**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI**

**АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN**

# SEYSMOLOGIYA MUAMMOLARI

# ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОЛОГИИ

# PROBLEMS SEISMOLOGY

**№ 2** **том 6**

**2024**

*Jurnal 2019-yildan yiliga ikki marta nashr etiladi*

*Журнал издается с 2019 года по два номера в год*

*The magazine has been published since 2019 for two issues per year*

**Toshkent 2024**

# TAHRIR XAY'ATI


| *Bosh muharrir:* | *Bosh muharrir o'rinbosari:* | *Mas'ul kotib:* |
|---|---|---|
| **Ismailov Vaxitxan Alixanovich** *g.-m.f.d., prof.* | **Alimuhamedov Ilxom Mizratovich,** *g.-m.f.n.* | **Nurmatov Ulfat Amanovich,** *f.-m.f.n.* |

## Tahrir hay'ati a'zolari:

**Abdullabekov Kaxarboy Nosirbekovich** *f.-m.f.d., akad. (O'zbekiston);* **Abdraxmatov Kanatbek Yermekovich,** *g.-m.f.d., akad. (Qirg'iziston);* **Pulod Aminzoda,** *t.f.d. (Tojikiston);* **Atabaev Dilshod Xusainbaevich,** *g.-m.f.d., prof. (O'zbekiston);* **Etirmishli Gurban Djalal o'g'li**, *g.-m.f.d., Ozarbayjon Milliy fanlar akademiyasi muxbir-a'zosi (Ozarbayjon);* **Ibragimova Tatyana Lyudvigovna**, *f.-m.f.d. (O'zbekiston);* **Kevin Makkey,** *(PhD) (AQSh);* ***Maksudov Sabitjan Xamidovich***, *f.-m.f.d., prof. (O'zbekiston);* **Mixaylova Natalya Nikolaevna**, *f.-m.f.d., prof. (Qozog'iston);* **Nurtaev Baxtier Sayfullaevich**, *f.-m.f.n. (O'zbekiston*); **Radjabov Shuxrat Sayfullaevich**, *g.-m.f.d., prof. (O'zbekiston);* **Tatevosyan Ruben Eduardovich,** *f.-m.f.d., (Rossiya);* **Solovyov Anatoliy Aleksandrovich**, *f.-m.f.d., RFA muxbir a'zosi (Rossiya);* **To'ychiyev Axmadjon Ismailovich,** *f.-m.f.d. (O'zbekiston);* **Xamidov Lutfulla Abdullaevich**, *f.-m.f.d. (O'zbekiston),* **Yusupov Valijon Rustamovich,** *g.-m.f.f.d. (PhD) (O'zbekiston);* **Kuchkarov Kahramon Isroilovich,** *f.-m.f.f.d. (PhD) (O'zbekiston);* **Mirzayev Murodjon Abduraximdjanovich,** *f.-m.f.f.d. (PhD) (O'zbekiston);*


Jurnalda chop etilgan materiallardan foydalanilganda «Seysmologiya muammolari» ilmiy jurnalidan olindi, deb ko'rsatilishi shart. Maqolada keltirilgan dalillar va ma'lumotlar uchun mualliflar javobgar. Tahririyat taqrizdan o'tamagan maqolalarni qaytarish majburiyatini olmagan.

Jurnalning elektron shaklida joylashtirilgan barcha materillar nashr qilingan hisoblanadi va mualliflik huquqi ob'ekti sanaladi.

«Seysmologiya muammolari» ilmiy jurnali O'zbekiston Respublikasi Matbuot va axborot agentligi tomonidan 2019 yil 8 aprelda № 1013-raqam bilan ro'yxatdan o'tkazilgan.

**Ta'sischi:** O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti.

**Tahririyat manzili:** O'zbekiston, 100128, Toshkent shahri, Shayxontoxur tumani, Zulfiyaxonim ko'chasi, 3-uy. Tel.: +998 71 241-51-70; +998 71 241-44-80. E-mail: seismologiya@mail.ru. Website: www.seismos.uz

**ISSN 2181-9866**

**© O'zR Fanlar akademiyasi Seysmologiya instituti, 2024**

# РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

| *Главный редактор:* | *Заместитель главного редактора:* | *Ответственный секретарь:* |
|---|---|---|
| **Исмаилов Вахитхан Алиханович** | **Алимухамедов Ильхом Мизратович** | **Нурматов Улфат Аманович** |
| *д. г.-м. н., проф.* | *к. г.-м. н.* | *к. ф.-м. н.* |

## Члены редакционной коллегии:

**Абдуллабеков Кахарбой Носирбекович,** *д. ф.-м. н., акад. (Узбекистан);* **Абдрахматов Канатбек Ермекович,** *д. г.-м. н., акад. (Киргизия);* **Пулод Аминзода,** *д. т. н. (Таждикистан);* **Атабаев Дилшод Хусаинбаевич,** *д. г.-м. н., проф. (Узбекистан);* **Етирмишли Гурбан Джалал ўғли,** *д. г.-м. н., член-корр. НАНА (Азербайджан);* **Ибрагимова Татьяна Людвиговна,** *д. ф.-м. н. (Узбекистан);* **Кевин Маккей,** *PhD (США);* **Максудов Сабитжан Хамидович,** *д. ф.-м. н., проф. (Узбекистан);* **Михайлова Наталья Николаевна,** *д. ф.-м.* н., *проф. (Казахстан);* **Нуртаев Бахтиер Сайфуллаевич,** *к. ф.-м. н. (Узбекистан);* **Раджабов Шухрат Сайфуллаевич,** *д. г.-м. н., проф. (Узбекистан);* **Татевосян Рубен Эдуардович,** *д. ф.-м. н. (Россия);* **Соловьёв Анатолий Александрович,** *д. ф.-м. н., член-корр. РАН (Россия);* **Туйчиев Ахмаджан Исмаилович,** *д. ф.-м. н. (Узбекистан);* **Хамидов Лутфулла Абдуллаевич,** *д. ф.-м. н. (Узбекистан);* **Юсупов Валижон Рустамович,** *PhD (Узбекистан);* **Кучкаров Кахрамон Исраилович,** *PhD (Узбекистан);* **Мирзаев Муроджон Абдурахимджанович**, *PhD (Узбекистан)*.


При использовании материалов, опубликованных в журнале, следует указать, что они взяты из научного журнала «Проблемы сейсмологии». Авторы несут ответственность за факты и информацию, представленные в статье. Редакция не берет на себя обязательство возвращения статей, не прошедших рецензирование.

Все материалы, размещенные в электронном варианте журнала, считаются опубликованными и являются объектами авторского права.

Научный журнал «Проблемы сейсмологии» зарегистрирован Агентством по печати и информации Республики Узбекистан 8 апреля 2019 г. № 1013.

**Учредитель:** Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан.

**Адрес редакции:** Узбекистан, 100128, г. Ташкент, Шайхантохурский район, ул. Зульфияханум, 3. Тел.: +99871 241-51-70; +99871 241-44-80. E-mail: seismologiya@mail.ru. Website: www.seismos.uz

**ISSN 2181-9866**

**© Институт сейсмологии Академии наук РУз, 2024**

# EDITORIAL BOARD


| *Editor-in-Chief:* | *Deputy Chief Editor:* | Assistant Editor: |
|---|---|---|
| **Ismailov Vahidkhan Alikhanovich** | **Alimukhamedov Ilkhom Mizratovich** | **Nurmatov Ulfat Amanovich** |
| *D.Sc. in Geol. & Min., Prof.* | *PhD in Geol. & Min.* | *PhD in Phys. & Math.* |

## Members of the Editorial Board:

**Abdullabekov Kakhkharboy Nosirbekovich** *D.Sc. in Phys. & Math., Acad. (Uzbekistan);* **Abdrakhmatov Kanatbek Ermekovich,** *D.Sc. in Geol. & Min., Acad. (Kyrgyzstan);* **Pulod Aminzoda,** *D.Sc. in Geol. & Min. (Tajikistan);* **Atabaev Dilshod Khusainbaevich,** *D.Sc. in Geol. & Min., Prof. (Uzbekistan);* **Etirmishli Gurban Jalal ogli,** *D.Sc. in Geol. & Min. (Azerbayljan);* **Ibragimova Tatyana Ludvigovna,** *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan); in Geol. & Min. Sc. (Uzbekistan);* **Kevin Mackey,** *PhD (USA);* **Maksudov Sabit Khamidovich,** *D.Sc. in Phys. & Math., Prof. (Uzbekistan);* **Mikhailova Natalya Nikolaevna,** *Prof. D.Sc. in Phys. & Math. (Kazakhstan);* **Nurtaev Bakhtiyor Saifullaevich,** *PhD (Uzbekistan);* **Radjabov Shukhrat Saifullaevich,** *D.Sc. in Geol. & Min., Prof. (Uzbekistan);* **Tatevosyan Ruben Eduardovich,** *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan);* **Solovyov Anatoly Alexandrovich,** *D.Sc. in Phys. & Math., Corresponding Member RAS (Russia);* **Tuychiev Akhmadjon Ismailovich,** *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan);* **Khamidov Lutfulla Abdullaevich,** *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan),* **Yusupov Valijon Rustamovich,** *PhD (Uzbekistan);* **Kuchkarov Kahramon Isroilovich,** *PhD (Uzbekistan);* **Mirzaev Murodjon Abduraximdjanovich,** *PhD (Uzbekistan).*


When using materials published in the journal, it should be noted that they are taken from the scientific journal «Problems of Seismology». The authors are responsible for the evidence and information presented in the article. The Editorial Board do not undertake obligation to return articles that have not passed peer review.

All materials posted in the electronic form of the journal are considered published and protected by copyright.

The scientific journal «Problems of Seismology» is registered in the Press and Information Agency of the Republic of Uzbekistan on April 8, 2019 under the number № 1013.

**Founder:** Institute of Seismology of the Academy of Sciences Republic of Uzbekistan.

**Editorial office address:** 3, Zulfiyakhanum str., Shaykhantohur district, Tashkent, 100128, Uzbekistan, Тел.: +998 71 241-51-70; +998 71 241-44-80. E-mail: seismologiya@mail.ru. Website:www.seismos.uz

**ISSN 2181-9866**

**© Institute of Seismology of the Academy of Sciences RUz, 2024**

# SEYSMIK XAVFNI BAHOLASH VA SEYSMIK RAYONLASHTIRISH

**УДК 550.34**

## АНАЛИЗ РЕГИОНАЛЬНОГО КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА, ИСПОЛЬЗОВАВШЕГОСЯ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ОБЛАСТЕЙ ОЖИДАЕМОЙ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ НА БЛИЖАЙШИЕ ГОДЫ И ЕГО КОРРЕКТИРОВКА

**Т.Л. Ибрагимова, М.А. Мирзаев**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*
tam.anay@yahoo.com

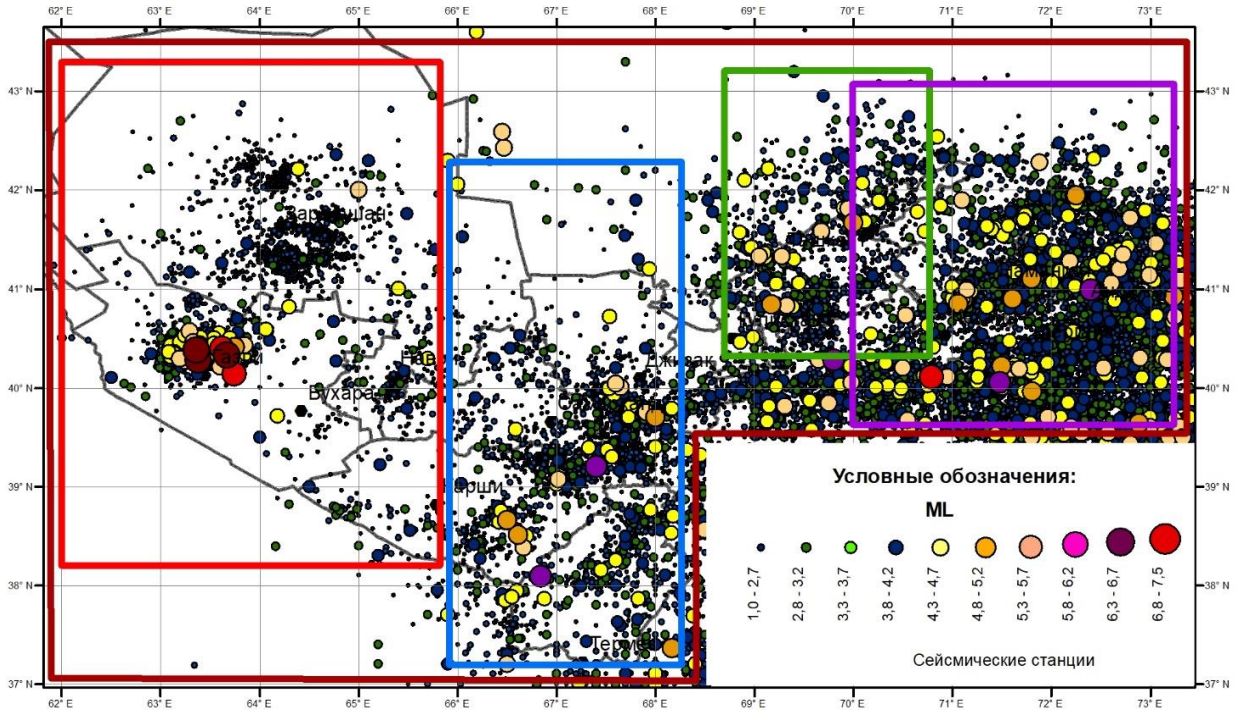
**Аннотация.** По данным регионального каталога, проведен анализ изменений годичного числа землетрясений на территории Узбекистана и установлено значительное увеличение количества представительных землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5, начиная с 2016 г. Выявлено, что к систематическому завышению магнитуд регистрируемых событий привело изменение методики обработки данных о землетрясениях в 2016 г. Для оценки этого смещения магнитуд построен график повторяемости землетрясений за период до 2015 г. В результате анализа выяснилось, что среднее годовое число землетрясений, зарегистрированных с 2016 по 2023 гг., соответствует магнитуде ML = 2,0-2,1, что свидетельствует о систематическом завышении магнитуды на 0,4-0,5 единиц. С учетом этой корректировки на территории Узбекистана выделены области, в которых на текущий момент времени отмечаются эффекты сейсмического затишья и сейсмической активизации. Результаты важны для правильной интерпретации сейсмических данных и прогнозирования сейсмической активности в будущем.

**Ключевые слова:** землетрясение, магнитуда, представительная регистрация, сейсмическая активизация, сейсмическое затишье.

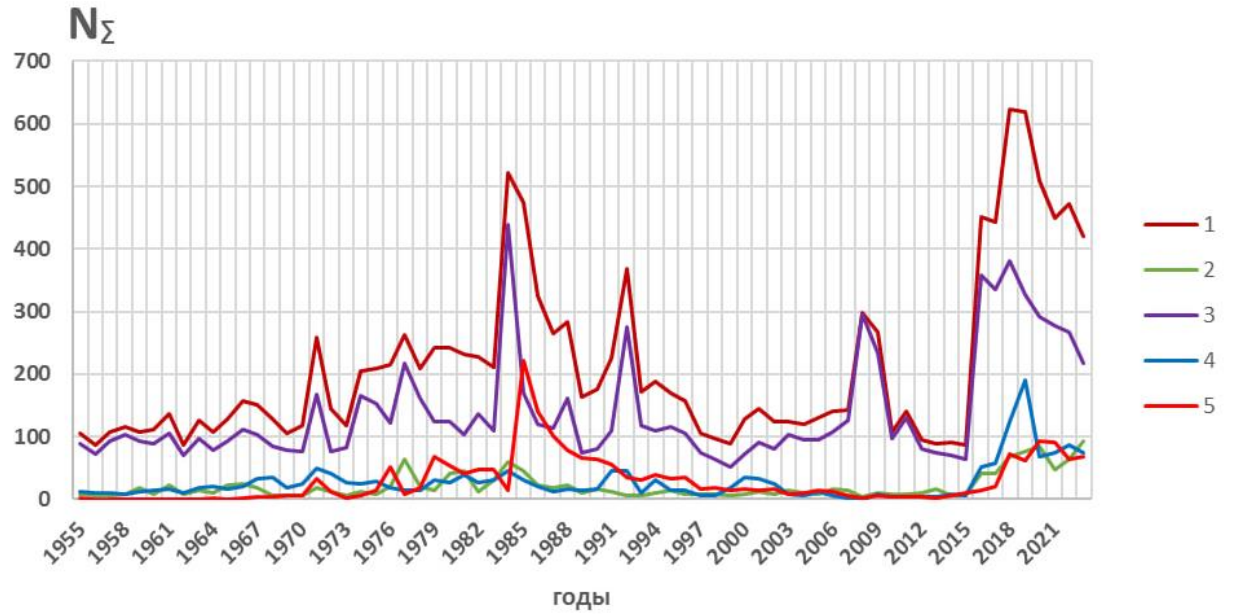
**Введение.** Вероятностный анализ сейсмической опасности (ВАСО) территории Узбекистана [*Ибрагимов и др., 2022; Ibragimov et al., 2024*], а также выявление областей ожидаемой сейсмической активизации по комплексу прогностических параметров сейсмического режима [*Артиков и др., 2017; Artikov et al., 2018*] базируются на анализе регионального каталога землетрясений территории Узбекистана и прилегающих территорий. Региональный каталог начал формироваться с момента открытия сейсмической станции Ташкент (до 1902 г. сбор данных по землетрясениям проводился только по макросейсмике) [*Уломов и др., 1990*]. В 1988 г. данные бюллетеней сети сейсмических станций СССР, Нового каталога сильных землетрясений на территории СССР, ежегодных сборников Землетрясений в СССР и Землетрясений Средней Азии и Казахстана, оперативных сейсмологических бюллетеней ТИССС были обобщены и составили основу Регионального каталога. К этому же времени относятся работы по созданию электронной версии регионального сейсмологического Банка (РСБ) [*Квашин и др., 1988*]. Региональный Каталог создан в лаборатории РС и СР (ныне СО и Р) Института сейсмологии АН РУз (ИС АН РУз) с использованием РСБ, данных Комплексной Экспедиции ИС АН РУз, сейсмологических данных о сильных землетрясениях всего Центрально-Азиатского региона с исторических времен по 2005-й год по каталогу CASRI, а также оперативных данных, выставляемых на Web-сайт Республиканского Центра сейсмопрогностического мониторинга (РЦСМ) МЧС РУз [www.smrm.uz].

## МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Необходимым условием корректного проведения анализа сейсмической опасности является исследование кондиционности каталога. Понятие кондиционности включает унификацию сведений к единому типу магнитуд, оценку представитительности и т. д. На рис. 1, *а* показана карта эпицентров инструментально зарегистрированных землетрясений, построенная по региональному каталогу, а на рис. 1, б – временные изменения годового числа землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5 для всей территории и отдельных областей Узбекистана.




*а*




*б*

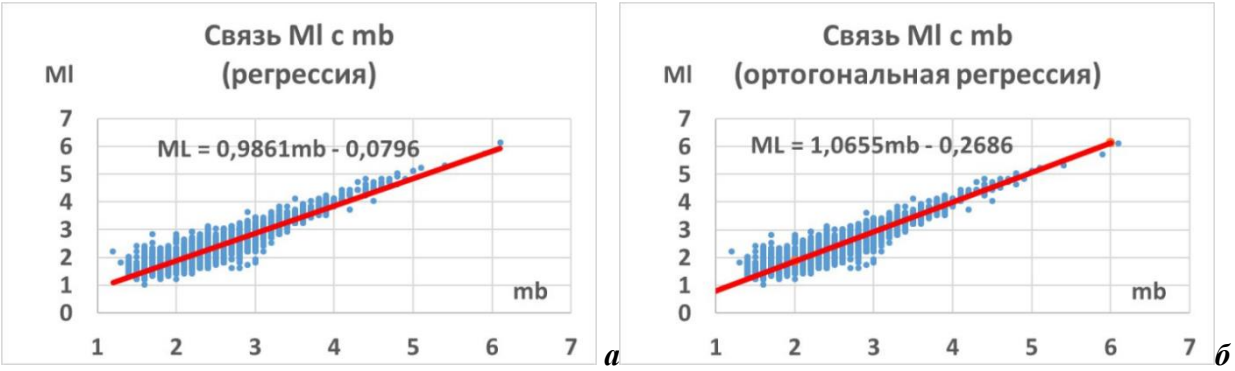
**Рис. 1. Карта эпицентров инструментально зарегистрированных землетрясений с 1955 по 2023 г. (*а*) и временные изменения годового числа землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5 (*б*) для всей территории Узбекистана и отдельных областей:** 1 – вся территория Узбекистана; 2 – Приташкентский район; 3 – Ферганская долина и ее горное обрамление; 4 – Центральный и Южный Узбекистан; 5 – Западный Узбекистан.

**Fig. 1. Map of epicenters of instrumentally recorded earthquakes from 1955 to 2023 (*a*) and time changes in the annual number of earthquakes with a magnitude of ML ≥ 2,5 (*b*) for the entire territory of Uzbekistan and individual regions:** 1 – the entire territory of Uzbekistan; 2 – Tashkent region; 3 – Fergana Valley and its mountainous surroundings; 4 – Central and Southern Uzbekistan; 5 – Western Uzbekistan.

Обращает на себя внимание, что, начиная с 2016 г., в несколько раз увеличилось количество представительных для всей территории Узбекистана землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5. Мы рассмотрели несколько возможных причин такого резкого увеличения.

В качестве одной из возможных причин могла бы стать афтершоковая активность или роевая активизация в одном или нескольких районах Узбекистана, как это происходило после Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг. и Избаскентского землетрясения 1992 г., а также в период возникновения роя Папских землетрясений в 1984-1985 гг. С этой целью мы построили аналогичные графики изменения годового числа землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5 для различных сейсмоактивных областей Узбекистана: Приташкентского района, Ферганской долины и ее горного обрамления, территорий Центрального, Южного и Западного Узбекистана. Однако возрастание количества представительных землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5, начиная с 2016 г., отмечается в каждом из названных районов (см. рис. 1), т. е. не является локальным.

Еще одной возможной причиной возрастания количества землетрясений в период 2016-2023 гг. мог бы быть переход от регистрируемой ранее магнитуды ML к магнитуде mb, который произошел с 2016 г. Поскольку в последние 2 года проводилось одновременное определение магнитуд ML и mb, мы построили уравнения обычной и ортогональной регрессии, связывающей два этих типа магнитуд (рис. 2).




