих потоков от расстояния необходимо не менее трех устройств, размещенных в разных местах, в углах треугольника, стороны которого не менее 200 км, в сейсмически активной зоне. Кроме того, должны быть зафиксированы в одной информационной базе в хронологическом порядке параметры землетрясения - магнитуда, время, координаты гипоцентра, измеренные существующей сетью сейсмографов всего континента [15,16].

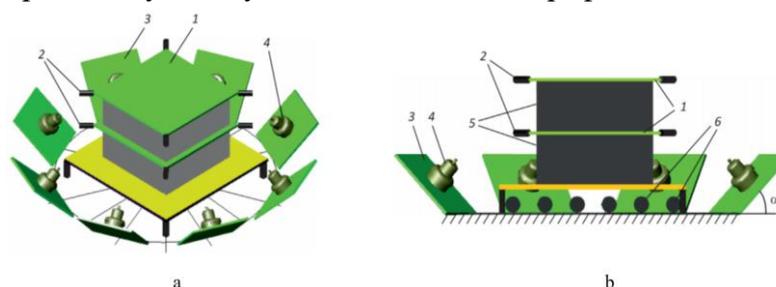


Рис.1. Устройство для измерения потоков нейтронов и заряженных частиц [17,23]:

*a-аксонометрический вид; b-вид спереди в разрезе; угол  $\alpha=45^0$ ;*

*1– центральные сцинтилляционные детекторы; 2-ФЭУ-84;*

*3-детекторы направления, 4-ФЭУ-125; 5-углеродные поглотители;*

*6-нейтронные счетчики.*

Временной масштаб этих экспериментальных работ должен охватит по времени регистрации нейтронных потоков и заряженных частиц до и после всех землетрясений происходившие в континенте [17,18,19].

Для построения адекватных регрессионных модели информационно-измерительной системы, прогнозирующую параметров предстоящего землетрясения, количество экспериментов должен быть не менее количество соответствующих датчиков комплекса. Например, для построения регрессионных модели прогноза параметров гипоцентра, исходя из количество датчиков направления предлагаемого комплекса, количество землетрясений, параметры которых зафиксировано системой, должно быть не менее 24, а для прогноза магнитуды количество землетрясений должно быть не менее 3.

Эта стадия измерительных экспериментов является режимом «обучения» предлагаемой измерительно-информационной системы. Собрав достаточное количество статистических данных в этом режиме, можно будет построить регрессионную математическую модель [2,20,21,22,23], прогнозирующую параметры предстоящего землетрясения, используя регрессионный анализ результатов измерений. Таким образом, данная измерительно-информационная система станет комплексом, прогнозирующим параметров возможного землетрясения. Как и любая SMART-система, эта система всегда работает в режиме «прогноз-коррекция», при этом точность прогнозирования параметров землетрясений повышается.

Предлагаемая измерительно-информационная система построена на основе современных средств передачи информации и информационно-коммуникационных технологий. Ниже представлена структурная схема одного канала измерительного устройства измерительно-информационной системы:

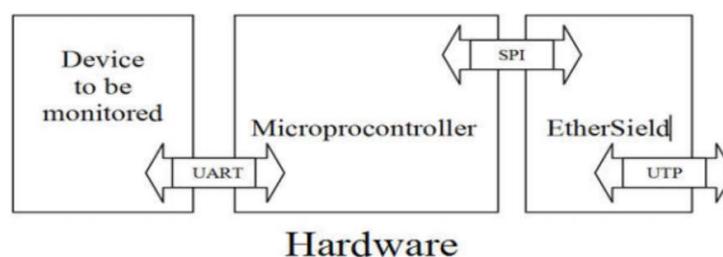


Рис 2. Структурная схема передачи информации от измерительного устройства.

Здесь (Рис 2.):

- Device to be monitored – измерительное устройство, показанное на рисунке 1.
- UART- universal asynchronous receiver/transmitter – универсальный асинхронный приемо – передатчик;
- Microcontroller – микроконтроллер с аналого-цифровым преобразователем;
- SPI – последовательный интерфейс передачи информации;

- EtherShield – модуль Ethernet;
- Hardware – набор программируемых измерительных устройств.