*а* *б*

**Рис. 2. Корреляция магнитуд ML и mb: *а* – простая регрессия; *б* – ортогональная регрессия.**
**Fig. 2. Correlation of magnitudes ML and mb: *a* – simple regression; *b* – orthogonal regression.**

Кроме того, в таблице приведены значения локальной магнитуды ML, пересчитанные из магнитуды mb по уравнениям обыкновенной и ортогональной регрессии. Как это следует из таблицы, нижний порог представительной для регионального каталога землетрясений магнитуды ML = 2,5 не существенно (в пределах 0,1 магнитудной единицы) отличается по величине от магнитуды mb. Поэтому такой переход не мог резко повысить число представительных землетрясений, зарегистрированных за последние 8 лет.

Наконец, в качестве третьей возможной причины резкого возрастания количества землетрясений, зарегистрированных за последние годы, может быть систематическое завышение магнитуды в результате изменившейся в 2016 г. методики обработки записей. На рис. 3 показаны периоды представительной регистрации землетрясений различных магнитуд ML, по результатам исследования регистрационных возможностей сети сейсмометрических наблюдений, действовавшей в различные годы на территории Узбекистана.

**Значения локальной магнитуды ML, пересчитанные из магнитуды mb по уравнениям обыкновенной и ортогональной регрессии**
**Values of local magnitude ML, recalculated from magnitude mb using ordinary and orthogonal regression equations**

| mb | ML (обык.) | ML (орт.) |
|---|---|---|
| 2,5 | 2,39 | 2,40 |
| 3 | 2,88 | 2,93 |
| 3,5 | 3,37 | 3,46 |
| 4 | 3,86 | 3,99 |
| 4,5 | 4,36 | 4,53 |
| 5 | 4,85 | 5,06 |
| 5,5 | 5,34 | 5,59 |
| 6 | 5,84 | 6,12 |
| 6,5 | 6,33 | 6,66 |
| 7 | 6,82 | 7,19 |

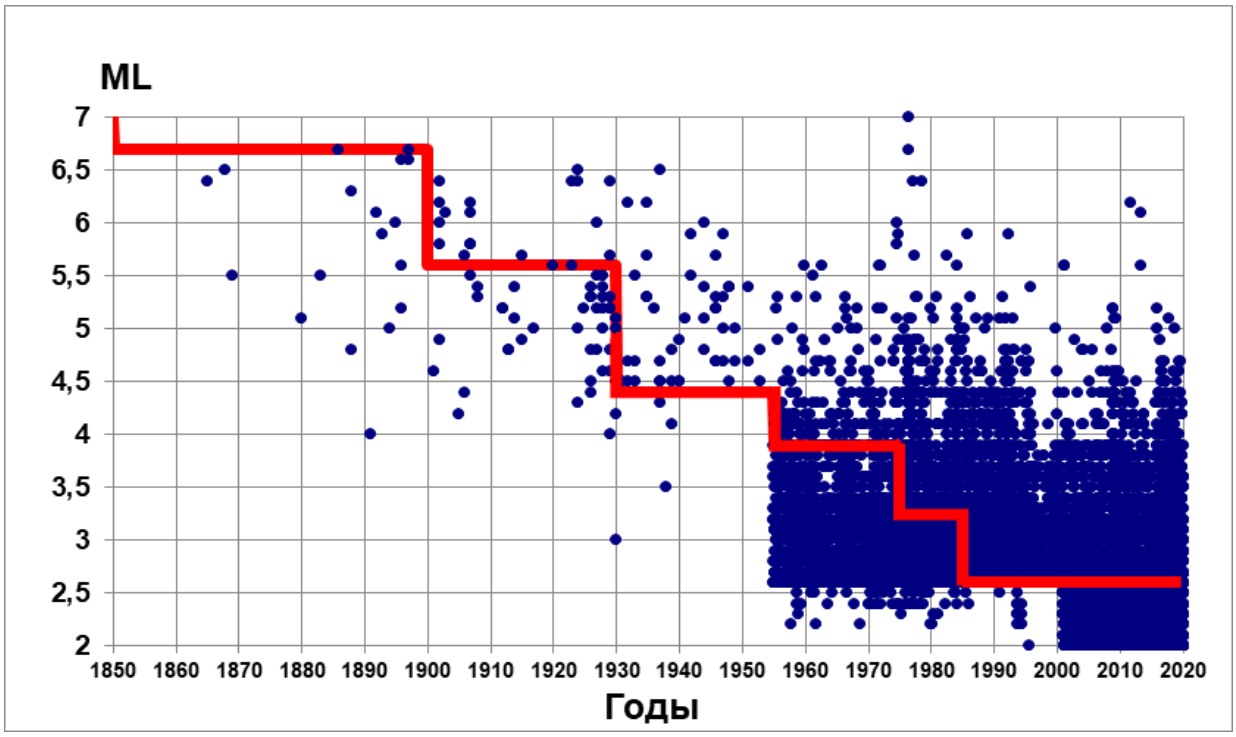



**Рис. 3. Периоды представительной регистрации землетрясений различных магнитуд (ML) на территории Узбекистана.**
**Fig. 3. Periods of representative registration of earthquakes of different magnitudes (ML) on the territory of Uzbekistan.**

На рис. 4 приведен график повторяемости землетрясений различного магнитудного уровня (ML) на территории Узбекистана, построенный с учетом сроков представительной регистрации землетрясений каждой магнитуды по данным до 2016 г.

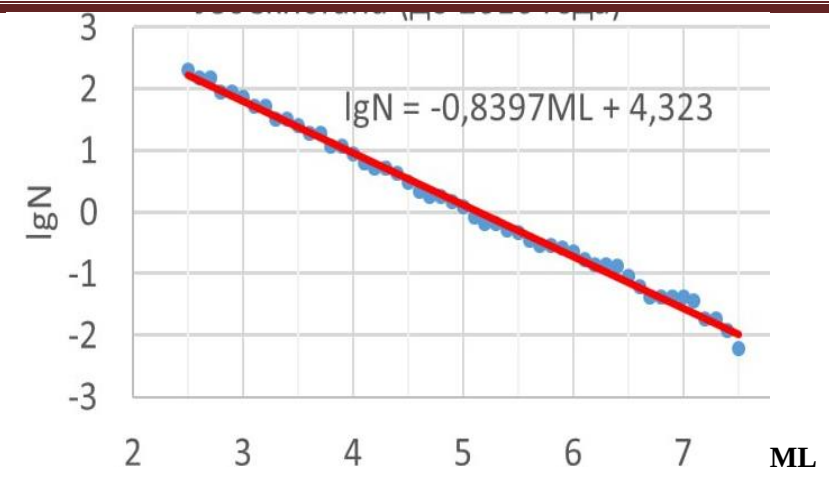



**Рис. 4. График повторяемости землетрясений на территории Узбекистана, построенный по данным до 2016 г.**
**Fig. 4. Earthquake recurrence graph for the territory of Uzbekistan, constructed using data up to 2016.**

По многолетнему графику повторяемости землетрясений ежегодное количество представительных землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,55 (К ≥ 8,6) равно примерно N = 150-160 событий в год. Начиная с 2016 по 2023 г., по данным РЦСП, число таких событий составляет порядка N = 400-550 штук в год. Такому числу событий по долговременному графику повторяемости соответствует магнитуда ML = 2,0-2,1. Это означает, что с началом обработки данных по новой методике, с 2016 г. идет систематическое завышение магнитуды примерно на 0,4-0,5 магнитудные единицы. Поэтому для объективной оценки текущей сейсмологической обстановки в сейсмоактивных зонах Узбекистана необходимо внести коррективы магнитуд в региональном каталоге за период с 2016 по 2023 гг.

На рис. 5 и 6 показаны области сейсмической активизации и области сейсмических затиший на 2024 г., построенные по скорректированному варианту регионального каталога землетрясений.

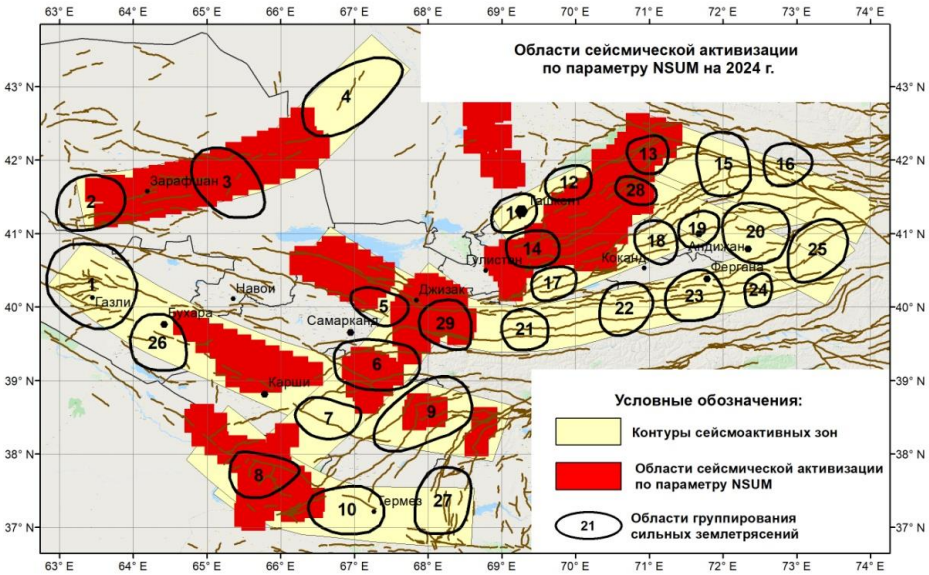



**Рис. 5. Области сейсмической активизации на 2024 г. (повышенное значение суммарного числа представительных землетрясений в период 2019-2023 гг. по отношению к среднему долговременному значению).**

**Fig. 5. Areas of seismic activity in 2024 (increased value of the total number of representative earthquakes in the period 2019-2023 in relation to the average long-term value).**

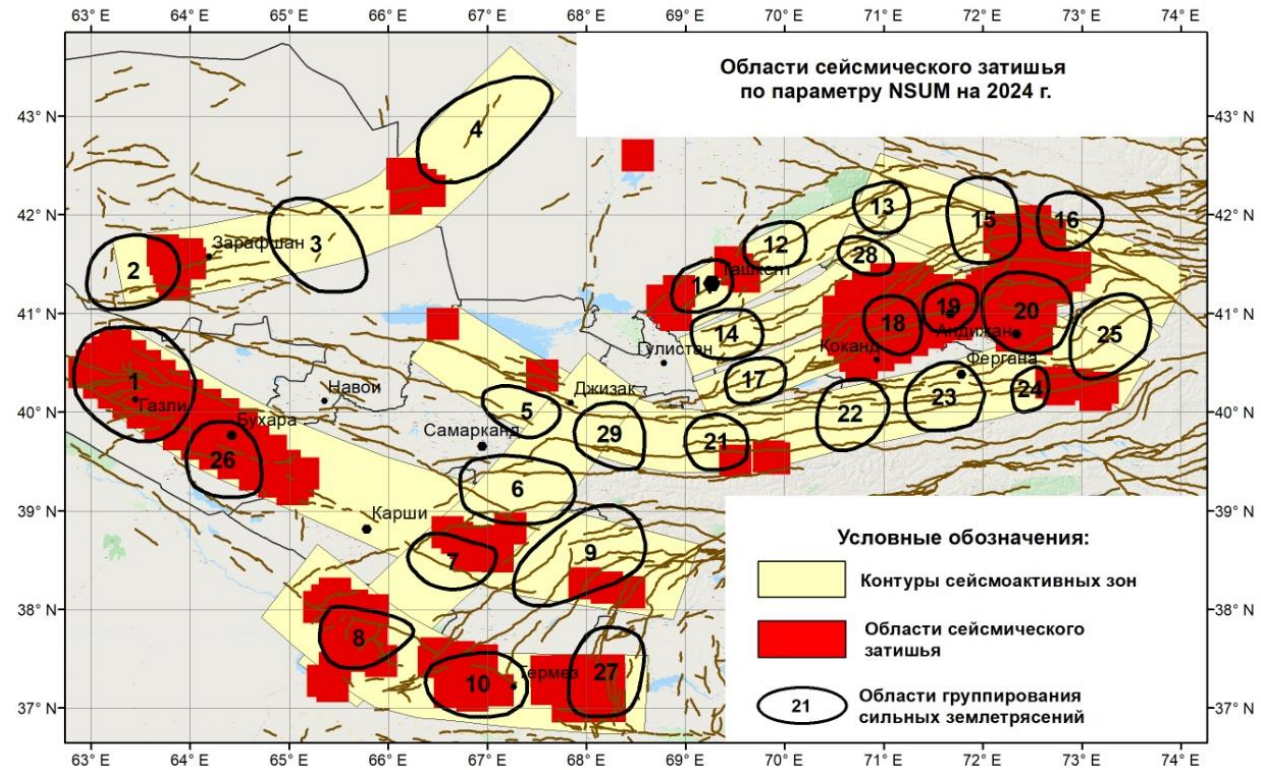



**Рис. 6. Области сейсмических затиший на 2024 г. (пониженное значение суммарного числа представительных землетрясений в период 2019-2023 гг. по отношению к среднему долговременному значению).**

**Fig. 6. Areas of seismic calm for 2024 (reduced value of the total number of representative earthquakes in the period 2019-2023 in relation to the long-term average value).**

Как это видно из рисунков, в настоящее время в Восточном Узбекистане активизирована Нурекатино-Ангренская сейсмоактивная зона, а на значительной части Северо-Ферганской и Восточно-Ферганской сейсмоактивных зон отмечается аномальное сейсмическое затишье. Территория Центрального и Западного Узбекистана на текущий момент активизирована в Бесапанской части Южно-Ферганской зоны и в Центральной части Южно-Тянь-Шаньской зоны. В пределах же западной части этой зоны на текущий момент отмечается сейсмическое затишье.

## ВЫВОДЫ

Проведен анализ временных изменений годичного числа землетрясений на территории Узбекистана по данным регионального каталога. Установлено, что, начиная с 2016 г., для всей территории Узбекистана и всех ее сейсмоактивных районов количество представительных землетрясений с магнитудой ML ≥ 2,5 увеличилось в несколько раз. Рассмотрены возможные причины такого резкого увеличения. Показано, что основная причина увеличения годового числа землетрясений связана с изменившейся в 2016 г. методикой обработки записей землетрясений, повлекшей за собой систематическое завышение магнитуд регистрируемых сейсмических событий. Для оценки величины смещения магнитуды построен график повторяемости представительных землетрясений на территории Узбекистана за период наблюдений до 2015 г. включительно. Показано, что среднему годовому числу землетрясений, регистрируемых в период с 2016 по 2023 гг., на данном графике соответствует магнитуда ML = 2,0-2,1. Следовательно, систематическое завышение магнитуды составляет примерно 0,4-0,5 магнитудные единицы. С учетом корректировки магнитуды на данную величину, на территории Узбекистана выделены области, в которых на текущий момент времени отмечаются эффекты сейсмического затишья и сейсмической активизации.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А.* Синоптический долгосрочный прогноз мест ожидаемой сейсмической активизации на территории Узбекистана // Геориск. - 2017. - № 2. - С. 20-28.
2. *Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А., Ашуров С.Х.* Сопоставление оценок сейсмической опасности, получаемых в рамках вероятностного и вероятностно-детерминис тического подходов, для территории Узбекистана // Вопросы инженерной сейсмологии. - 2022. - Т. 49. - № 4. - С. 21-35. https://doi.org/10.21455/VIS2022.4-2.
3. *Квашин Е.В., Эльман А.Ю., Давидов И.А.* Банк данных для научных исследований на основе СУБД (на примере сейсмологии) // Информационное сообщение № 435. - Т.: Фан, 1988. - 25 с.
4. Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз URL: http://smrm.uz/?lang=ru
5. *Уломов В.И., Яковлева И.Б., Якубов М.С. и др.* Сейсмичность территории Узбекистана (сейсмологические аспекты). - Т.: Фан, 1990. - 344 с.
6. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.* Identification of expected seismic activity areas by forecasting complex seismic-mode parameters in Uzbekistan // Geodesy and Geodynamics. - 2018. - Vol. 9. - Issue 2. - P. 121-130. https://doi.org/10.1016/j.geog.2017.11.005
7. *Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Ashurov S.H.* Ranking of Seismic Intensity Attenuation Laws and Modeling of Seismic Sources for Seismic Hazard Assessment in Uzbekistan // Geodynamics & Tectonophysics. - 2024. - 15 (4). 0770. doi:10.5800/GT-2024-15-4-0770


### O‘zbekiston hududidagi yaqin yillarda seysmik faol bo'ladigan hududlarini aniqlashda foydalaniladigan zilzizalarning mintaqaviy katalogi tahlili va taklif qilinayotgan o’zgartirishlar

**T.L. Ibragimova, M.A. Mirzaev**

**Annotasiya.** Mintaqaviy katalog ma’lumotlari asosida O‘zbekistondagi zilzilalar yillik sonining o‘zgarishi tahlili 2016 yildan buyon ML ≥ 2,5 magnitudali reprezentativ zilzilalar sonining sezilarli darajada oshganini aniqladi. 2016 yilda zilzila ma'lumotlarini qayta ishlash metodologiyasining o'zgarishi natijasida yuzaga kelgan magnitudalar. Ushbu magnitudali yo'nalishni baholash uchun 2015 yilgacha bo'lgan davr uchun zilzila takrorlanish syujeti tuzilgan. Tahlil shuni ko'rsatdiki, 2016 yildan 2023 yilgacha qayd etilgan o'rtacha yillik zilzilalar soni ML = 2,0-2,1 magnitudaga to'g'ri keladi, bu esa magnitudani muntazam ravishda 0,4-0,5 birlikka oshirib baholashdan dalolat beradi. Ushbu tuzatish qo‘llanilgandan so‘ng O‘zbekistonda seysmik tinchlanish va seysmik faollashuv sodir bo‘layotgan hududlar aniqlandi. Ushbu topilmalar seysmik ma'lumotlarni to'g'ri talqin qilish va kelajakdagi seysmik faollikni bashorat qilish uchun juda muhimdir.

**Kalit so'zlar:** zilzila, magnituda, reprezentativ ro'yxatga olish, seysmik faollashuv, seysmik sokinlik.

### Analysis of the regional catalog of earthquakes on the territory of Uzbekistan, used in identification of areas of expected seismic activation in the coming years and its correction

**T.L. Ibragimova, M.A. Mirzaev**

**Annotation.** An analysis of changes in the annual number of earthquakes in Uzbekistan, based on data from the regional catalog, has identified a significant increase in the number of representative earthquakes with magnitudes ML ≥ 2,5 since 2016. This rise has been attributed to a systematic overestimation of magnitudes caused by a change in earthquake data processing methodology in 2016. To evaluate this magnitude bias, an earthquake recurrence plot for the period up to 2015 was constructed. The analysis showed that the average annual number of earthquakes recorded from 2016 to 2023 corresponds to a magnitude of ML = 2,0-2,1, indicating a systematic overestimation of magnitude by 0,4-0,5 units. After applying this adjustment, areas in Uzbekistan experiencing seismic quiescence and seismic activation have been identified. These findings are crucial for the correct interpretation of seismic data and for forecasting future seismic activity.

**Key words:** earthquake, magnitude, representative registration, seismic activation, seismic quiescence.

**УДК 624.131+550.34**

# О РЕЗУЛЬТАТАХ ИНЖЕНЕРНО-СЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ г. НУКУСА ДЛЯ ОЦЕНКИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

**В.А. Исмаилов, А.С. Хусомиддинов, Э.М. Ядигаров, Ж.Ш. Бозоров, А.Ф. Мансуров, А.Б. Авазов, Б.Б. Хайриддинов**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*
eldoradigarov@gmail.com

**Аннотация.** Приводятся результаты комплексных инженерно-сейсмологических исследований на территории г. Нукуса для оценки сейсмической интенсивности. Рассмотрено влияние грунтовых условий на параметры сейсмической интенсивности на основе сейсморазведочных, а также инженерно-геологических данных. Для решения задач по оценке сейсмичности проводились сейсморазведочные работы в 83 точках по всей территории города. На основе обобщения инженерно-сейсмологических результатов составлены карты приращения сейсмической интенсивности и сейсмического микрорайонирования территории г. Нукуса.

**Ключевые слова:** грунтовые условия, исходная сейсмичность, приращение сейсмической интенсивности, макросейсмическая шкала, инженерно-геологическое районирование.

**Введение.** По своим деструктивным воздействиям на окружающую среду землетрясения занимают одно из первых мест среди природных катастроф. Только за последнее десятилетие на Земном шаре произошли разрушительные землетрясения в Японии, Китае, Турции, на Гаити и в других странах мира. Эти землетрясения унесли десятки тысяч человеческих жизней, а экономический ущерб от них исчисляется сотнями миллиардов долларов.

Территория Узбекистана характеризуется сложным тектоническим строением и высоким уровнем сейсмической активности. Значительная часть населения страны подвержена сейсмическому риску. За последние годы Президентом Республики Узбекистан и Кабинетом Министров нашей республики разработан комплекс мер, направленных на уменьшение негативных последствий сильных землетрясений и обеспечение сейсмической безопасности населения и объектов промышленного и гражданского строительства.

Оценка сейсмической интенсивности определенных локальных территорий основывается на данных оценки сейсмической опасности и влияния грунтовых условий на сейсмические колебания. Выделение и картирование территории с одинаковыми значениями сейсмической интенсивности в макросейсмических баллах характеризует содержание карты сейсмического микрорайонирования. По сути, карта сейсмического микрорайонирования, являясь заключительным этапом инженерно-сейсмологических исследований, необходима для учета сейсмического воздействия при проектировании сейсмостойких зданий.

**Общие сведения об объекте исследования.** Нукус – столица Республики Каракалпакстан, город республиканского подчинения. Крупнейший по численности населения, важнейший политический, экономический, культурный и научный центр. Расположен на юге республики, недалеко от границы с Туркменистаном. Южная и восточная части города окружены пустыней Кызылкум. Северная часть города граничит с дельтой р. Амударьи. Через город проходят магистральный канал Кызкеткен (Дослык) и канал Анасай (Каттагар). Территория города охватывает площадь 222 км$^2$. Население более 350 тыс. чел.

По геоморфологическому строению территория г. Нукуса представляет плоскую равнину дельты р. Амударьи, сложенную аллювиально-дельтовыми отложениями, которые охватывают пойму и надпойменные террасы. Она имеет слабый уклон на север и северо-запад. В этом же направлении территория города пересекается крупными ирригационными каналами Дослык и Тасарна. На исследованной территории (рис. 1) наиболее широко распространены супесчаные грунты четвертичного возраста, которые являются аллювиальными отложениями амударьинского комплекса ($alQ_{IV}$), характеризующимися переслаивающимися толщами песков, супесей и глин. Эти толщи подстилаются прослойками верхнемеловых отложений, представленными выветрелыми и трещиноватыми известняками [1].

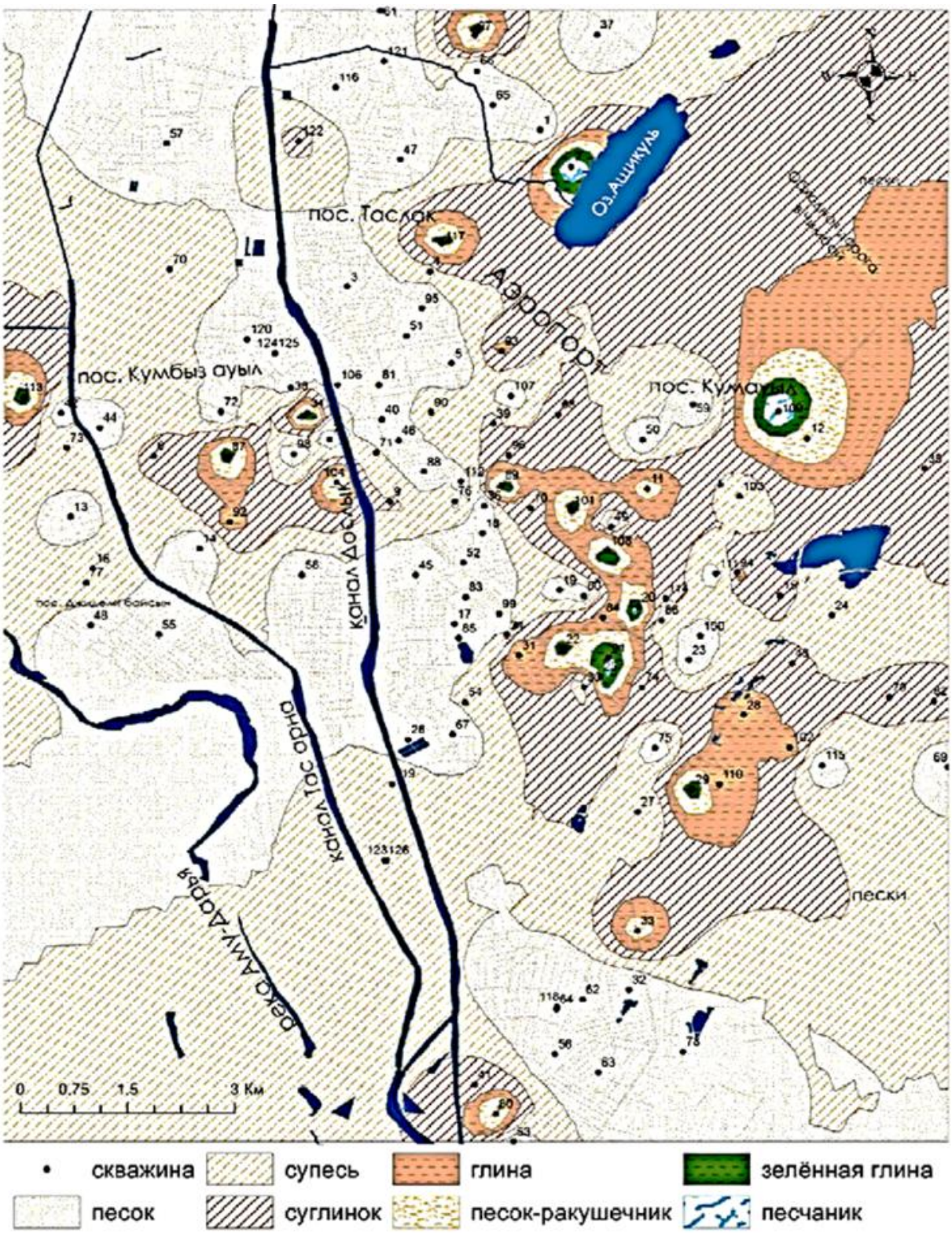



**Рис. 1. Схематическая литологическая карта г. Нукуса** (составили И.К.Аимбетов, Р.Т.Бекимбетов, 2021 г., с использованием материалов «O'ZGASHKLITI»).
**Fig. 1. Schematic lithology map of Nukus city** (compiled by I.K.Aimbetov, R.T.Bekimbetov, 2021, using materials of "O'ZGASHKLITI)

Первая прослойка мощностью 0,7-1,0 м залегает на глубине 5,0-9,0 м. Только небольшие участки на восточной и юго-восточной окраинах сложены эоловыми образованиями, представленными мелкозернистыми песками желтого цвета. Кроме того, естественные породы в

пределах города покрыты незначительным слоем антропогенных отложений, образовавшихся в результате хозяйственной деятельности человека. Инженерно-геологическое обследование показало, что в пределах разведанных глубин (до 10 м) грунты опытной площадки представлены лессовидными суглинками и песками [4]. Ниже инженерно-геологический разрез характеризуется двумя слоями: 1 – суглинки тугопластичные; 2 – пески пылеватые, водонасыщенные (рис. 2, 3).

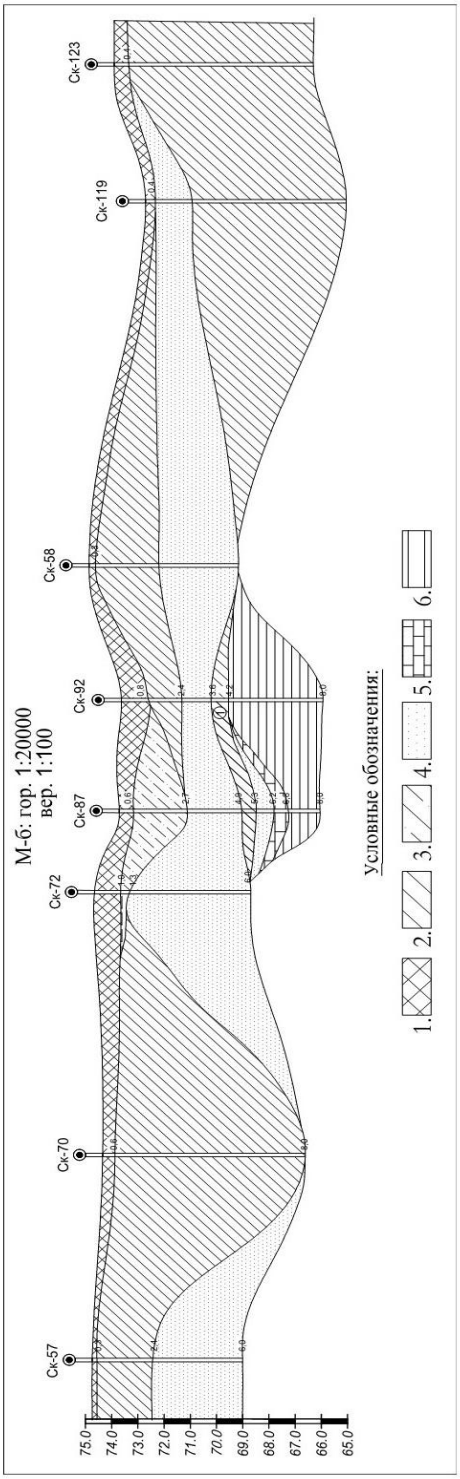



**Рис. 2. Литологический разрез по линии I-I. 1 – насыпной грунт; 2 – суглинок; 3 – супесь; 4 – песок; 5 – пески с включением ракушек; 6 – песчаник [1].**

**Fig.2. Lithological section along the I-I line. 1 – bulk soil; 2 – loam; 3 – sandy loam; 4 – sand; 5 – sands withshells; 6– sandstone (Aimbetov et al., 2023).**

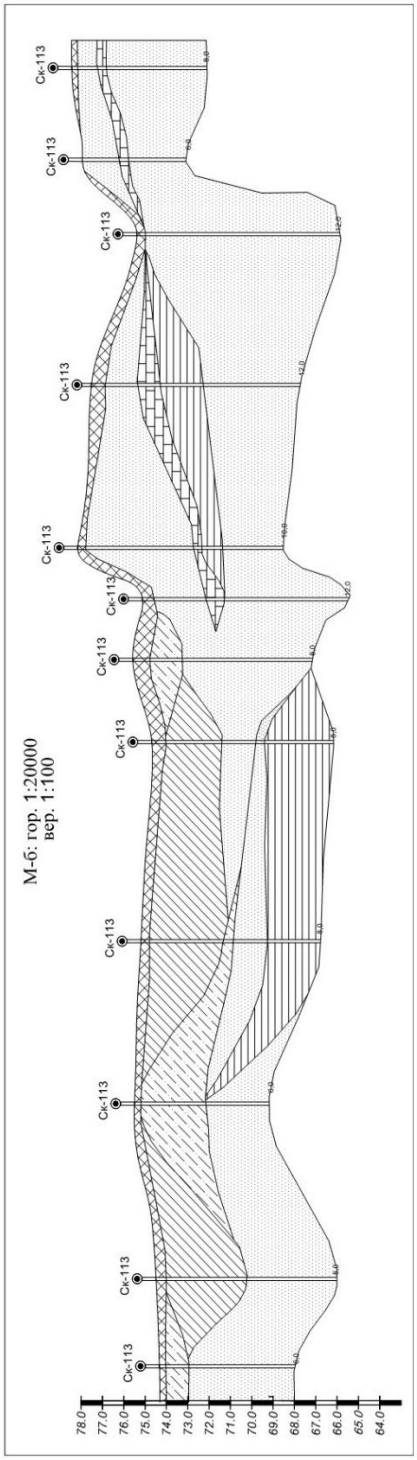



**Рис. 3. Литологический разрез по линии II–II. 1 – насыпной грунт; 2 – суглинок; 3 – супесь; 4 – песок; 5 – пески с включением ракушек; 6 – песчаник. [1].**

**Fig. 4 - Lithological section along line II–II. 1 – bulk soil;2 – loam; 3 – sandy loam; 4 – sand; 5 – sands with shells, 6 – sandstone. [1].**

Аллювиальные отложения представлены мелкозернистыми и пылеватыми (преобладают пылеватые) песками светло-серого цвета с прослойками мелкозема общей мощностью до 0,4 м, легкими пылеватыми супесями, суглинками светло-серого и желтовато-серого цвета, прослойками песков, а также глинами зеленовато-серого, темно-серого и охристого цветов мощностью до 0,3 м [1-4]. Обобщающие значения физических свойств аллювиальных грунтов представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Минимальные и максимальные значения физических свойств аллювиальных отложений г. Нукуса**

| Грунт | Возраст грунта | Природная влажность, % | Плотность, г/см$^3$ | Плотность частиц, г/см$^3$ | Коэффициент пористости | Число пластичности |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Песок | $alQ_{IV}$ | 9,8-31,2 | 1,44-1,79 | 1,59-2,05 | 0,49-0,84 | - |
| Супесь | $alQ_{IV}$ | 14,0-28,9 | 1,48-1,69 | 1,89-1,96 | 0,59-0,83 | 0,7-6,9 |
| Суглинок | $alQ_{IV}$ | 16,3-28,8 | 1,50-1,67 | 1,89-1,96 | 0,61-0,80 | 8,3-14,2 |
| Глина | К | 16,4-32,4 | 1,43-1,73 | 1,86-2,02 | 0,59-0,92 | 17,8-26,2 |

**Методика исследований.** Одним из прямых методов оценки сейсмической интенсивности является метод сейсмической жесткости [5-10]. Под сейсмической жесткостью понимают величину, определяемую произведением двух физических величин грунтов: их плотности ρ и скорости распространения волны V (продольной или поперечной).

В основе метода – соотношение скорости распространения волн в верхнем слое (на глубине 10-30 м) грунтов в исследуемой точке к скорости распространения сейсмических волн грунтов в опорной точке. Скорость распространения сейсмических волн в грунтах определяют методом сейсморазведки. При этом используются типовые методы сейсморазведочных исследований. Основные из них – метод преломленных волн (МПВ) и метод распространения поверхностных волн (MASW).

На территории г. Нукуса выполнены сейсморазведочные исследования методом (MASW) по 83 профилям и определены скорости распространения поперечных волн Vs в 30-метровой толще. Пример пикирования дисперсионной кривой на одном из профилей [11] отражен на рис. 4.

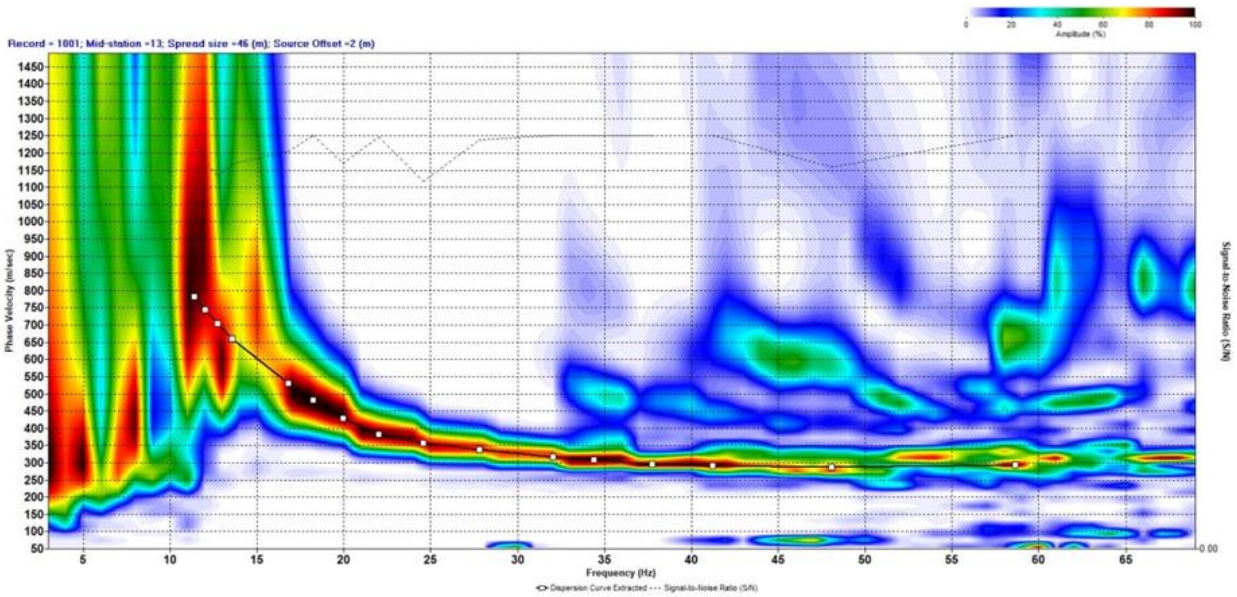



**Рис. 4. Пример пикирования дисперсионной кривой.**
**Fig. 4. Example of picking dispersion curve.**

На основании анализа полученных результатов по методу MASW по формуле определена величина средних значений поперечных волн в 30-метровой толще.

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{Si}}}.$$

По точечным координатам профилей исследований составлена карта изменения средних поперечных скоростей волн в пространстве (рис. 5).

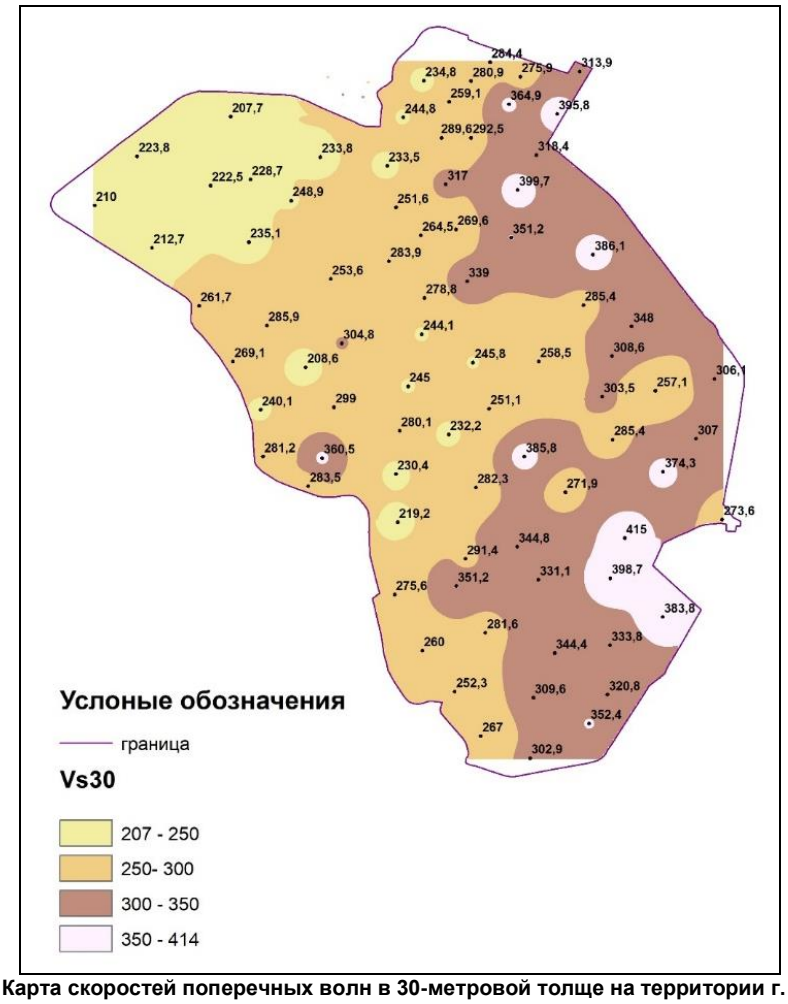



**Рис. 5. Карта скоростей поперечных волн в 30-метровой толще на территории г. Нукуса.**
**Fig. 5. Map of transverse wave velocities in 30-meter strata in the territory of Nukus city**

Прирост сейсмической интенсивности методом сейсмической жесткости определялся по двум физическим параметрам – средняя поперечная скорость волны грунтов на глубине 30 м и показатель плотности грунтов на этой глубине.

Средняя плотность грунтового слоя определяется по формуле:

$$\rho_{30} = \frac{\sum_{i=1}^{N} (\rho_i \times h_i)}{30}$$

Изменение величины сейсмической интенсивности относительно грунтовых условий ΔIс находим по формуле:

$$\Delta I_{с.ж} = 1.671 \lg \left( \frac{V_{S30,r.} \rho_{30,r.}}{V_{S30,i.} \rho_{30,i.}} \right),$$

где V – средние значения скорости распространения поперечной $V_{s30,r.}$ волны по расчетной толщине грунта, принятой за эталонную (репер), и исследуемой площади $V_{s30,i.}$; и $\rho_{30}$ – средние значения плотности грунта в толщине слоя эталонной и исследуемой территории.

Средний или реперный (название в последнем периоде) в качестве грунта обычно указывается в нормативном документе КМК 2.01.03-19 1.1. – средние грунты, приведенные в таблице, т. е. грунты II категории. В качестве реперного грунта при оценке сейсмической интенсивности территории г. Нукуса приняты супесь-суглинистые грунты, имеющие толщину 30 м, широко распространенные на территории. Эти грунты регламентируются нормативным документом (таблицы 1.1. КМК 2.01.03-19) в соответствии с грунтами II типа, где скорость поперечной волны $Vs_{30}$ = 450 м/с и плотность $\rho_{30}$ = 1,85 г/см$^3$.

**Обсуждение результатов.** Город Нукус расположен в зоне сочленения Букантауской и Султанувайсской сейсмогенных зон, сейсмический потенциал которых, по сейсмотектоническим и сейсмологическим данным, оценивается значением $M_{max}$ = 5,5-6,0. Современная сейсмическая активность в пределах города и его окрестностей весьма невысокая. За инструментальный период наблюдений в ближней окрестности города сильных и ощутимых землетрясений отмечено не было. Вместе с тем, в пределах той же Султанувайсской сейсмогенной зоны, на которой расположен город, на расстоянии 60-65 км от него, в 1208 г. произошло Куня-Ургенчское землетрясение с M = 6,1 с интенсивностью сотрясений в эпицентре $I_0$ = 7-8 баллов по шкале MSK-64.

По действующим картам общего сейсмического районирования ОСР-2017 [12, 13], построенным в рамках вероятностно-детерминистического подхода, территория города характеризуется следующими характеристиками сейсмических воздействий. Средний период повторения сотрясений с интенсивностью I = 6 по шкале MSK-64 баллов составляет T = 200-300 лет, а с интенсивностью I = 7 баллов – T = 1200-1500 лет.

Проведенные Р.С.Ибрагимовым, Т.Л.Ибрагимовой, М.А.Мирзаевым и С.Ашуровым [11] более детальные исследования на территории расположения г. Нукуса в рамках проекта сейсмического микрорайонирования позволили оценить сейсмические воздействия для II категории грунтов, согласно которой для вероятности 0,95 исходная сейсмичность составляет 6,85 баллов (табл. 2).

*Таблица 2*

**Числовые характеристики сейсмических воздействий в баллах макросейсмической шкалы MSK-64 на грунтах II категории по сейсмическим свойствам**

| **P** | **0,9** | **0,95** | **0,98** | **0,99** |
|---|---|---|---|---|
| **T, годы** | **475** | **975** | **2475** | **4975** |
| **I, балл** | **6** (6,45) | **7** (6,85) | **7** (7,37) | **8** (7,65) |

**Оценка $Vs_{30}$ для решения задач оценки сейсмической интенсивности.** Проведенные исследования позволяют определить параметры $Vs_{30}$ – средняя скорость пробега поперечных волн в 30-метровой грунтовой толще, которая является одним из определяемых параметров при оценке сейсмической жесткости грунтовой толщи [7, 8]. Во всех точках наблюдений были рассчитаны значения $Vs_{30}$. Согласно полученным результатам, скорости $Vs_{30}$ по всей площади находятся в диапазоне 207-414 м/с. Территорию города можно условно разделить по значениям скорости поперечных волн на четыре зоны со значениями $Vs_{30}$: 1 – 200-250 м/с; 2 – 250-300 м/с; 3 – 300-350 м/с и 4 – более 350 м/с.

**Оценка приращения сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей.** Приращения сейсмической интенсивности по МСЖ определялись на основании значений скоростей $Vs_{30}$, полученных по результатам сейсморазведки методом MASW с учетом параметров выбранного реперного грунта. При этом также учитывалось значение плотности 30-метровой толщи грунтов и плотность реперного грунта. На рис. 6 приведена карта с результатами приращения сейсмической интенсивности для 83 пунктов сейсморазведочных наблюдений в г. Нукусе, где приращение сейсмической интенсивности меняется в зависимости от

строения и литологического состава, а также техногенного изменения 30-метровой грунтовой толщи, согласно которой приращение меняется в пределах +0,09 +0,68 баллов.