В целях реализации предложенной информационно-измерительной системы в городах Фергана, Ташкент и Самарканд установлены три «Програмно – аппаратный измерительный комплекс». Результаты измерений, полученные с этих комплексов, вносятся в информационную базу через соответствующие приложения веб-сервера на сайте [pribori.uz](http://pribori.uz). На рисунке 3 показана структурная схема системы.

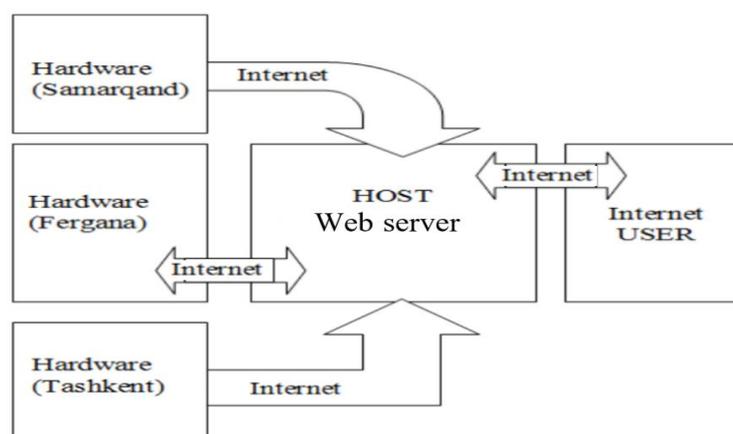


Рис. 3. Структурная схема системы

Здесь:

- Аппаратное обеспечение – технические средства системы, установленные в городах Фергана, Ташкент, Самарканд;
- Веб-сервер — это сервер приложений, который собирает и обрабатывает информацию.

### Выводы

В ходе анализа результатов предварительных экспериментов, проведенных в разных время в городах Ташкент и Фергане возникло предположение о наличие корреляционной связи между параметрами землетрясения и потоков нейтронов и заряженной частиц, т.е. потоки нейтронов и заряженной частиц носит информативных признаков о предстоящих землетрясениях в сближающим будущем. Согласно этому предположению, можно их отнести к предвестникам землетрясений.

Предложена информационно-измерительная система, позволяющая глубокое изучение взаимосвязь между зарегистрированными параметрами потоков нейтронов и заряженных частиц, между параметрами происходившего землетрясениями.

Определены условия прогноза всех параметров предстоящего землетрясения, такие как гипоцентр, магнитуда и время предстоящих землетрясений с помощью предлагаемой информационно-измерительной системы.