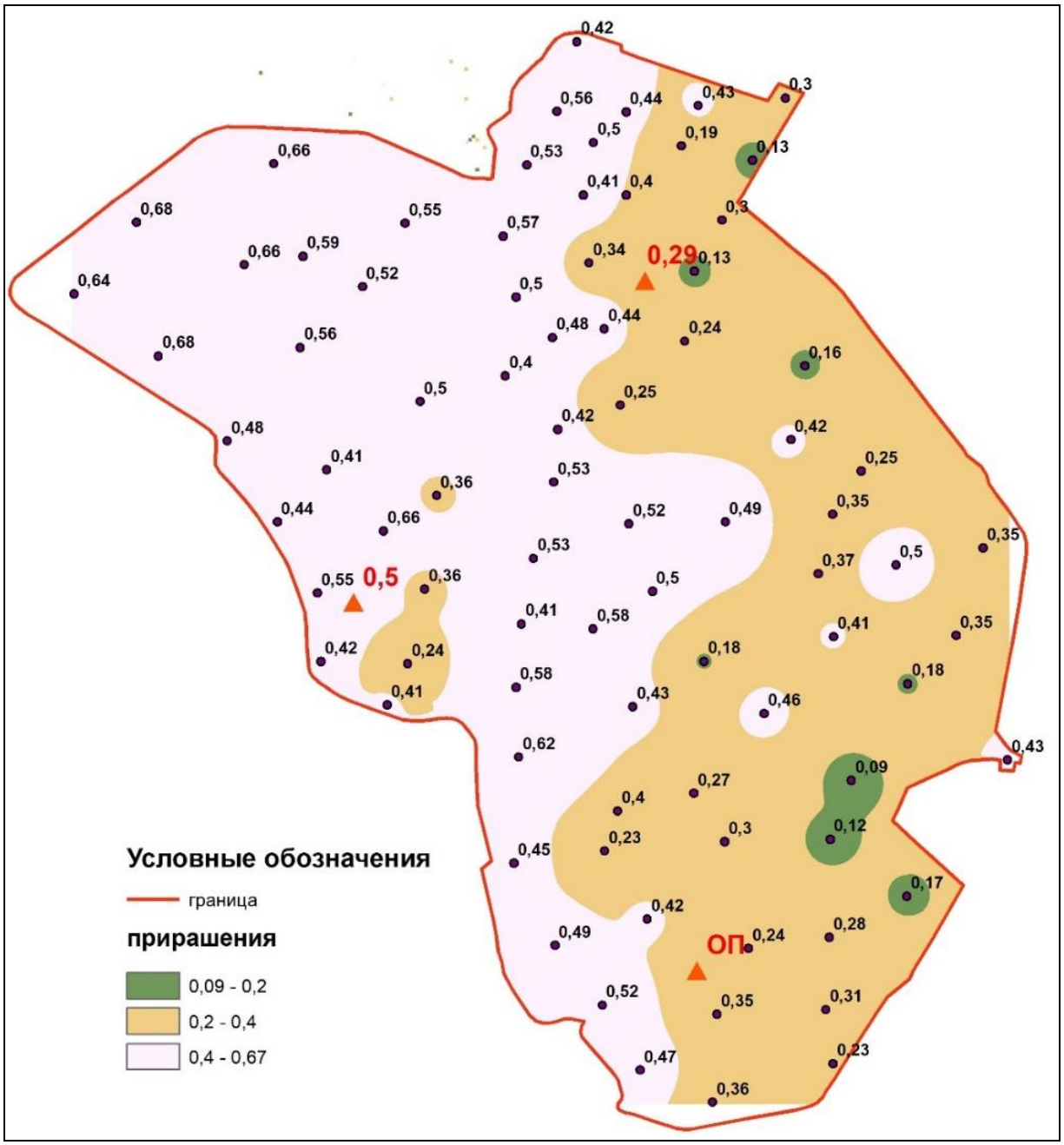



**Рис. 6. Карта приращений сейсмической интенсивности по методу сейсмических жесткостей в г. Нукусе.**
**Fig. 6. Map of seismic intensity increments by the method of seismic stiffnesses in Nukus city**

**Оценка сейсмической интенсивности в макросейсмических баллах.** Исходя из результатов по оценке исходной сейсмичности территории города для вероятности на уровне не превышения 95% сейсмических воздействий в течение 50 лет и приращение сейсмической интенсивности для 83 пунктов наблюдения, проведены расчёты по определению расчетной сейсмичности для пунктов наблюдения. Так, максимальное значение расчетной сейсмичности составляет (6,85 баллов плюс 0,68 баллов) 7,53 баллов в северо-западной части города. На большей части территории города расчетная сейсмичность менее 7,5 баллов. В результате укрупнения значения расчетная сейсмичность территории г. Нукуса составляет 7 баллов (рис. 7).

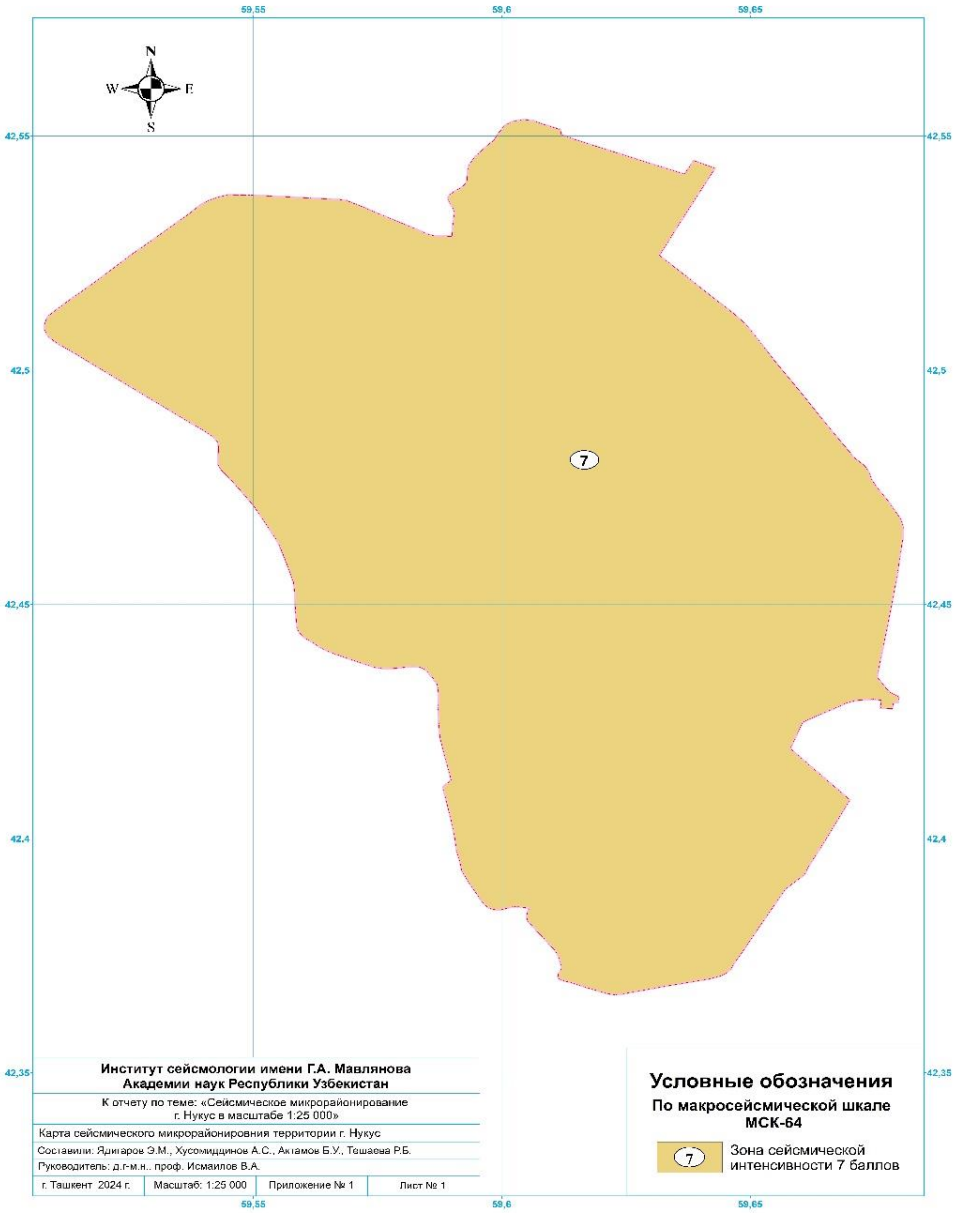



**Рис. 7. Итоговая карта сейсмической интенсивности в баллах.**
**Fig. 7. Final map of seismic intensity in points**

## Заключение

Таким образом, территория г. Нукуса относится к средней категории по сложности инженерно-геологических условий. В области исследований грунты третьей категории по сейсмическим свойствам. В рамках сейсмического микрорайонирования территории г. Нукуса проведены исследования (сейсморазведка) на 83 геофизических точках. В результате рассчитаны значения $V_{s30}$ в каждой геофизической точке, а также значения приращения сейсмической интенсивности. Значения $\triangle I$ в пределах от +0,09 до +0,66. Общая сейсмическая интенсивность 7 баллов за счет того, что исходная сейсмичность г. Нукуса составила 6,85 балла.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов ALM-202311142839 «Создание симуляционной цифровой модели города Ташкента, позволяющей оценить уровень экономического ущерба при воздействии сильных землетрясений», AL-5822012294 «Разработка технологии прогнозирования риска сильных землетрясений» и AL-5822012298 «Создать электронную базу по сейсмологическим показателям грунта для замены в нормативном документе в таблице 1.1. сейсмологической части КМК “Строительство в сейсмических районах”»

прикладных проектов Агентства Инновационного развития, а также «Исследование свойств дисперсных грунтов при сильных землетрясениях в лабораторных и полевых условиях и разработка их классификации» – фундаментальной темы АН РУз.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Аимбетов И.К., Бекимбетов Р.Т.* Особенности инженерно-геологического обоснования по проектированию фундаментов на засоленных грунтах города Нукуса. - Нукус: Илим, 2023. - 136 с.
2. *Каюмов А.Д., Агзамова И.А., Худойкулов Р.М.* Шўрланган грунтли йул кўтармалари. - Т., 2013. - 132 б.
3. *Сейтниязов Ш.* Об инженерно-геологических свойствах аллювиальных отложений на территории г. Нукуса // Вестник Каракалпакистанского фиала АН УзССР. - 1973. - № 2. - С. 11-16.
4. *Johanson O., Aimbetov I.K., Jerker J.* Varation of ground-water salinity in partially irrigated Amudarya river delta, Uzbekistan // Jurnal of Marine sustems. - 2009. - Vol. 76. - Issue 3. - P. 287-295.
5. ГОСТ 34511-2018. Землетрясения. Макросейсмическая шкала интенсивности. - М.: Стандартинформ, - 27 с.
6. ГОСТ Р 57546-2017. Землетрясения. Шкала сейсмической интенсивности. - М., 32 с.
7. *Алешин А.С.* Континуальная теория сейсмического микрорайонирования. - М.: Научный мир, 2017. - 302 с.
8. *Ismailov V.A. va b*. Shaharsozlikni rejalashtirish uchun mukammal seysmik hududlashtirish va mikrohududlashtirish bo‘yicha uslubiy qo‘llanma. - T., 2023. - 156 b.
9. ШНК 1.02.09-15-“Qurilish uchun muhandislik geologiya izlanishlari”. - T., 2015. - 156 b
10. *Медведов С.В.* Инженерная сейсмология. - М., 1962. - 192 с.
11. Нукус шаҳрининг 1:25 000 масштабда сейсмик микроҳудудлаштириш // Илмий-тадқиқот ишлари бўйича ҳисобот. - Т., 2024. - 93 бет.
12. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.* Complex of general seismic zoning maps OSR-2017 of Uzbekistan // Geodesy and Geodynamics, 2020. - 11 (4). - P. 273-292. https://doi.org/10.1016/j.geog.2020.03.004.
13. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.* Models of the macroseismic field earthquakes and their influence on seismic hazard assessment values for Central Asia // Geodynamics & Tectonophysics. - 2020. - 11 (3). - P. 606-623. https://doi.org/10.5800/GT-2020-11-3-0494.


**Nukus shahri hududida seysmik jadallikni baholash uchun muhandis-seysmologik tadqiqotlar natijalari to'g‘risida**

**V.A. Ismailov, A.S. Xusomiddinov, E.M. Yadigarov, J.Sh. Bozorov, A.F. Mansurov, A.B. Avazov, B.B. Xayriddinov**

**Annotasiya.** Nukus shahrida seysmik intensivlikni baholash bo‘yicha kompleks muhandislik-seysmologik tadqiqotlar natijalari keltirilgan. Grunt sharoitining seysmik intensivlik parametrlariga ta'siri seysmikqidiruv, shuningdek, muhandislik-geologik ma'lumotlar asosida ko'rib chiqildi. Seysmiklikni baholash muammolarini hal qilish uchun shahar bo‘ylab 83 ta nuqtada seysmikqidiruv ishlari olib borildi. Muhandis seysmologik natijalarni umumlashtirish asosida Nukus shahri hududining seysmik intensivlikning ortirmasi va seysmik mikrorayonlashtirish xaritalari tuzildi.

**Kalit so'zlar:** grunt sharoitlari, dastlabki seysmiklik, seysmik jadallikning ortirmasii, makroseysmik shkala, muhandislik-geologik rayonlashtirish.

**On the results of engineering-seismological research in the territory of Nukus to assess seismic intensity**

**V.A. Ismailov, A.S. Khusomiddinov, E.M. Yadigarov, J.Sh. Bozorov, A.F. Mansurov, A.B. Avazov, B.B. Xayriddinov**

**Abstract.** The article presents the results of complex engineering and seismological studies in the territory of Nukus to assess seismic intensity. The influence of soil conditions on seismic intensity parameters is considered based on seismic exploration and engineering and geological data. To solve the problems of seismicity assessment, seismic exploration works were carried out at 83 points throughout the city. Based on the generalization of engineering and seismological results, maps of seismic intensity increment and seismic microzoning of the territory of Nukus were compiled.

**Key words:** ground conditions, initial seismicity, increment of seismic intensity, macroseismic scale, engineering-geological zoning.

# ZILZILALARNI PROGNOZLASH

**УДК 550.343**

## НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ

**К.Н. Абдуллабеков**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*

**Аннотация.** Статья посвящена анализу научно-методических вопросов исследования комплекса предвестников землетрясений в Узбекистане и других странах. Предложены пути улучшения мониторинга комплекса сейсмопрогностических наблюдений, проводимых с целью прогнозирования землетрясений.

**Ключевые слова:** магнитное поле, вариация, магнетизм, вековые вариации, геодинамический полигон.

Широкомасштабные научные исследования по проблеме прогнозирования землетрясений в Узбекистане начаты после разрушительного Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. и создания Института сейсмологии. Институт был организован Постановлением Кабинета министров Республики Узбекистан от 31 августа 1966 г. за № -449 «О развитии в Узбекистане сейсмологических и сейсмотектонических научных исследований» [1]. Основное научное направление института – «Разработка научно-методических основ сейсмического районирования и прогнозирования землетрясений».

До Ташкентского землетрясения сейсмологические исследования были направлены на организацию сейсмических наблюдений и вопросы разномасштабного сейсмического районирования [2, 3]. Статья посвящена развитию научно-методических основ прогнозирования землетрясений в республике.

В настоящее время известно несколько десятков методов прогнозирования землетрясений. Они группируются на: геофизические, деформометрические, геохимические, биологические, метеорологические, космические и др. (табл. 1).

*Таблица 1*

**Виды методов прогнозирования землетрясений**

| Геофизические | Деформо-метрические | Гидрогео-сейсмологи-ческие | Метеоро-логические | Космические | Биологические |
|---|---|---|---|---|---|
| Магнитометрические (стационарные, повторные маршрутные, повторные площадные), электрометрические (ДЭЗ, теллурические токи, импульсное электромагнитное излучение. Атмосферное электричество) Гравиметрические Сейсмические Радиометрические | Геодезические (наземные, космические) Наклономет-рические, деформомет-рические | Изменения газо-химического состава и уровня подземных вод | Появление серебристых облаков | Изменения скорости вращения Земли, солнечные вспышки, приводящие к появлению магнитных бурь и потока космических лучей | Необычное поведение млекопитающих, рыб, змей и других видов животных |

Как видно из табл. 1, методов прогнозирования землетрясений много. Институт сейсмологии Академии наук и Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга Министерства по чрезвычайным ситуациям РУз в настоящее время занимаются комплексом геофизических, гидрогеосейсмологических и деформометрических методов прогнозирования землетрясений.

Проблемой прогнозирования места, силы и времени сильных землетрясений исследователи занимаются в течение нескольких столетий. Известны многочисленные предвестники с разной физико-химической, механической и другой природой (см. табл. 1). Выявлены долгосрочные, среднесрочные и краткосрочные предвестники. Каждый тип предвестника имеет свои пространственно-временные параметры. На специальных геодинамических полигонах многих стран ведется мониторинг комплексных сейсмопрогностических наблюдений. Имеются единичные случаи удачного и многочисленные неудачного прогнозирования места, силы и времени землетрясений. Конечный результат удачного или неудачного прогнозирования зависит от правильной организации методики сейсмопрогностических наблюдений на исследуемой территории. Идеальным является организация комплексного непрерывного сейсмопрогностического мониторинга на всей исследуемой территории методом повторных площадных съемок. Однако организация такого мониторинга обходится очень дорого и не рентабельна. Поэтому крайне важна организация наблюдений исключительно в сейсмогенных зонах, с учетом пространственно-временных параметров исследуемых предвестников.

Как принято в последнее время, основной причиной землетрясений являются геодинамические процессы в земной коре и верхней мантии. В Центрально-Азиатском регионе, согласно гипотезе литосферных плит, землетрясения вызываются в результате взаимодействия Индийской и Евроазиатской плит. Индийская плита в новейшее геологическое время в течение последних 50 млн. лет двигается в северном направлении со скоростью около 15-20 мм в год. В новейшее время Индийская плита продвинулась в северном направлении приблизительно на 1300 км. Это привело к столкновению Индийской плиты с Евроазиатской. В результате сжимающихся напряжений образовались горные системы Гималая, Памира и Тянь-Шаня.

С другой стороны, один из самых активных сейсмических поясов мира – Средиземноморско-Азиатский сейсмический пояс – проходит через центр этого сейсмоактивного региона, где происходят коровые и подкоровые землетрясения с магнитудой до M = 8,3.

Основная часть этой энергии расходуется на медленные горообразовательные процессы. В местах с высокими градиентами новейших и современных движений в земной коре образуются активные разломы. Эти протяженные зоны с высокими градиентами современных и новейших движений земной коры, аномалий гравитационного, магнитного, теплового и других полей в совокупности образуют сейсмогенные зоны. Очаги сильных землетрясений приурочены в основном к этим сейсмогенным зонам. Сильные землетрясения подготавливаются в течение нескольких десятков лет. Распределение очагов землетрясений по магнитуде строго подчиняются иерархическим рангам геотектонических структур [4-7]. Чем выше (больше) ранг сейсмотектонических структур, тем с большей магнитудой происходят землетрясения. Землетрясения готовятся в течение длительного времени, чем больше магнитуда готовящегося землетрясения, тем больше времени они готовятся.

Прогноз места, силы и времени готовящегося землетрясения осуществляется с помощью мониторинга комплексных сейсмопрогностических наблюдений. По генезису предвестники разделяются на «прямые» и «преобразованные».

К прямым относятся методы, основанные на регистрации (определении) мест накопления упругих напряжений, приводящих к землетрясениям, с помощью регистрации вертикальных и горизонтальных движений земной коры путем наземных или космических съемок современных движений земной коры, регистрацию наклонов земной коры с помощью наклонометрических и других наблюдений. В табл. 2 приведены результаты среднесрочных предвестников землетрясений, полученные прямыми методами [8].

*Таблица 2*

**Характерные времена среднесрочных предвестников землетрясений для различных магнитуд в сутках, полученные разными авторами [8]**

| | Lgt = aM + b | M = 4 | M = 5 | M = 6 | M = 7 | M = 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.79 M - 1.88, Tsubokawa, 1969 | 19,0 | 117,5 | 724,4 | 4466,8 | 27542,2 |
| 2 | 0.80 M - 1.92, Whitcomb et al., 1973 | 19,05 | 120,23 | 758,57 | 4786,3 | 30199,5 |
| 3 | 0.685 M 1.57, Scholz.et al., 1973 | 14,79 | 71,61 | 346,7 | 1678,8 | 8128,3 |
| 4 | 0.76 M - 1.83, Рикитаке, 1979 | 16,2 | 93,3 | 537 | 3090 | 17782 |
| 5 | 0.6 M - 1.01, Rikitake, 1979 | 24.5 | 97,7 | 389 | 1548 | 6166 |
| 6 | 0.73 M - 1.53, Садовский и др., 1979 | 24.5 | 132 | 708 | 3802 | 20417 |
| 7 | 0.52 M + 0.14, Talwani P., 1979 | 165 | 549 | 1819 | 6025 | 19952 |
| 8 | 0.27 M + 0.84, Муминов, 1990 | 83 | 154 | 288 | 537 | 1000 |
| 9 | 0.46 M + 0.08, Абдуллабеков, 1989 | 83 | 240 | 692 | 1995 | 5754 |
| 10 | 0.26 M + 0.63, Яковлева и др., 1994 | 46,7 | 85 | 155 | 281 | 512 |
| 11 | 0.3 M + 0.85, Абдуллабеков, 2008 | 2,1 | 224 | 446 | 891 | 1778 |
| Среднее | 0.593 M-0.751<br>в сутках<br>в месяцах<br>в годах | 45,27<br>1,49 | 171,27<br>5,6 | 623,9<br>20,5<br>1,7 | 2645,5<br>87<br>7,25 | 11202<br>368,5<br>30,7 |

Вторая группа предвестников возникает в результате изменения физических свойств среды за счет сжимающих напряжений в земной коре. К ним относятся изменения магнитных, электрических, упругих и других физических свойств среды. В свою очередь, они приводят к изменению электрических, магнитных, электромагнитных полей на поверхности земли. Накопление упругих напряжений в земной коре способствует также появлению импульсных электромагнитных излучений в широком диапазоне – от низкочастотных до среднечастотных и высокочастотных [9, 10].

Прогнозирование землетрясений осуществляется с помощью мониторинга вариаций комплекса предвестников. К настоящему времени найдены эмпирические зависимости между временем среднесрочных и долгосрочных предвестников и магнитудой землетрясений [8]. Найдены также эмпирические зависимости между расстоянием и магнитудой землетрясений. Установленные зависимости показывают, что чем сильнее подготавливающееся землетрясение, тем больше времени они готовятся и на большие расстояния распространяются предвестники. Следует отметить, что эмпирические зависимости были найдены путем использования экспериментальных данных, полученных не только в Узбекистане, но и в ряде других стран [8].

Установленные зависимости используются в деятельности Междуведомственной комиссии между Академией наук и Министерством по чрезвычайным ситуациям. Начиная с 15 июля 2020 г. на основании междуведомственного соглашения между Министерством по чрезвычайным ситуациям (№ 23) и Академией наук (№ 4/2) в области сейсмологии и сейсмопрогностического мониторинга, а также для защиты населения от сейсмической опасности Междуведомственная комиссия еженедельно, ежемесячно, ежеквартально и ежегодно выдаёт в МЧС, АН и в специальные органы информацию о произошедших и ожидаемых сейсмических событиях в Узбекистане.

За аномальное изменение принимается момент времени, когда интенсивность аномального изменения исследуемого поля в 3 и более раза превышает среднеквадратическую ошибку их выделения. За конец аномального изменения принимается момент времени последних измерений исследуемого поля, совпадающего с моментом произошедшего землетрясения. Для удобства пользования в табл. 3 приведены величины времен предвестников, соответствующие десятым долям магнитуд.

*Таблица 3*

**Расстояния проявления среднесрочных предвестников землетрясений (км) для различных магнитуд [8]**

| | M = 4,0-4,9 | M = 5,0-5,9 | M = 6,0-6,9 | M = 7,0-7,9 | M = 8,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| Среднее | 4,0 – 45,3 | 5,0 – 171 | 6,0 – 624 | 7,0 – 2645 | 11200 |
| | 4,1 – 52,3 | 5,1 – 188 | 6,1 – 700 | 7,1 – 2950 | |
| | 4,2 – 58 | 5,2 – 205 | 6,2 – 800 | 7,2 – 3400 | |
| | 4,3 – 66,5 | 5,3 – 230 | 6,3 – 920 | 7,3 – 3900 | |
| | 4,4 – 74 | 5,4 – 280 | 6,4 – 1150 | 7,4 – 4500 | |
| | 4,5 – 85,5 | 5,5 – 325 | 6,5 – 1270 | 7,5 – 5100 | |
| | 4,6 – 97 | 5,6 – 350 | 6,6 – 1480 | 7,6 – 5800 | |
| | 4,7 – 115 | 5,7 – 400 | 6,7 – 1600 | 7,7 – 6600 | |
| | 4,8 – 121 | 5,8 – 450 | 6,8 – 1900 | 7,8 – 7800 | |
| | 4,9 – 140 | 5,9 – 550 | 6,9 – 2150 | 7,9 – 9000 | |

Для надежного прогнозирования землетрясений прежде всего необходимо организовать оптимальную сеть сейсмопрогностических наблюдений. Точный прогноз места, силы и времени землетрясений осуществляется с помощью минимум трех методов. С помощью одного или двух методов трудно однозначно интерпретировать результаты мониторинга сейсмопрогностических наблюдений на полигонах. Каждый метод требует специфического подхода в принятии ответственного решения.

Так, прогнозные заключения выдаются, в основном, с помощью двух методов – магнитометрического и гидрогеосейсмологического.

До настоящего времени не организована нормальная работа геодезических методов. Раньше наземные измерения современных движений земной коры выполнялись методом повторного нивелирования и проводились силами Предприятия № 12. После перехода на космогеодезические работы с помощью повторных GPS съемок нормальный мониторинг космогеодезических работ не налажен.

Обзор и анализ геодезических работ, проведенных в Узбекистане и ряде зарубежных стран с целью прогнозирования сильных землетрясений методом повторного нивелирования, показывают их исключительную перспективность [11].

На полигонах Узбекистана наиболее перспективна организация мониторинга за геофизическими, гидрогеосейсмологическими и геодезическими методами. Остановимся более подробно на организации комплексных работ с целью исследования аномальных вариаций магнитного поля земли, современных движений земной коры, связанных с землетрясениями.

Ниже приведем некоторые уникальные результаты мониторинга вышеназванных предвестников, полученные на геодинамических полигонах Узбекистана и других стран. В статьях [12-14] приводились примеры выделения аномальных вариаций современных движений земной коры, связанных с Ниигатским землетрясением 1964 г. с магнитудой M = 7,5, происшедшего в Японии (рис. 1) и аномального изменения магнитного поля на пунктах Западного маршрута Ташкентского геодинамического полигона, связанного с Абайбазарским землетрясением 9 февраля 1971 г. с магнитудой M = 4,2 (рис. 2). Здесь характерно то, что аномальные изменения современных движений земной коры в Японии и магнитного поля в Узбекистане получены на 10 и более пунктах маршрута, проходящих вдоль сейсмогенных зон.

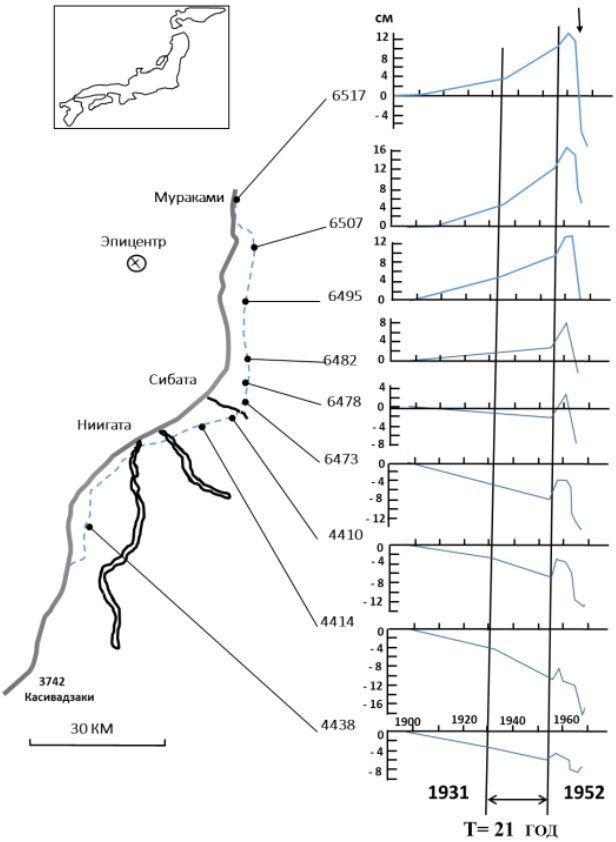



**Рис. 1. Временные вариации вертикального смещения нивелирных реперов вдоль побережья Японского моря до и после землетрясения Ниигата 1964 г. (М = 7,5) [12-14].**
**Fig. 1. Temporal variations of vertical displacement of leveling points along the coast of the Sea of Japan before and after the Niigata earthquake of 1964. (M = 7,5) [12-14].**

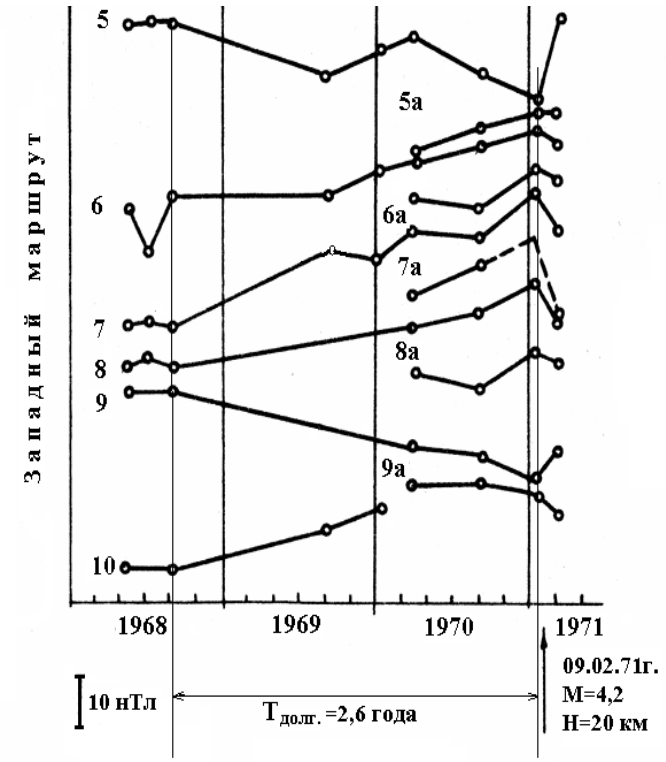



**Рис. 2. Аномальные изменения магнитного поля во времени в отдельных пунктах Западного маршрута, связанные с Абайбазарским землетрясением 9 февраля 1971 г. (Т долгосрочное = 2,6 года).**
**Fig. 2. Anomalous changes of the magnetic field in time at some points of the Western Route, related to the Abaybazar earthquake on February 9, 1971 (T long-term = 2.6 years).**

Рассмотрим результаты аномальных изменений современных движений земной коры, связанные с рядом сильных землетрясений, полученных на пунктах, расположенных вкрест простирания активных разломов (рис. 3) [11].

Приведенные результаты показывают важность учета методических требований при организации мониторинга комплекса сейсмопрогностических наблюдений. Основные из них:

• Выбор маршрутов повторных измерений. Они должны проходит вдоль и вкрест простирания сейсмогенных зон.

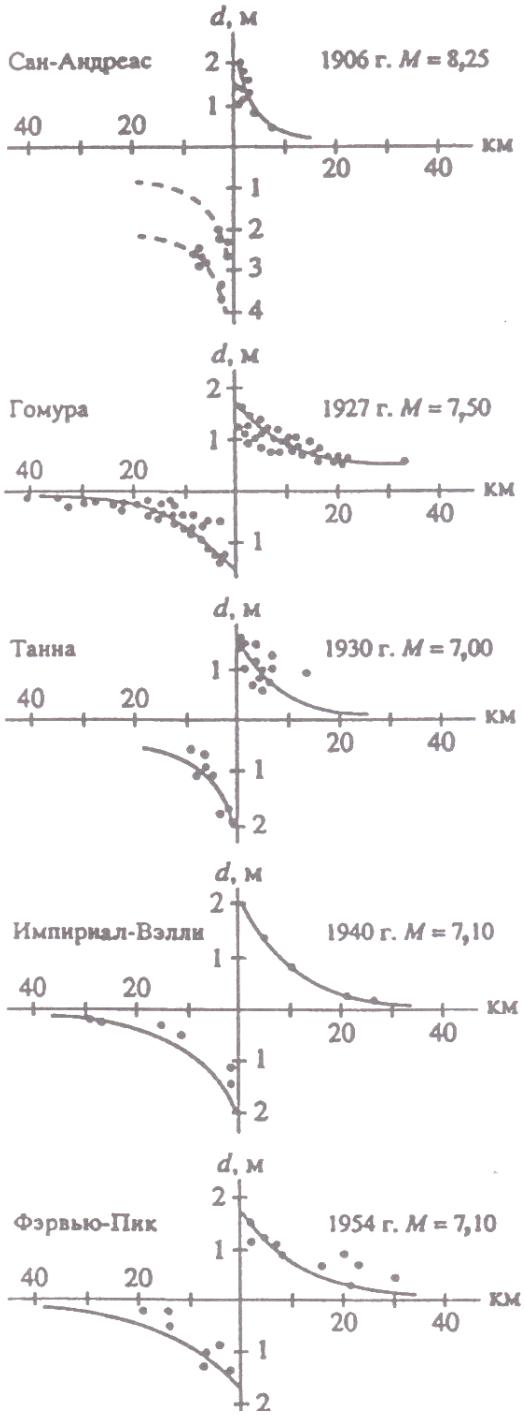



**Рис. 3. Реальное распределение смещений пунктов триангуляции в зонах сейсмогенных разломов при сильных коровых землетрясениях в зависимости от удаления геодезических пунктов от разломов [11].**
**Fig. 3. Real distribution of displacements of triangulation points in zones of seismogenic faults in strong crustal earthquakes depending on the distance of geodetic points from faults [11].**

Из приведенных примеров видно преимущество закладки маршрутов вдоль сейсмогенных зон. При закладке вдоль сейсмогенных зон вероятность обнаружения аномальных изменений, связанных с землетрясениями, намного больше, чем вкрест (перпендикулярно) простирания сейсмогенных зон. Это наглядно видно из приведенных примеров. При закладке вдоль сейсмогенных зон предвестники обнаружены на десяти и более пунктах (см. рис. 1, 2). На рис. 3 приведены результаты аномальных изменений современных движений на пунктах, расположенных вкрест простирания сейсмогенных зон и связанных с рядом сильных землетрясений [11]. Как видно из рисунка, максимальные изменения приурочены к разломным зонам. Аномальные изменения быстро затухают всего на 20-30 км от разлома. В то же время аномальные изменения вдоль простирания разломов протягиваются на 50-60 км и более. Аналогичный результат получен и по данным повторных маршрутных съемок магнитного поля по Секущему маршруту, проходящему вкрест простирания Каржантауского разлома северо-западно–юго-восточного направления (рис. 4). Аномальные изменения магнитного поля быстро затухают всего на расстоянии 15-20 км. Для получения более подробной информации методом вкрест простирания необходимо существенно увеличить количество профилей. Это приведет к существенному увеличению финансовых расходов.

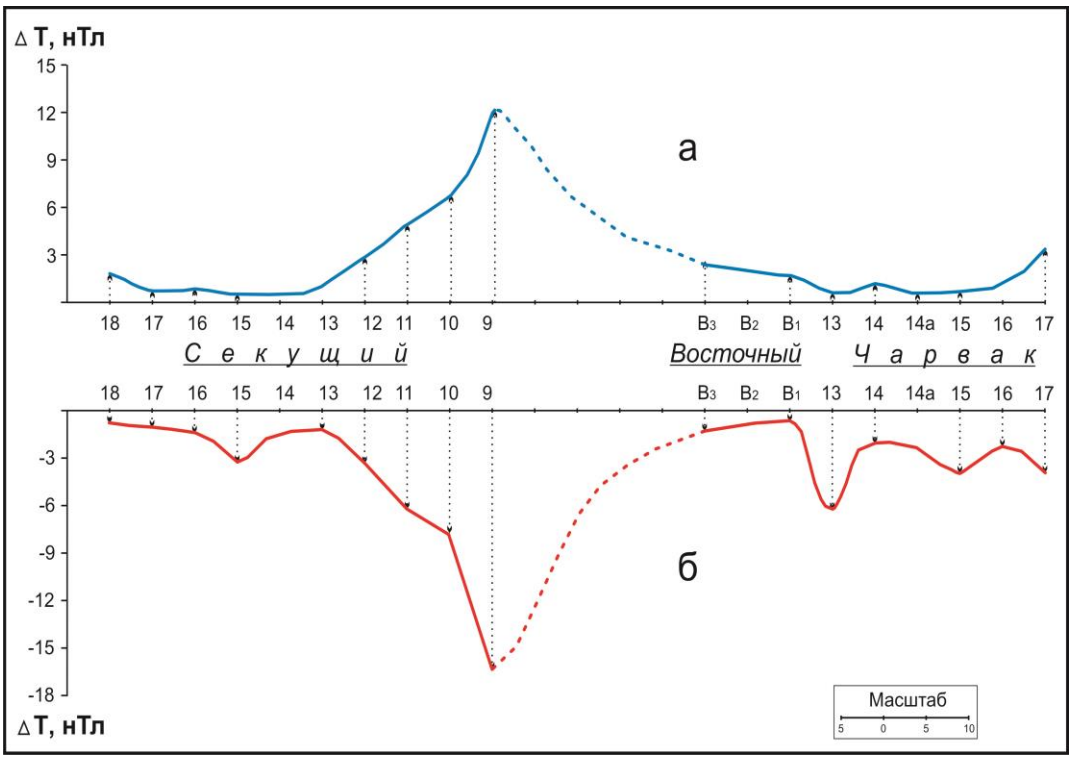



**Рис. 4. Изменения магнитного поля по профилю Дарваза-Гишткуприк-Чирчик-Чарвак, в период Таваксайского землетрясения 6.12.1977 г. (*а* – 1973-1975 гг., *б* – 1975-1977 гг.).**
**Fig. 4. Changes of magnetic field along the Darvaza-Gishtkuprik-Chirchik-Charvak profile, during Tavaksay earthquake 6.12.1977 (a - 1973-1975, b - 1975-1977).**

Еще один важный элемент – организация мониторинга сейсмопрогностических наблюдений стационарными и повторными маршрутными или площадными съемками. При стационарных наблюдениях объем фактического материала во времени существенно увеличивается, однако с расстоянием резко сокращается. Поэтому мониторинг комплексных сейсмопрогностических наблюдений нужно организовать с учетом пространственно-временных размеров предвестников. По нашему мнению, мониторинг комплексных наблюдений нужно организовать в сочетании стационарных и повторных маршрутных съемок. При этом стационарные наблюдения целесообразно организовать в комплексе с гидрогеосейсмологическими, электрометрическими (ДЭЗ, ЭМИ и др.), магнитометрическими, наклонометрическими и другими способами. Повторные маршрутные или площадные съемки целесообразно проводить магнитометрическими, геодезическими и другими методами.

До 1985-1990 гг. фундаментальные исследования по проблеме прогнозирования землетрясений в Институте проводились на мировом уровне. Найдены и исследованы комплексные деформометрические, геофизические, гидрогеосейсмологические предвестники землетрясений. Установлены закономерности их проявления во времени и пространстве. На уровне научных открытий исследованы импульсные электромагнитные излучения земной коры [9-10], изменения газо-химического состава подземных вод [15] и т. д. На основании обобщения результатов комплексных исследований в Узбекистане и ряде других стран разработана геофизическая модель процессов подготовки землетрясений [16].

## ЛИТЕРАТУРА


1. Постановление Кабинета министров Республики Узбекистан от 31 августа 1966 года за № 449 «О развитии в Узбекистане сейсмологических и сейсмотектонических научных исследований».
2. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. - Т.: Фан, 1971. - 672 с.
3. *Мавлянов Г.А., Ибрагимов Р.Н., Абдуллабеков К.Н. и др.* Геолого-геофизические критерии сейсмичности // Сейсмическое районирование территории СССР. - М.: Наука, 1980. - С. 169-174.
4. *Абдуллабеков К.Н.* Глобальные, региональные и локальные особенности проявления сейсмической активизации в Узбекистане // Проблемы сейсмологии. - Т.: ИС АН РУз, 2006. - № 3. - С. 5-11.
5. *Абдуллабеков К.Н., Туйчиев А.И.* Особенности проявления предвестников землетрясений с расстоянием и размеры геотектонических блоков // ДАН РУз. - 2016. - № 3. - С. 59-61.
6. *Abdullabekov K.N., Tuychiev A.I.* Manifestation of earthquake precursors with distance and dimension of geotectonic blocks // International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences. - India, 2019. - Vol. 9 (2). - P. 71-75.
7. *Абдуллабеков К.Н., Юсупов В.Р.* Пространственно-временные особенности проявления долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных предвестников землетрясений // Разведка и охрана недр. - 2022. - № 6. - С. 37-44.
8. *Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х., Туйчиев А.И.* Инструкция по прогнозированию землетрясений магнитометрическим методом. - Т.: Минитипография АН РУз, 2019. - 16 с.
9. *Мавлянов Г.А., Уломов В.И., Абдуллабеков К.Н. и др.* Исследования вариаций параметров электромагнитных полей в целях прогноза землетрясений // Узб. геол. журн. - 1979. - № 5. - С. 11-15.
10. *Абдуллабеков К.Н., Гохберг М.Б., Мавлянов Г.А. и др.* Электромагнитное излучение (ЭМИ) // Электромагнитные предвестники землетрясений. - М.: Наука, 1982. - С. 14-23.
11. *Певнев А.К.* Пути к практическому прогнозу землетрясений. - М.: ГЕОС, 2003. -153 с.
12. *Абдуллабеков К.Н., Юсупов В.Р.* Особенности проявления предвестников зземлетрясений в разноранговых геотектонических структурах // Геология и минеральные ресурсы. - 2023. - № 1. - С. 66-70.
13. *Абдуллабеков К.Н., Курбанов Б.Ю.* Закономерности проявления землетрясний и некоторые методические вопросы их исследования // Наука, защита, безопасность. - 2023. - № 1 (10). - С. 203-214.
14. *Мавлянов Г.А., Уломов В.И., Султанходжаев А.Н. и др.* Явление изменения химического состава подземных вод при землетрясении // Научное открытие, зарегистрированное 12 июня 1973 г. в Государственном реестре под № 129.
15. *Абдуллабеков К.Н.* Геофизическая модель процессов подготовки землетрясений // ДАН РУз. - 2008. - № 2. - С. 49-52.


**O'zbekistonda zilzilalarni bashorat qilish bo'yicha tadqiqotlarning ilmiy-uslubiy muammolari**

**K.N. Abdullabekov**

**Annotasiya.** Maqola O'zbekistonda va boshqa mamlakatlarda zilzila prekursorlari majmuasini tadqiq qilishning ilmiy-uslubiy masalalarini tahlil qilishga bag'ishlangan. Zilzilalarni bashorat qilish maqsadida amalga oshirilayotgan seysmoprognostik kuzatuvlar kompleksining monitoringini yaxshilash yo'llari taklif etildi.

**Kalit so'zlar:** magnit maydon, variasiya, magnetizm, asriy o'zgarishlar, geodinamik polygon.

**Scientific and methodological problems of research on earthquake forecasting in Uzbekistan**

**K.N. Abdullabekov**

**Annotation.** The article is devoted to the analysis of scientific and methodological issues of studying the complex of earthquake precursors in Uzbekistan and other countries. Ways to improve monitoring of the complex of seismic prognostic observations conducted for the purpose of earthquake forecasting are proposed.

**Key words:** magnetic field, variation, magnetism, secular variations, geodynamic polygon.

**UDK 550.343**

# YANGIBOZOR OBSERVATORIYASIDA GEOMAGNIT MAYDON VARIATSIYALARINING NAMOYON BO'LISH XUSUSIYATLARI

**S.A. Egamberdiev, V.R. Yusupov, S.S. Xusomiddinov, A.M. Azimov, N.R. Nuriddinov**

*O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi G.A.Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti*

**Annotasiya.** Maqolada Yangibozor observatoriyasida 2023 yil davomida yer magnit maydoni to'liq vektorining uzluksiz kuzatuv natijalari tahlil qilingan. Yer magnit maydonining sutkalik va mavsumiy o'zgarishlari xususiyatlari o'rganilgan va natijalar Alma Ata (AAA), Novorazalinsk (NKK), Vannovskaya (ASH), Dushetti (TFS) observatoriyalarida magnit maydon to'liq vektori bo'yicha asriy o'zgarishlari bilan taqqoslangan.

**Kalit so'zlar:** magnit maydon, variasiya, magnetizm, asriy variasiyalar, geodinamik poligon.

Yerning o'zgaruvchan magnit maydoni variasiyalari odatda ikki asosiy qismga bo'linadi: biri aniq davriy xarakterga ega bo'lgan o'zgarishlarni, ikkinchisi esa bunday davriy xarakterga ega bo'lmagan turli o'zgarishlarni o'z ichiga oladi. Ayniqsa, davriyligi hali aniq bo'lmagan doimiy magnit maydonning asriy variasiyalar hisoblanadi.