**Литература**

1. Махсудов Асатулла Урманович, Лутпуллаев Сагдулла Лутфуллаевич, Нуритдинов Хуснитдин, Шаякубов Диёр Бахтиярович, Патент на полезную модель, “Устройство для регистрации предвестников землетрясений” № FAP 01088, 04.02.15г., зарегистрирован 24.03.16 г.
2. U. Maksudov, M. A. Zufarov, (2017) “Predvaritelnye dannye registratsii predvestnikov zemletryaseniya modernizirovannoi ustanovkoi”, *Comp. nanotechnol.*, no. 3, 33–35.
3. Рахимов Р.Х., Умаралиев Н., Джалилов М.Л., Махсудов А.У. (2018) Регрессионные модели для прогнозирования землетрясений. *Computational nanotechnology*, no. 2, 40–42
4. Махсудов А.У., Умаралиев Н., Джалилов М.Л., Жўраев Н.М. //Оценка результатов измеряемых детектором параметров предвестника землетрясения// Республиканская научно техническая конференция «Муқобил энергия турлари ва улардан фойдаланиш истиқболлари» ФерГУ (12 май) Фергана 2017г.
5. Asatulla U. Maksudov & Mars A. Zufarov, Measurement of neutron and charged particle fluxes toward earthquake prediction//*Earthquake Science*, ISSN 1674-4519, Earthq Sci, DOI 10.1007/s11589-017-0198-z;
6. Б.С.Юлдашев, Р.А.Муминов, А.У.Махсудов, Умаралиев Н. и др. Новый ядерно-физический метод регистрации предвестников землетрясения. ДАН РУз, 2018, № 1, с. 4-6.
7. Maksudov A. U., (2017), Creation of global networks for registration of earthquake precursors. *Computational nanotechnology*. 1: 33-35;
8. Maksudov A. U., (2016), Monitoring of seismic precursors for earthquake prediction. *Computational nanotechnology*. 1: 52-61;
9. Kurskeev A. K., (2011), Earthquake and seismic safety. Almaty, Kazakhstan, "EVRO", p. 504.
10. Yuldashbaev T. S., Maksudov A. U., (2010) Development of a method for registering earthquake precursors from observations of temporal variations in the flux of cosmic rays and neutrons. *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*. V. 14, No. 3, pp. 144- 148.
11. Yuldashbaev T.S., Maksudov A.U., Preliminary results of the study of temporal variations of cosmic rays in a new experimental setup. *Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*, 2012, v.14, No. 3, pp. 14-16.
12. Yuldashbaev T.S., Maksudov A.U., et al., (2012), Study of temporal variations in the flux of charged particles and low-energy neutrons. *Uzbek Physical journal of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan*, 3:14-18.
13. Asatulla U. Maksudov & Mars A. Zufarov, Measurement of neutron and charged particle fluxes toward earthquake prediction//*Earthquake Science*, ISSN 1674-4519, Earth Sci, DOI 10.1007/s11589-017-0198-z;
14. Maksudov A. U., Zufarov M. A., Preliminary registration data for earthquake precursors by a modernized installation. *Computational nanotechnology*. No.3, M. 2017, p. 33-35;

15. Maksudov A. U., et.al. Modernized registering device of harbingers of earthquakes// special issue of proceedings EMSEV2016 Institute of Earthquake Science, China Earthquake Administration, Fuxing Avenue 63, Haidian District, Beijing, 100036, China. 2017.
16. Rakhimov R. Kh., Makhsudov A. U., Zufarov M. A.//Nuclear-radioactive reactions in earth crust the generator of earthquake harbingers. Computational nanotechnology. №3, M. 2018г. p.68-72. <http://www.urvak.ru>
17. Rakhimov R.Kh., Umaraliev N., Djalilov M.L., Maksudov A.U., (2018), Regressions models for forecasting of earthquakes. Computational nanotechnology. 3: 43-45.
18. Rakhimov R. Kh., Jalilov M. L., A. U. Makhsudov, (2020), “Mathematical modelling of mountain shocks and earthquakes related to volcanism”, Computational nanotechnology. 3:57–61
19. Rakhimov R. Kh., Maksudov A.U., (2020), “The mechanism of anomaly of charged particles before an earthquake”, Computational nanotechnology. 3:72–76.
20. Maksudov A.U., Zufarov M.A. (2016) Nuclear-physical method for registering earthquake precursors. The International Symposium “New Tendencies of Developing Fundamental and Applied Physics: Problems, Achievements, Prospectives” November 10-11, Tashkent, Uzbekistan. 193-194.
21. Умаралиев Н. (2021) Сцинтилляцион детекторлардан олинган зилзила даракчилари - зарядланган зарралар сигналлари тахлили / Онлайн Республика илмий-техник анжуманининг маърузалар тўплами: “Ахборот-коммуникация технологиялари ва телекоммуникацияларнинг замонавий муаммолари ва ечимлари”. 2021/5. Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фарғона филиали.
22. Rakhimov R.Kh., Umaraliev N., Dzhililov M.L. (2018) Oscillations of bilayer plates of constant thickness. Computational Nanotechnology. 2018. No. 2. ISSN 2313-223X.
23. Maksudov A.U., Umaraliev N. Device for investigation of flows charged particles and neutrons. Polish journal of science (2022) № 53. p.43-46.