Geomagnit maydonning asriy o'zgarishlarini o'rganish yer magnetizmi tabiatini tushunishning eng istiqbolli usullaridan biridir. Asriy variasiyalar yer qobig'ida ro'y berayotgan fizik va kimyoviy jarayonlar oqibatida vujudga keladi. Asriy variatsiyalar yer magnit maydoni elementlari yillik o'rtacha qiymatlarining vaqt bo'yicha o'zgarishini ifodalaydi. Asriy variasiyalarni aniqlash uchun har bir elementning o'rtacha yillik qiymatlari hisoblab chiqiladi va qiymatlar orasidagi farqlar olinadi. Ketma-ket ikki yil orasidagi farqlar asriy variatsiyalar yoki asriy o'zgarish deb ataladi. Bunday holda, o'rtacha yillik qiymatlar har qanday magnit o'zgarishlardan holi hisoblanadi [1, 2].

Boshqa tadqiqotchilarning fikricha, asriy o'zgarish, bu ma'lum bir joyda doimiy ravishda sodir bo'ladigan yer magnit maydonining davriy bo'lmagan o'zgarishidir. Asriy variatsiyaning son qiymati magnit maydon biror elementining 12 oylik o'rtacha qiymatining vaqt bo'yicha o'zgarishlariga teng. Ushbu ta'rifga ko'ra, asriy variasiya bir oy ichida magnit maydon o'zgarishiga sabab bo'ladi, deb aytishimiz mumkin. Buni aniqlash uchun ikkita 12 oylik o'rtacha ko'rsatkichlar taqqoslanadi: biri yanvardan dekabrgacha bo'lgan o'rtacha 12 oylik, ikkinchisi keyingi yilning fevralidan yanvarigacha bo'lgan o'rtacha 12 oylik qiymatlar. Shunday qilib, vaqt bo'yicha ro'y berishi batafsilroq kuzatiladigan asriy variatsiya aniqlanadi [2].

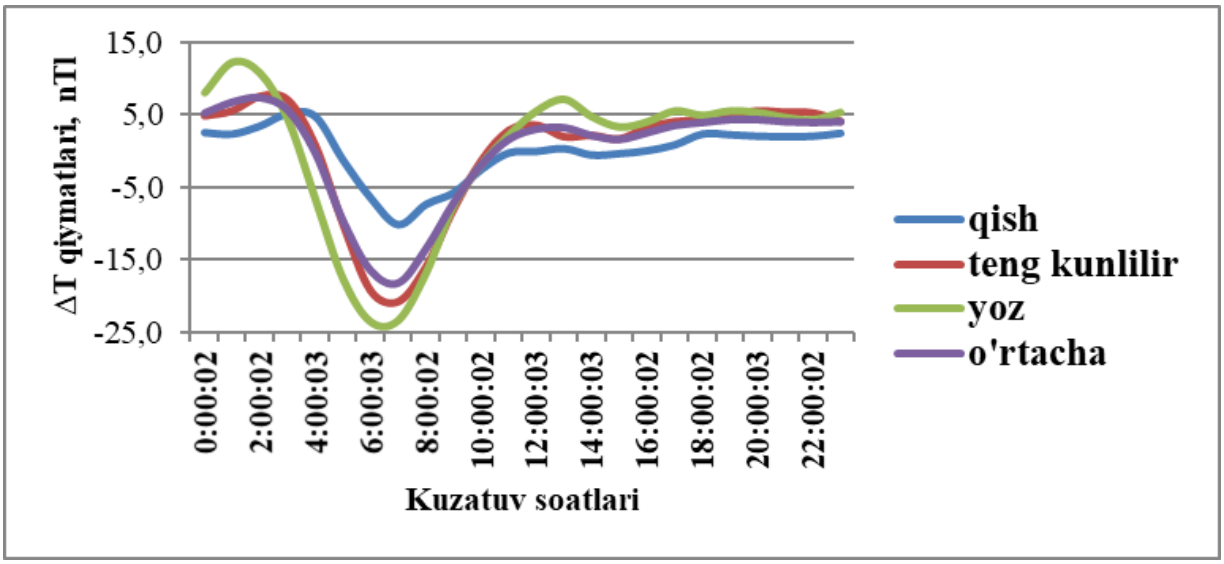
Hozirgi vaqtga kelib, yuqorida ta'riflangan klassik usullardan tashqari, qisqa va uzoq davrli variatsiyalar va geomagnit maydon elementlarining asriy o'zgarishini ularning xususiyatlarini hisobga olgan holda aniqlash uchun informativ usullar yaratilgan [3-7]. Ularning ba'zilari INTERMAGNET tarmog'iga kiruvchi observatoriyalar ma'lumotlari, ba'zilari geomagnit maydon elementlarininng ayrim geodinamik poligonlarda o'tkazilgan o'lchash natijalariga asoslangan.

Quyosh-sutka variatsiyalarining davomiyligi bir sutkaga teng va yerning o'z o'qi atrofida sutkalik aylanishidan vujudga keladi. Davriyligi bir kalendar yilga teng bo'lgan variatsiyalar yillik variatsiyalar deb ataladi va ular yerning Quyosh atrofida aylanishidan kelib chiqadi. Quyoshdan kelayotgan ultrabinafsha nurlanishlarning yer atmosferasini ionlashtirishi natijasida atmosferada nisbatan katta elektr o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan qatlam hosil qiladi. Atmosferaning harakati bu qatlamni yerning doimiy magnit maydonida ma'lum tarzda harakatlanishiga sabab bo'ladi, natijada sutkalik variatsiyalar yuzaga keladi. Quyosh-, oy- sutkalik variatsiyalar shunday tushuntiriladi. Birinchi holda, bu harakatlar Quyoshning tortish kuchi, ikkinchi holatda esa oyning tortishi natijasida sodir bo'ladi. Quyida biz yer magnit maydoni to'liq vektorining 2023 yil davomida o'zgarishlarini ko'rib chiqamiz. Ushbu ma'lumotlar Yangibozor observatoriyasida yil davomida olib borilgan uzluksiz kuzatuv natijalariga asoslangan.

Amalda, xalqaro kelishuvga muvofiq har oyda magnit bo'ronlardan holi bo'lgan eng sokin bo'lgan besh kunni (sokin kunlar) va magnit bo'ronlar eng katta bo'lgan besh kunni (bo'ronli kunlar) tanlash qabul qilingan. Agar sutkalik variatsiyalar bir kalendar oyining hamma kunlari bo'yicha o'rtacha qiymati bilan aniqlansa, bu variatsiyalar barcha kunlar uchun sutkalik variatsiyalar deb ataladi. Yer magnit maydoni to'liq kuchining hamma kunlar uchun sutkalik variatsiyalarini qisqacha ko'rib chiqamiz.

Maydon variatsiyalarini yil fasllariga bog'liqlik xususiyatlarini ko'rish uchun ularning o'zgarishlarini faqat o'rtacha yillik uchun emas, balki yilning uch mavsumi uchun ham o'rtacha qiymatlari keltirilgan. Yer magnetizmi ta'limotiga ko'ra yil fasllari uch mavsumga bo'linadi: yoz (may, iyun, iyul, avgust oylari), qish (noyabr, dekabr, yanvar, fevral oylari) va teng kunlilik (mart, aprel, sentyabr, oktyabr oylari) qabul qilinadi.

Misol tariqasida, biz mavsumlar va 2023 yilning barcha kunlarida geomagnit maydon to'liq vektori T ning sutkalik o'zgarishini ko'rib chiqamiz. Grafik tuzishda T ning bir soatlik o'rtacha qiymatlari olingan (1-rasm).




**1-rasm. 2023 yil bo'yicha yer magnit maydon to'liq tashkil etuvchisi T ning sutkalik o'zgariahi (yil mavsumlari bo'yicha).**
**Fig. 1. Daily variations of T, the total organizer of the Earth's magnetic field, for the year 2023 (by seasons).**

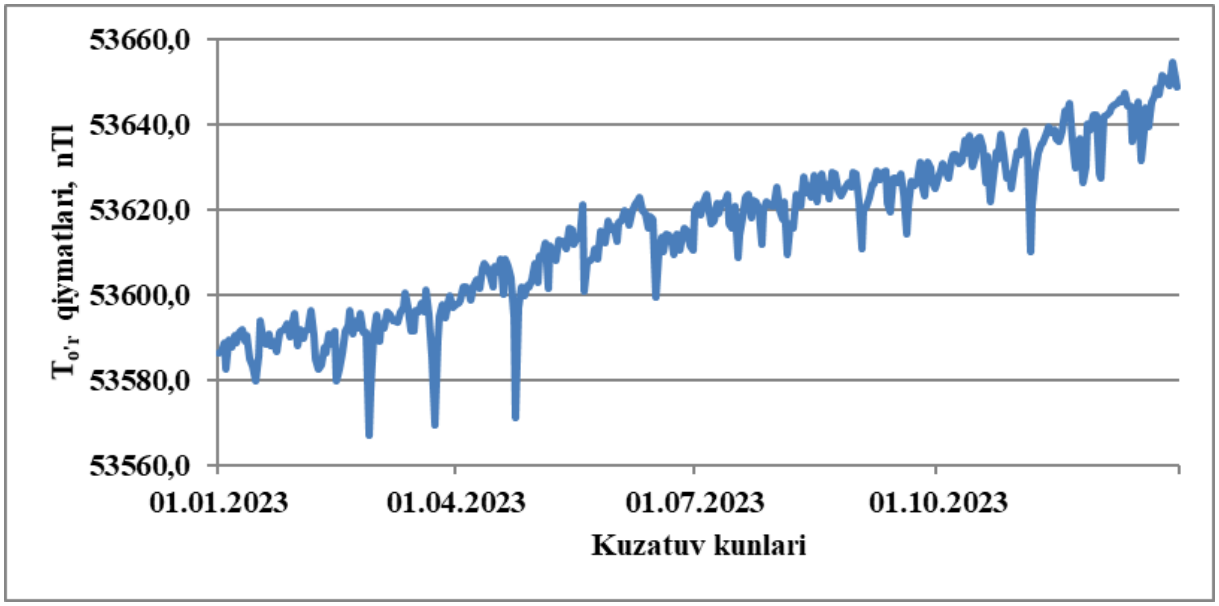
To'liq vektorni yilning barcha kunlari uchun sutkalik o'zgarishining asosiy xususiyati Grinvich vaqti bilan soat 6.00 va 7.00 oraliqlarida kuzatiladigan minimumning mavjudligidir (mahalliy vaqt bilan soat 11.00-12.00 larda). Bunga yana bir xarakterli xususiyati qo'shiladi, ya'ni kechki soat 15.00 va 16.00 oraliqlarida ikkinchi, ancha sayozroq minimum qayd etiladi (1-rasm). Barcha mavsumlarda sutkalik yurishlar soat 1.00-2.00 va soat 10.00-11.00 larda (mahalliy vaqt bilan soat 15.00-16.00 lar) da ikkita maksimum cho'qqiga ega. Quyoshning faollik darajasi oshgan sari to'liq vektorning variatsiyasi amplitudalari bir oz ortadi va bu hamma mavsumlar uchun o'rinli va mavsumga qarab turli qiymatlarga ega bo'ladi. Yoz mavsumidagi to'liq vektorning variatsiyasi amplitudalari minimumining o'rtacha qiymati -23,5 nTl ni va tengkunlik mavsumida – 22,1 nTl, qishda esa oldingi mavsumlarga nisbatan ancha sayoz, ya'ni -10,1 nTlni tashkil etadi. Shuni ta'kidlash lozimki, 2022 va 2023 yillarning deyarli hamma oylarida magnit maydonning sezilarli o'zgarishlari, ya'ni magnit bo'ronlari kuzatildi. Shuning uchun ham qish faslining har bir oyi sutkalik yurishi egri chiziqlari minimumlarining qiymatlari bir-biridan keskin farq qiladi va yer magnit maydonining sutkalik o'zgarishlari yil davomida turlicha bo'ladi.

Geomagnit maydon to'liq vektorining asriy o'zgarishi yuqorida ta'kidlanganidek, geomagnit madonning u yoki bu tashkil etuvchisining bir yil davomida o'rtacha yillik qiymatlarining o'zgarishi geomagnit maydonning asriy o'zgarishiga olib keladi. Asriy o'zgarishning qiymatlari yer yuzasidagi turli joylari uchun bir xil emas, ular bir qator fizik jarayonlarning umumiy natijasi bo'lib, ular davrdan davrgacha o'zgarib turadi va doimiy bo'lib qolmaydi.

Birinchi jadvalda geomagnit maydon to'liq vektorining 2023 yil yanvar-dekabr oylaridagi o'zgarishlari keltirilgan. Jadval ma'lumotlariga qaraganda fevral va iyun oylaridan tashqari hamma oylarda T ning qiymatlarini 0,8 dan 20,5 nTl gacha ortganini ko'rishimiz mumkin. Fevral oyida uning qiymati 14,3 va iyun oyida 1,9 nTl ga kamaygan. 2023 yilning 1 yanvardan 31 dekabrga qadar T ning qiymati deyarli 62,2 nTl ga ortgan. 2-rasmda to'liq vektor T ning yil davomidagi o'zgarishi keltirilgan, unda ko'rinishicha, T qiymatlarining uzluksiz ortib borishi kuzatiladi. Undan tashqari grafikda to'liq vektorning variatsiyalari bilan bog'lik ba'zi bir maksimum va minimumlar qayd etiladi.

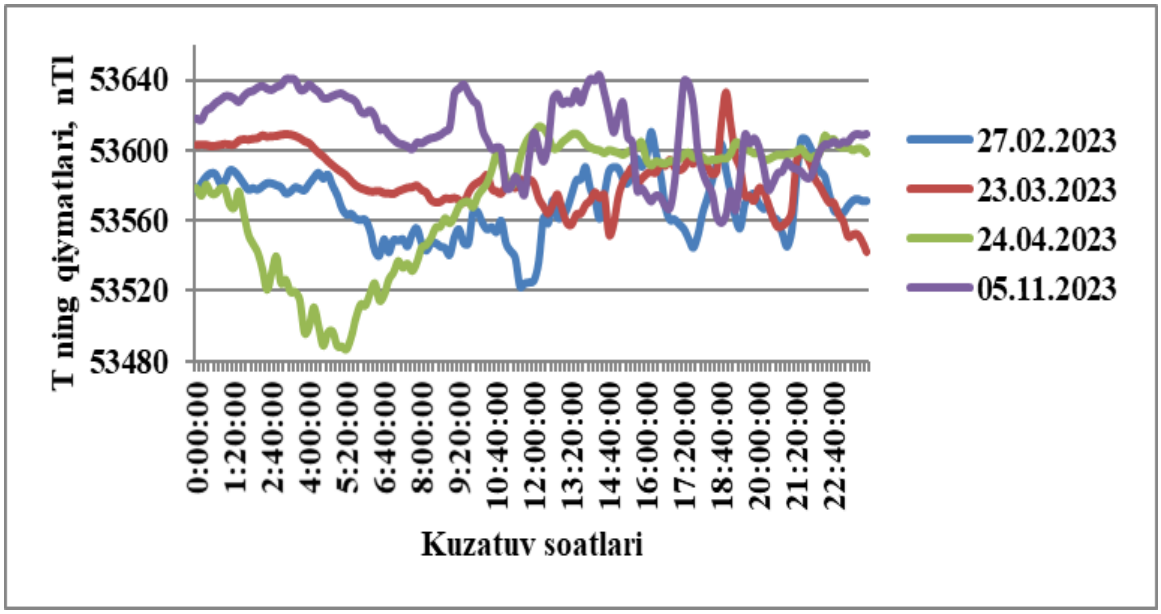
*1 jadval*

| Oylar | T ning oy boshidagi o'rtacha qiymati, nTl | T ning oy oxiridagi o'rtacha qiymati, nTl | ΔT farqi, nTl | T ning oylik o'rtacha qiymati, nTl |
|---|---|---|---|---|
| Yanvar | 53586,6 | 53588,3 | +1,7 | 53589,0 |
| Fevral | 53592,0 | 53577,7 | -14,3 | 53588,5 |
| Mart | 53591,0 | 53592,7 | +1,7 | 53594,1 |
| Aprel | 53597,7 | 53603,5 | +5,8 | 53601,5 |
| May | 53607,3 | 53616,1 | +8,8 | 53611,2 |
| Iyun | 53612,6 | 53610,7 | -1,9 | 53615,2 |
| Iyul | 53620,0 | 53620,8 | 0,8 | 53619,6 |
| Avgust | 53625,2 | 53628,4 | +3,2 | 53623,7 |
| Sentyabr | 53622,0 | 53624,9 | +2,9 | 53624,8 |
| Oktyabr | 53627,3 | 53633,4 | +6,1 | 53631,3 |
| Noyabr | 53633,1 | 53642,4 | +9,3 | 53635,3 |
| Dekabr | 53628,3 | 53648,8 | +20,5 | 53644,0 |




**2-rasm. Geomagnit maydon to'liq vektori qiymatlarining 2023 yil 1 yanvardan 31 dekabrgacha bo'lgan o'zgarishlari.**
**Fig. 2. Change of the full geomagnetic field vector values from January 1 to December 31, 2023.**

Magnit maydon to'liq vektorining minimal qiymatlari qayd etilgan kunlari turli intensivlikka ega bo'lgan magnit bo'ronlari kuzatildi. Masalan, 15 yanvar kuni kuchli (5 balli), 24 fevral kuni 3 balli, 24 mart kuni maydonning kuchsiz to'lqinlanishi kuzatildi, 21-24 aprel kunlari 6 balli, 1-6 sentyabr kunlari kuchli (6 balli), 2 dekabr kuni 4 balli, 5 noyabr kuni 6 balli magnit bo'ronlari qayd etildi. 3 rasmda yuqorida qayd etilgan magnit bo'ronlari ro'y bergan ayrim kunlarda magnit maydon to'liq vektorining sutkalik variatsiyalari keltirilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, hamma holatlarda ham o'zgarish egri chizig'i turlicha va ular musbat hamda manfiy ifodaga ega bo'lgan magnit buxtalarini eslatadi. Shulardan ayrimlarini ko'rib chiqamiz, masalan, 24 aprel kuni Grinvich vaqti bilan soat 15:30 da amplitudasi 78,2 nTl, 27 fevral soat 11:40 da -44,6 nTl, 23 mart soat 23:50 da 41,2 nTl, 5 noyabr kuni soat 18:40 da 50,9 nTl bo'lgan manfiy buxtalar, 27 fevral soat 16:10 da amplitudasi 42,5 nTl, 23 mart kuni soat 18:50 da 49,7 nTl, 24 aprel kuni soat 12:00 da 40,8 nTl, va 5 noyabr kuni 16:50 da amplitudasi 42,7 nTl bo'lgan musbat buxtalar qayd etilgan (3-rasm).




**3-rasm. Geomagnit maydon to'liq vektorining magnit bo'ronli kunlardagi sutkalik o'zgarishi.**
**Fig. 3. Daily variations of the total geomagnetic field vector on days of magnetic storms.**

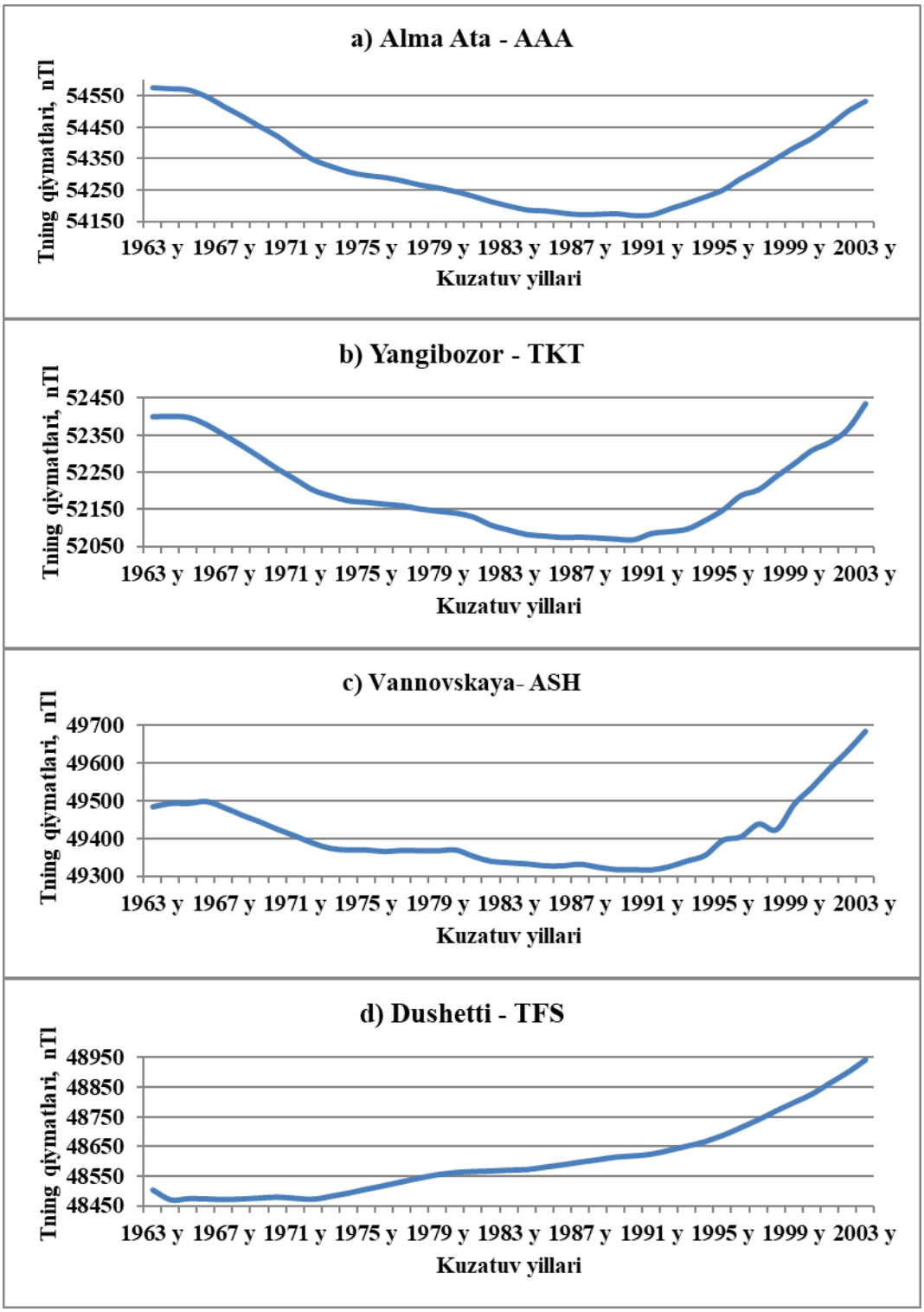
Biz yuqorida turli darajali magnit bo'ronlari qayd etilgan ayrim kunlarnigina grafiklarini keltirdik va izohladik, 2023 yilning ba'zi oylarida magnit maydonining o’zgarishi uzluksiz ravishda kuzatildi, masalan, yanvar, fevral, yoz oylari hamda dekabr oylari misol bo'la oladi.

Magnit maydon to‘liq vektorining asriy o'zgarish xususiyatlari tabiatini o‘rganish maqsadida Yangibozor observatoriyasida o‘tkazilgan uzluksiz kuzatish natijalarini Kavkaz va Markaziy Osiyoning turli seysmik hududdarida joylashgan observatoriyalar ma’lumotlari bilan solishtirib ko‘rildi, ular Xalqaro ma’lumotlar markazi MSD-B2 (Moskva) saytidan olindi [9].

Bu yerda Alma Ata (AAA), Yangibozor (TKT), Vannovskaya (ASH) va Dushetti (TFS) observatoriyasining 1963-2003 yillardagi ma'lumotlari keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, hamma observatoriyalar ma'lumotlari olingan yillari turlichadir. Shu sababli magnit maydon to‘liq vektorining observatoriyalar bo‘yicha asriy o'zgarishlarinii solishtirishda va ular orasidagi farqni aniqlashda, hamma observatoriyalar uchun bir xil yillar tanlab olindi va tahlil qilindi. Solishtirish natijalari 4- va 5-rasmlarda keltirilgan. 4-rasmda magnit maydon to‘liq vektorining observatoriyalar bo‘yicha asriy o'zgarishlari keltirilgan. Rasmdan ko‘rinib turibdiki, Alma Ata observatoriyasi ma'lumotiga ko'ra tuzilgan T ning o'zgarish grafigi deyarli parabola ko'rinishiga ega. 1963 yilda magnit maydon to'liq vektori 54575 nTl qiymatga ega bo'lib, 1990 yilgacha 405 nTlga kamayadi, 1991 yildan 2003 yilga qadar 360 nTlga ortadi. (4, *a*-rasm). Yangiboz observatoriyasi ma'lumotlariga asosan Tning asriy o’zgarishi ayrim jihatlarini hisobga olmaganda, Alma Ata observatoriyasinikiga o'xshashdir. 1965 yildan 1990 yilga qadar 333 nTl ga kamayadi. 1991 yildan 2003 yilgacha 350 nTl ga ortadi (4, *b*-rasm).

Vannovskaya (ASH) observatoriyasi ma’lumotlari bo‘yicha to‘liq vektorning asriy o'zgarishi grafigi ham ayrim jihatlari bilan Alma Ata va Yangibozor observatoriyalari grafigi bilan deyarli mos tushadi, T ning qiymati 1967-1973 yillarda 9 nTl ga kamayadi va 1974-1980 yillarda uning qiymatlari deyarli o'zgarmaydi – bu yillar orasidagi farq 2-3 nTlni tashkil etadi. Keyingi yillarda, y'ani 1981-1991 yillarda 36 nTl ga kamaysa, 1992-2003 yillarda 360 nTl ga ortadi (4, *c*-rasm).

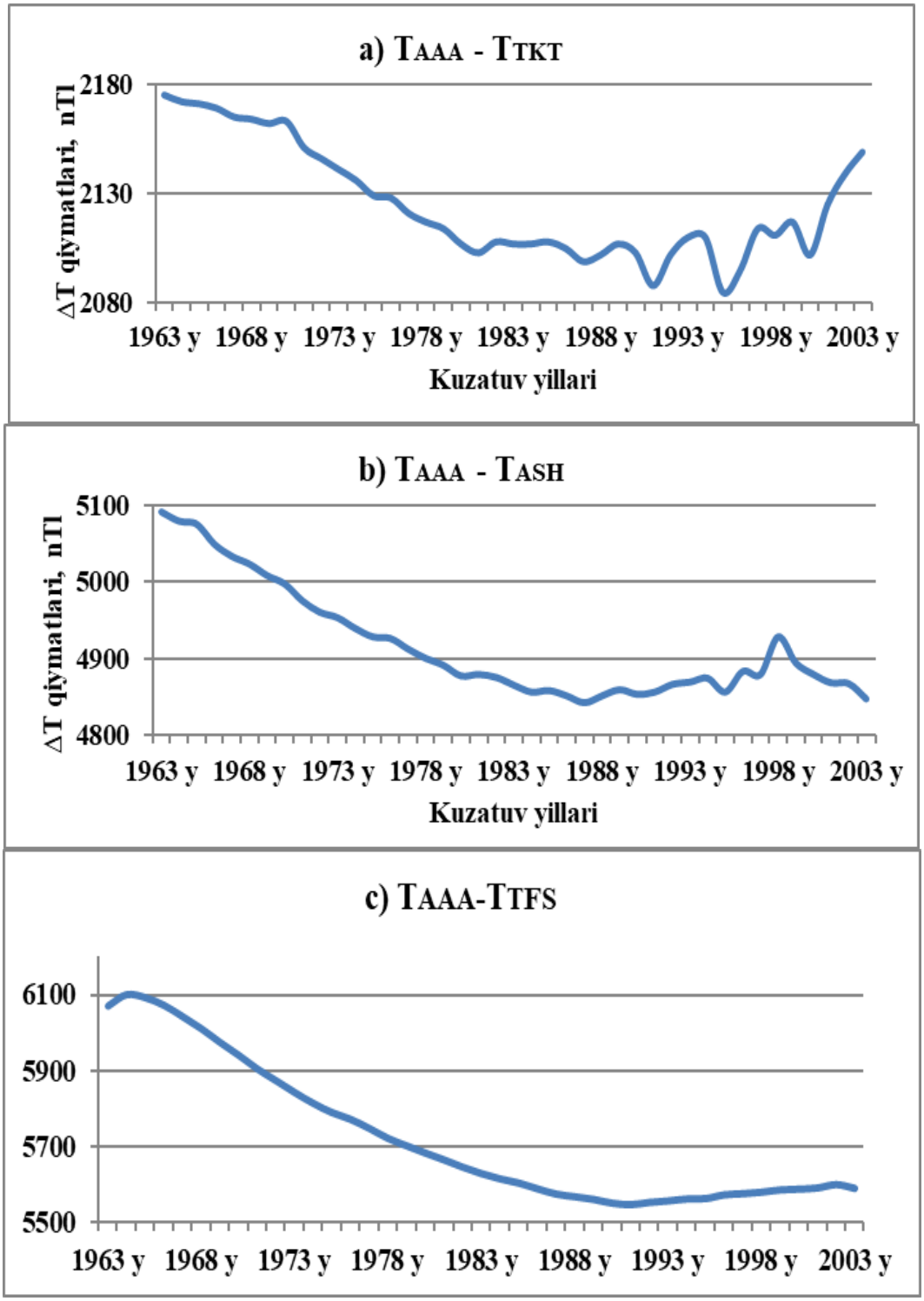
Dushetti (TFS) observatoriyasi uchun tuzilgan grafikda Tning qiymatlari 1963 yildan 1964 yilgacha 33 nTlga kamayadi va undan keyingi yillarda turli tezliklar bilan orta boradi. 1964-2003 yillar oraliqdagi ortish 471 nTlni tashkil etadi (4, *d*-rasm).




**4-rasm. Yer magnit maydon to'liq vektorining asriy o'zgarishining lokal xususiyatlari.**
**Fig 4. Local characteristics of the secular variation of the Earth's total magnetic field vector.**

Yuqoridagilardan ko‘rinishicha, Markaziy Osiyoda joylashgan observatoriyalarda magnit maydon to‘liq vektorining qiymatlari, uzluksiz kuzatish ishlari boshlangan vaqt davomida, bir necha marta o‘zgarib boradi. Magnit maydon to'liq vektorining qiymatlari turlicha bo'lishiga qaramay, uning asriy yurishi deyarli bir hil ko'rinishga ega (4-rasm).

Magnit maydon to'liq vektorining asriy o'zgarishlarini o'rganish maqsadida observatoriyalar ma'lumotlari orasidagi farq ham o'rganildi. Bunung uchun tanlangan xududning eng chekka shimoli-sharqida joylashgan Alma Ata observatoriyasi ma'lumotlari asos qilib olindi. Olingan natijalar 5-rasmda keltirilgan. Undan ko‘rinishicha, Tning Alma Ata va Yangibozor observatoriyalari orasidagi farqi (ΔT) 1981 yilgacha sezilarsiz ortishlar bilan kamayib boradi. 1982-1985 yillar o’rasida ΔTning qiymatlari deyarli o'zgarmaydi. Keyingi oraliqda grafik "arrasimon" ko'rinishga ega bo'ladi: ΔT goh



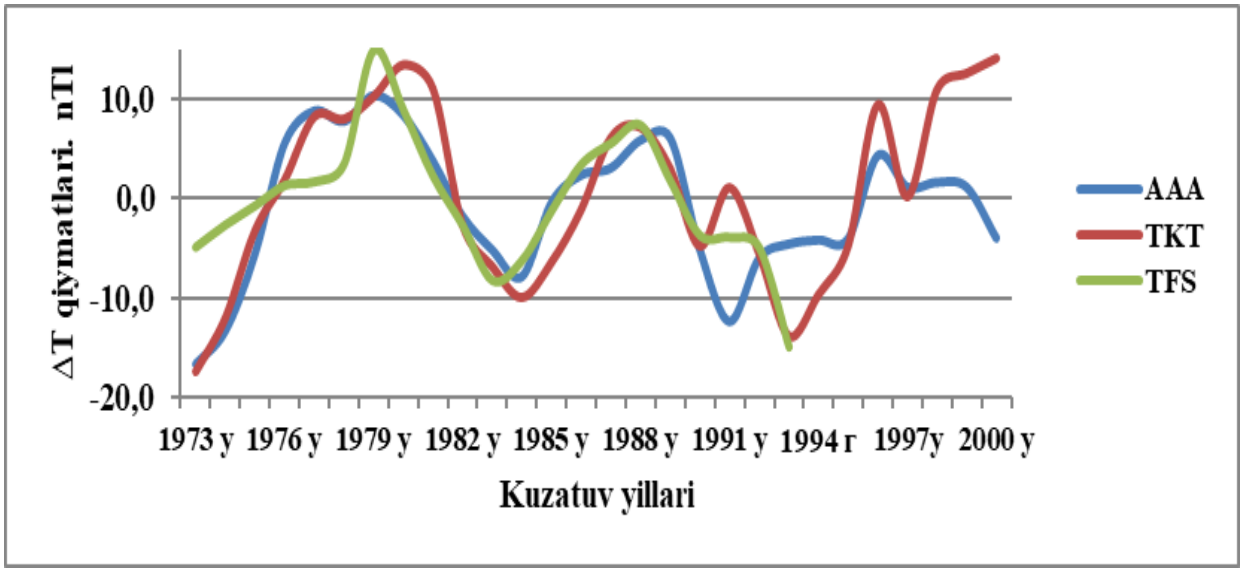

**5-rasm. Magnit maydon to‘liq vektorining Alma Ata observatoriyasiga nisbatan farqi.**
**Fig. 5. Difference of the total magnetic field vector relative to the Alma-Ata Observatory.**

ortadi, goh kamayadi. 1991 yilda ΔT – 2088 nTl, 1995 yilda – 2085 nTl, 2000 yilda – 2102 nTl, 2003 yilda – 2149 nTl qiymatlarni qabul qiladi. 2000 yillardan boshlab, Alma Ata va Yangibozor observatoriyalarda to'liq vektorning o'sish tezligi ancha katta bo'lgan (5, *a*-rasm).

Alma Ata va Vannovskaya (ASH) observatoriyalari orasidagi farq 1965 yildan 1987 yilgacha 233 nTlga kamaydi va keyingi davrda ortish-kamayish jarayoni kuzatildi: ΔT 1988 yildan 1994 yilgacha 4851 nTl dan 4874 nTl gacha, yoki 23 nTl ga ortdi, 1995 yilda 4856 nTl ga kamayib, 1998 yilda yana 4928 nTl ga ortdi va 2003 yilgacha yana kamayib keldi (5, *b*-rasm). Yuqoridagi ikki holatda grafikning oxirida kuzatilgan "arrasimon" o'zgarishlar magnit maydon to'liq vektorining asriy o'zgarishining lokal xususiyatlariga bog'liq bo'lishi mumkin.

Alma Ata va Dushetti (TFS) observatoriyalari orasidagi farq ΔTning qiymati 1963 yilda 6072 nTlga teng bo'ldi va 1964 yilda 30 nTl ga ortib, 6102 nTl qiymatga erishdi. Shu yildan 1991 yilgacha ΔT ning qiymati kamayib, 5548 nTl ga kamaydi. 1992 yildan 2002 yilgacha ortib borib, 5601 nTl qiymatga erishdi, bu oraliqda ΔTning o'sishi 48 nTlni tashkil etadi (5, *c*-rasm).

6-rasmda magnit maydon to‘liq vektorining Alma Ata, Yangibozor va Dushetti observatoriyalari ma'lumotlarini 11-yillik silliqlash yo‘li bilan aniqlangan siklik variatsiyalari keltirilgan. T ning turli observatoriyalardagi siklik variatsiyalari deyarli bir-biriga o'xshash, ularning grafigi sinusoidal ko'rinishga ega va variatsiya amplitudasining maksimal qiymati 10-20 nTl dan oshmaydi. Faqat Yangibozor observatoriyasi uchun Tning siklik variatsiyasi amplitudasining qiymati boshqalarnikiga nisbatan kattaroqdir, ayniqsa 2003 yildan keyin bu holat ancha sezilarli darajada kuzatildi, Masalan, shu yilda uning qiymati 28,4 nTl ga teng bo'ladi (6-rasm).




**6-rasm. Geomagnit maydon to'liq vektorining observatoriyalar bo'yicha siklik variyatsiyalari.**
**Fig. 6. Cyclic variations of the total geomagnetic field vector by observatories.**

Yuqorida ko‘rilgan observatoriyalarda geomagnit maydon to‘liq vektorining qiymatlari turlicha bo‘lishiga qaramay, T ning asriy o’zgarishi va ular orasidagi farqlar (ΔT) ham, T ning siklik variatsiyalari ham deyarli mos tushadi. Kuzatilgan ayrim nomutanosibliklarning asosiy sababi amplitudasi kattaroq bo‘lgan tasodifiy tebranishlar bo‘lishi mumkin.

## XULOSA

Yer magnit maydonining yil fasllari uch mavsumga bo'lib tahlil qilindi. 2023 yilning barcha kunlarida geomagnit maydon to'liq vektori T ning sutkalik o'zgarishini ko'rib chiqildi. 2022 va 2023 yillarning deyarli hamma oylarida magnit maydonning sezilarli o'zgarishlari, ya'ni magnit bo'ronlari kuzatildi. Shuning uchun ham qish faslining har bir oyi sutkalik variatsiyalari

minimumlarining qiymatlari bir-biridan keskin farq qilishi va yer magnit maydonining sutkalik o'zgarishlari yil davomida turlicha bo'lishi kuzatildi.

Yer magnit maydon to‘liq vektorining Alma Ata, Yangibozor va Dushetti observatoriyalari ma'lumotlarini 11-yillik siklik variatsiyalari aniqlandi. Yangibozor observatoriyasida olingan uzluksiz kuzatish natijalarini turli seysmik xududlarda joylashgan observatoriyalar ma’lumotlari bilan solishtirilganda yer magnit maydoni to'liq vektorining asriy o'zgarishi va uning qiymatlari orasidagi farqlar va T ning siklik variatsiyalari ayrim farqlar bilan deyarli mos tushishi va ularning grafigi sinusoidal ko'rinishga ega ekanligi aniqlandi. Yangibozor observatoriyasi uchun Tning siklik variatsiyasi amplitudasining qiymati boshqalarnikiga nisbatan kattaroq ekanligi kuzatildi.

## ADABIYOTLAR


1. *Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х.* Вариации геомагнитного поля сейсмоактивных районов. - Т.: Фан, 1975. - 128 с.
2. *Яновский Б.М.* Земной магнетизм. - Л.: Изд-во Ленинградского Ун-та, 1978. - 592 с.
3. *Калинин Ю.Д.* О некоторых вопросах изучения вековых вариаций земного магнетизма // Тр. научно-исследовательского института земного магнетизма. - Л.: Гидрометеоиздат, 1952. - Вып. 8. - С. 5-11.
4. *Ладынин А.В., Попова А.А., Семаков Н.Н.* Вековые вариации геомагнитного поля: сравнение спутниковых и наземных данных // Геология и геофизика. - 2006. - Т. 47. - № 2. - С. 278-291.
5. *Кулешов Д.А., Дядков П.Г.* Проблемы и методы учёта вековой вариации при проведении геомагнитных наблюдений и съемок в Сибири // Интерэкспо ГЕО-Сибир-2013. - С. 171-175.
6. *Thébault E., Finlay C.C., Beggan C.D. et al.* International Geomagnetic Reference Field: 12-th generation // Earth, Planets and Space. - 2015. - P. 67-79.
7. *Юсупов В.Р.* Ер магнит майдонининг Ўзбекистон стационар станциялардаги ўзгаришлари // Проблемы сейсмологии. - 2013. - № 10. - С. 42-44.
8. *Yusupov V.R., Yadigarov E.M.* Regional variation of the geomagnetic field in Uzbekistan // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences. - 2019. - Vol. 9 (1). - P. 60-66.
9. *Yusupov Valijon, Soloviev Anatoly, Sidorov Roman.* Studying diurnal and secular variations of the Earth's magnetic field using data from Yangibazar magnetic observatory (Uzbekistan). - 2022 - Vol. 22. - № 6. - P. 2-14. https://doi.org/10.2205/2022ES000815
10. Геофизический центр Российской Академии наук. - ГЦ РАН. http://www.wdcb.ru/stp/index.ru.html


### Особенности проявления вариации геомагнитного поля в обсерватории Янгибазар

**С.А. Эгамбердиев, В.Р. Юсупов, С.С. Хусомиддинов, А.М. Азимов, Н.Р. Нуриддинов**

**Аннотация.** Проанализированы результаты непрерывных наблюдений полного вектора магнитного поля Земли в течение 2023 г. в обсерватории Янгибазар. Изучены особенности суточных и сезонных изменений магнитного поля Земли. Результаты сопоставлены с вековыми изменениями полного вектора магнитного поля в обсерваториях Алма-Ата (AAA), Новоказалинск (НКК), Ванновская (АШ), Душетти (TFS).

**Ключевые слова:** магнитное поле, вариация, магнетизм, вековые вариации, геодинамический полигон.

### Features of the manifestation of geomagnetic field variations at the Yangibazar Observatory

**S.A. Egamberdiev, V.R. Yusupov, S.S. Xusomiddinov, A.M. Azimov, N.R. Nuriddinov**

**Abstract.** The article analyzes the results of continuous observations of the full vector of the Earth's magnetic field during 2023 at the Yangibazar Observatory. The features of daily and seasonal changes in the Earth's magnetic field were studied and the results were compared with secular changes in the total magnetic field vector at the Alma-Ata (AAA), Novokazalinsk (NKK), Vannovskaya (AS), Dushetti (TFS) observatories.

**Key words:** magnetic field, variation, magnetism, secular variations, geodynamic polygon.

**УДК 550.34**

# МЕТОДИКА МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ ОБРАБОТКИ РЯДОВ ГИДРОГЕОХИМИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ, ПОЗВОЛЯЮЩАЯ ИДЕНТИФИЦИРОВАТЬ ТЕКУЩУЮ СЕЙСМОЛОГИЧЕСКУЮ ОБСТАНОВКУ НА ПРЕДМЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ СИЛЬНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ В КОНКРЕТНОЙ СЕЙСМОАКТИВНОЙ ЗОНЕ

**Т.Л. Ибрагимова**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*
tam.anay@yahoo.com

**Аннотация.** С учетом особенностей проявления предвестников перед землетрясениями, происходящими в различных сейсмоактивных зонах, разработана и рекомендована для практического использования методика многокомпонентной обработки рядов гидрогеохимических наблюдений, позволяющая идентифицировать текущую сейсмологическую обстановку на предмет возможности возникновения сильного землетрясения в конкретной сейсмоактивной зоне.

**Ключевые слова:** гидрогеохимические предвестники, прогноз землетрясений, прогнозный сигнал, аномалия, доверительный интервал, дискриминантный анализ.

**Введение.** Ранее был предложен формализованный подход к выделению аномальных фрагментов временных рядов изменения гидрогеохимических параметров подземных вод и исследованию их связи с сейсмической активностью [*Ибрагимова, 2024*], который включает несколько этапов: восполнение пропусков во временных рядах, разложение ряда на трендовую, сезонную и остаточную составляющие, отбор сейсмологического материала для сопоставления аномальных фрагментов временного ряда с моментами землетрясений, а также оценку информативности выявленных взаимосвязей. В рамках этого подхода также было предложено решение оптимизационной задачи поиска индивидуальных особенностей геохимических параметров в зависимости от местоположения наблюдательной геохимической системы в пространстве.

В то же время анализ многолетних временных рядов гидрогеохимических показателей подземных вод на различных геодинамических полигонах показал, что не существует ни одного индивидуального параметра, который бы с достаточной степенью надежности позволял предсказать момент сейсмической активизации [*Султанходжаев и др., 1986; Алексеев и др., 2001; Kopilova, Serafimova, 2003; Любушин, 2007; Рогожин и др., 2008; Ибрагимова, 2011; Копылова, 2015 и др.*].

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для повышения эффективности прогнозных исследований в различные годы для различных прогностических пунктов Узбекистана использовалось несколько методических приемов комплексной обработки гидрогеохимических параметров [*Султанходжаев и др., 1986; Ибрагимова, 2012 и др.*].

Простейший прием комплексной обработки временных рядов гидрогеохимических наблюдений опробован нами для данных скважины Буюк Ипак Юли Ташкентского геодинамического полигона. Комплексная тревога объявлялась в случае последовательного вступления не менее 5 индивидуальных тревог (рис. 1). Порядок этой последовательности задавался исходя из различия времени проявления предвестниковых аномалий для различных гидрогеохимических показателей, на основе зависимостей вида $lgRT = aK+b$ [*Ибрагимова, 2016*]. Функция общей тревоги $d(t)$ (см. рис. 1) сопоставлена с сейсмичностью (отобраны землетрясения, эпицентры которых удалены от скважины на расстояния, превышающие размеры длин их очага не более чем в 20 раз [*Султанходжаев и др., 1986*] или $K^T \geq 7{,}5$ [*Ибрагимова, 2024*]).

Несмотря на то, что большое количество землетрясений попадает в выделенные интервалы комплексной функции тревог, эффективность такого прогноза все же невелика: во-первых, интервалы тревог составляют почти половину от всего периода наблюдений; во-вторых, остается открытым вопрос о географическом местоположении очага готовящегося землетрясения.

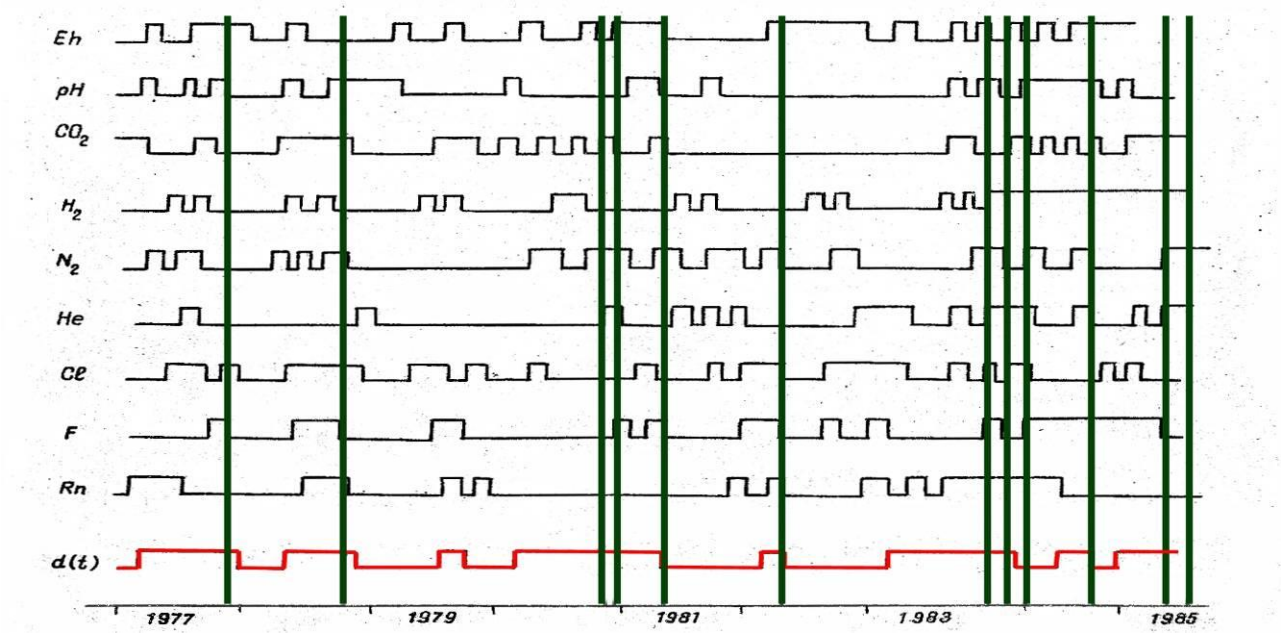



**Рис. 1. Функции тревог отдельных прогностических параметров и построенная на их основе комплексная функция тревог (нижний график) в сопоставлении с моментами сильных землетрясений для скважин Ташкентского геодинамического полигона** *[Султанходжаев и др., 1986].*

**Fig. 1. Alarm functions of individual prognostic parameters and a complex alarm function constructed on their basis (lower graph) in comparison with the moments of strong earthquakes for wells of the Tashkent geodynamic polygon** *[Sultankhodjaev et al., 1986].*

Для проведения комплексной многомерной обработки гидрогеохимических данных эффективны методы классификации [*Ибрагимова, 2015*]. В классификационных задачах обычно имеются данные трех типов, два из которых представляют материал обучения, подразделяющийся на первый и второй классы, а третий – классифицируемые наблюдения, о принадлежности которых к какому-либо классу ничего не известно. Данные каждого из этих трех видов могут быть записаны в виде векторов-столбцов:

$$X_{N_1}^{(1)} = \left\{X_1^{(1)},....,X_{N_1}^{(1)}\right\} \qquad X_{N_2}^{(2)} = \left\{X_1^{(2)},....,X_{N_2}^{(2)}\right\},$$

где $X_i^{(1)} = \left(X_{i_1}^{(1)},...,X_{i_p}^{(1)}\right)^T$ – обучающие векторы I класса,

$X_i^{(2)} = \left(X_{i_1}^{(2)},...,X_{i_p}^{(2)}\right)^T$ – обучающие векторы II класса,

$X = \left(X_1,...,X_p\right)^T$ – классифицируемый вектор, символ $T$ означает транспонирование. Все векторы имеют одинаковую размерность $p$, и компоненты их есть наблюденные значения концентраций гидрогеохимических параметров – признаков распознаваемых образов.

Математически задача классификации, или распознавания образов, формулируется следующим образом. На основании совокупности наблюдений следует вынести решение о принадлежности вектора $X$ к первому или второму классу. Решение выносится с помощью решающей функции (дискриминатора) $g\left(X, X_{N_1}^{(1)}, X_{N_2}^{(2)}\right)$ по следующему правилу: верна гипотеза $H_i$: $X$ принадлежит $i$-му классу ($X \in \pi_i$), если $g\left(X, X_{N_1}^{(1)}, X_{N_2}^{(2)}\right)(-1)^i < 0$, при этом возможны ошибки, связанные с тем, что наблюдения $X_{N_1}^{(1)}, X_{N_2}^{(2)}$ и $X$ имеют случайный характер из-за погрешностей измерения или из-за случайной природы самих признаков.

Основная проблема в задаче классификации – это выбор решающего правила и оценка получающихся при этом вероятностей ошибок классификации (ВОК).

В качестве решающей функции чаще всего на практике используется линейная дискриминантная функция

$$L = \left( X - \frac{1}{2}\left(\overline{X}^{(1)} + \overline{X}^{(2)}\right)\right)^T S^{-1}\left(\overline{X}^{(1)} - \overline{X}^{(2)}\right),$$

$$\text{где } \overline{X}^{(i)} = \frac{1}{N_i}\sum_{j=1}^{N_i} X_j^{(i)} \qquad \boldsymbol{i} = 1{,}2$$

$$S = \frac{1}{N_1 + N_2 - 2}\left(A_1 + A_2\right)$$

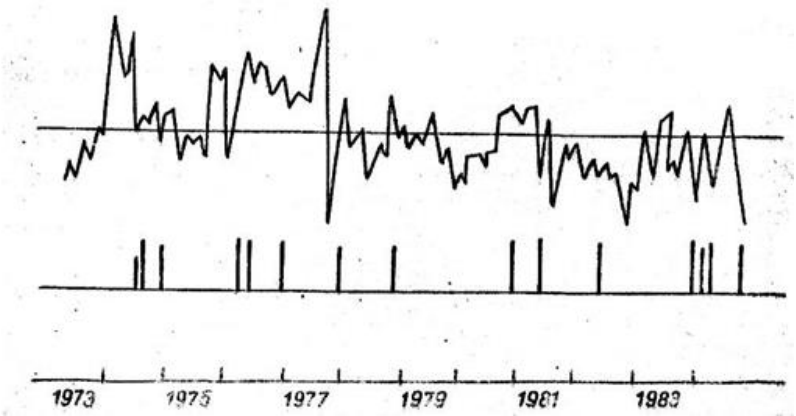
$$A_i = \sum_{j=1}^{N_i}\left(X_j^{(i)} - X^{(i)}\right)\left(X_j^{(i)} - \overline{X}^{(i)}\right)^T.$$

В предположении нормального распределения классов оценку вероятности ошибки можно получить параметрическим методом. Другой метод оценки ВОК – непараметрический – не требует предположений о распределении классов и основан только на анализе обучающих выборок: обучение дискриминатора производится по всему объему обучающих выборок. Затем все элементы этих выборок последовательно классифицируются. Еще один возможный подход – метод Jack-knife – при обучении опускается один элемент из всей имеющейся выборки, который затем используется для экзамена. В качестве оценок вероятностей ошибочной классификации служат частоты ошибок, при анализе которых можно выбрать оптимальную систему признаков (информативность признаков исчерпывается, так как хороших признаков обычно немного), обеспечивающих минимальную вероятность ошибки классификации. При этом суммарная ВОК должна с ростом числа признаков проходить через минимум. Естественно ограничиться тем набором признаков, который соответствует минимуму ожидаемой ВОК.

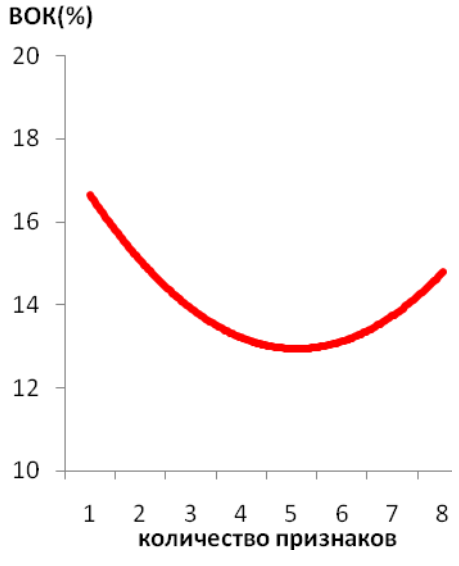
В качестве классифицируемых векторов в нашем случае рассматривались векторы со значениями концентраций *He*, $CO_2$, $N_2$, *Rn* на скважинах Галаба и Буюк Ипак Юли Ташкентского геодинамического полигона в период с 1973 по 1984 гг. Как «сейсмичные» обучающие векторы были выбраны векторы, соответствующие моментам, близким к датам землетрясений (±15 дней), а как «несейсмичные» – моментам, удаленным во времени от землетрясений. График значений линейной дискриминантной функции (*а*) при минимальной ошибке классификации (*б*), т. е. когда используется оптимальный набор прогностических признаков, приведен на рис. 2. Обучение в данном случае проводилось на материалах по 1980 г. и основывалось на результатах однокомпонентной обработки. Затем полученная ЛДФ подвергалась экзамену на всем материале по 1984 г. включительно.

Оценка статистической значимости взаимосвязи $\Phi(\xi)$ между объявляемыми тревогами и моментами землетрясений проводилась с использованием неоднократно описанной методики [*Прогноз землетрясений, 1983-1984; Ибрагимова, 2024*].

Результаты экзамена оказались следующими: доля времени тревог (отношение времени тревог $\tau$ ко всему времени наблюдений $T$) $\tau/T$ составила 0,23; оценка вероятности правильного предсказания (отношение числа предсказанных $m$ к общему числу произошедших землетрясений $n$) $m/n$ = 0,94 и статистическая значимость различия этих чисел (вероятность того, что различие этих чисел не случайно) $\Phi(\xi)$ = 0,99. Как и в простейшем варианте многокомпонентной обработки, при реализации данного подхода остается открытым вопрос о местоположении очага готовящегося землетрясения, в случае, если текущий вектор опознан как «сейсмичный».




**годы (*а*)**




(*б*)

**Рис. 2. Изменение во времени линейной дискриминантной функции (*а*)** *[Султанходжаев и др., 1986]* **и график ВОК, построенный по параметрам, вошедшим в обучающие векторы (*б*).**

**Fig. 2. Change in time of the linear discriminant function (*a*)** *[Sultankhodjaev et al., 1986]* **and the graph of the PCE (Probability of Classification Error), built according to the parameters included in the training vectors (*b*).**

Альтернативный подход, основанный на поиске устойчивых комбинаций наличия и отсутствия аномальных признаков в различных гидрогеохимических параметрах перед наиболее сильными землетрясениями (удаленными от наблюдательной скважины на расстояния, не превышающие 10-кратный размер длины очага, $K^I = 8{,}5$ (где $K^I = K\text{-}2{,}5lgR$, $K$ – энергетический класс землетрясения, а $R$ – его расстояние от пункта гидрогеохимических наблюдений)), происходящими в различных сейсмотектонических структурах, был нами опробован для станций Ходжаабад и Шурчи. Суть разработанной методики состоит в следующем.

Землетрясения разбиваются на группы, исходя из принадлежности к той или иной сейсмотектонической структуре. Для каждого землетрясения из группы рассматривается сложившаяся перед ним ситуация, состоящая в распределении функции тревог различных гидрогеохимических параметров. Значение 1 приписывается параметру, если за 6 месяцев до землетрясения отмечалось превышение порога ($P = 2*\sigma$, где $\sigma$ – среднеквадратичное отклонение) и 0 – в противном случае. Таким образом, собирают набор так называемых эталонных векторов, которые характеризовали прогностическую ситуацию перед уже реализовавшимися землетрясениями в каждой сейсмоактивной структуре.

Так, для станции Ходжаабад параметр *Cl* очень информативен для землетрясений Южно-Ферганской сейсмоактивной зоны и практически не информативен для землетрясений Северо-Ферганской зоны (см. рис. 3, 4).

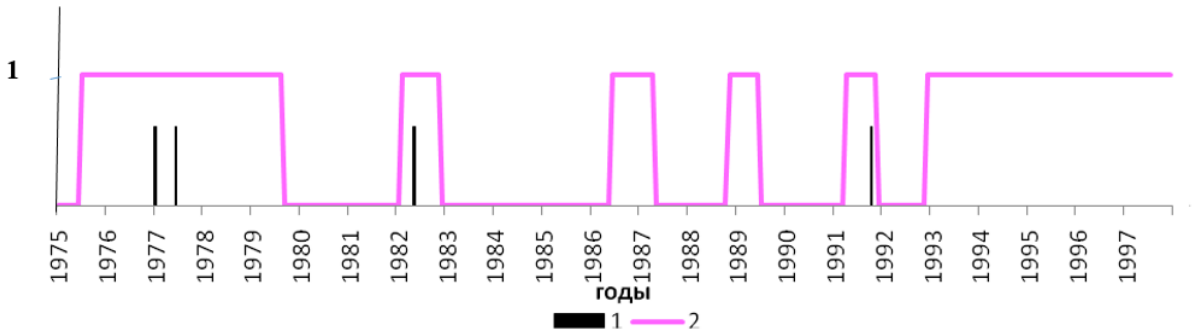



**Рис. 3. Функция тревог для параметра Cl на скважине 745 станции Ходжаабад (2) в сопоставлении с моментами сильных ($K^I \geq 8{,}5$) землетрясений (1), произошедших в Южно-Ферганской сейсмоактивной зоне.**

**Fig. 3. Alarm function for the Cl parameter at well 745 of the Khojaabad station (2) in comparison with the moments of strong ($K^I \geq 8{,}5$) earthquakes (1) that occurred in the South Fergana seismically active zone.**

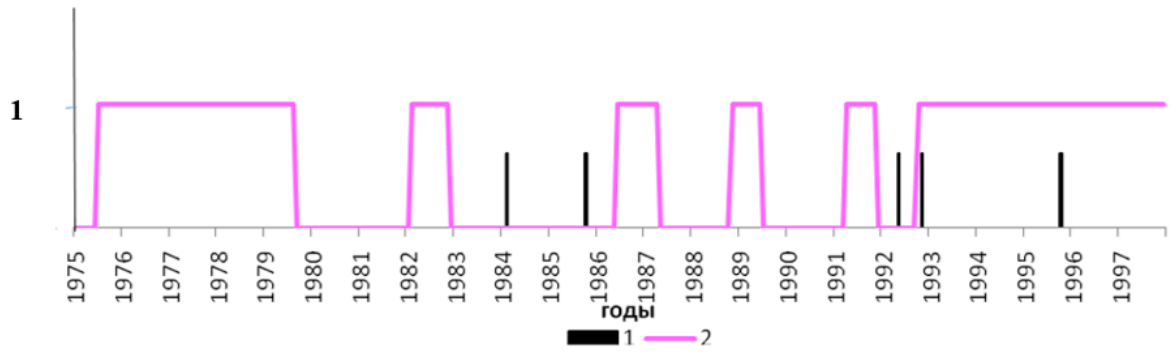



**Рис. 4. Функция тревог для параметра Cl на скважине 745 станции Ходжаабад (2) в сопоставлении с моментами сильных ($K^I \geq 8,5$) землетрясений (1), произошедших в Северо-Ферганской сейсмоактивной зоне.**

**Fig. 4. Alarm function for the Cl parameter at well 745 of the Khojaabad station (2) in comparison with the moments of strong ($K^I \geq 8,5$) earthquakes (1) that occurred in the North Fergana seismically active zone.**

Напротив, параметр $CO_2$ информативен для землетрясений Северо-Ферганской зоны и не информативен для Южно-Ферганской зоны (рис. 5, 6). Поэтому комбинация $\frac{Cl}{CO_2}\frac{1}{0}$ является достаточно надежным предвестником землетрясения, готовящегося в Южно-Ферганской зоне, а комбинация $\frac{Cl}{CO_2}\frac{0}{1}$ предвестником землетрясения Северо-Ферганской зоны и т. п. Аномалии в вариациях среднемесячных значения $Br$ достаточно информативны для землетрясений Южно-Тянь-Шаньской зоны, 6 из 7 землетрясений попадают в функцию тревог, а землетрясения Южно-Ферганской зоны характеризуются устойчивым отсутствием аномалии по этому параметру. Параметр $Cl$ практически не реагирует на землетрясения Южно-Тянь-Шаньской зоны, т. е. комбинация $\frac{Br}{Cl}\frac{1}{0}$ информативна для Южно-Тянь-Шаньской зоны, а $\frac{Br}{Cl}\frac{0}{1}$ – для Южно-Ферганской зоны.

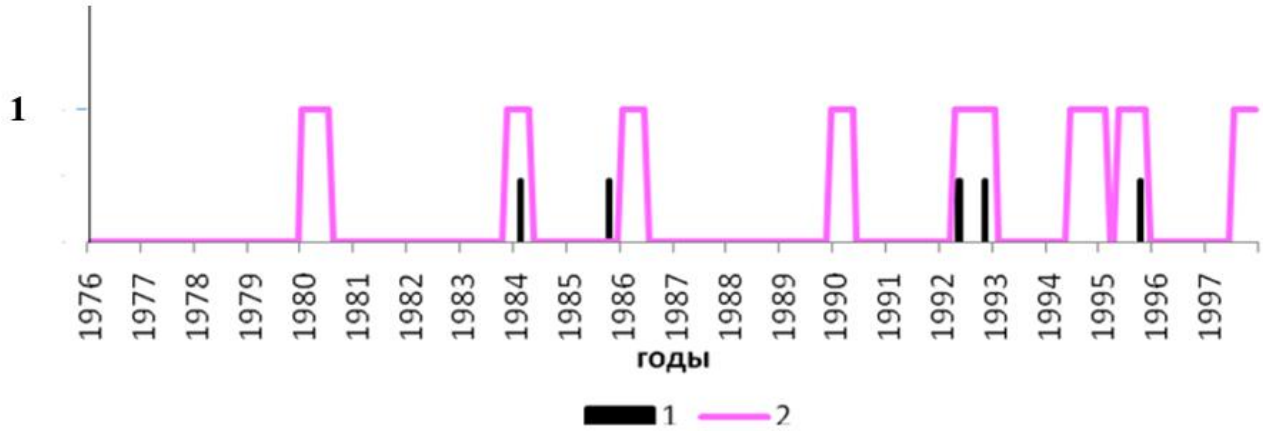



**Рис. 5. Функция тревог для параметра $CO_2$ на скважине 745 станции Ходжаабад (2) в сопоставлении с моментами сильных ($K^I \geq 8,5$) землетрясений (1), произошедших в Северо-Ферганской сейсмоактивной зоне.**

**Fig. 5. Alarm function for the $CO_2$ parameter at well 745 of the Khojaabad station (2) in comparison with the moments of strong ($K^I \geq 8,5$) earthquakes (1) that occurred in the North Fergana seismically active zone.**

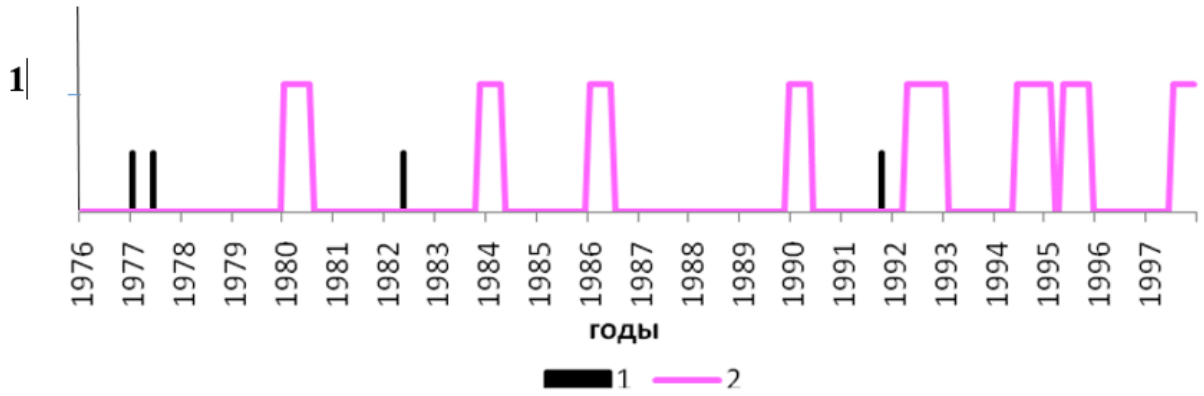



**Рис. 6. Функция тревог для параметра $CO_2$ на скважине 745 станции Ходжаабад (2) в сопоставлении с моментами сильных ($K^I \geq 8,5$) землетрясений (1), произошедших в Южно-Ферганской сейсмоактивной зоне.**

**Fig. 6. Alarm function for the $CO_2$ parameter at well 745 of the Khojaabad station (2) in comparison with the moments of strong ($K^I \geq 8,5$) earthquakes (1) that occurred in the South Fergana seismically active zone.**

Описывать поведение тех или иных параметров по трем и более признакам затруднительно и непродуктивно. Лучше это сделать формализовано.

В таблице для примера показаны «эталонные» векторы со значениями функции тревог на станции Ходжаабад по различным гидрогеохимическим показателям перед сильными землетрясениями, происшедшими в Памиро-Гиндукушской и Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивных зонах, где произошло наибольшее количество землетрясений за исследуемый период (13 и 7 соответственно). Поэтому именно для этих зон мы впоследствии проводили распознавание текущей сейсмологической обстановки. Столбцы этой таблицы были использованы как обучающие векторы.

На втором этапе по тому же принципу строится вектор, характеризующий текущую ситуацию на реальный момент времени.

На третьем этапе этот рассчитанный реальный вектор сопоставляется с эталонными. В качестве меры сходства двух векторов рассматривается число покоординатных совпадений в сопоставляемых векторах. На основе схожести текущей ситуации с одной из тех, которая уже реализовалась землетрясением, делается вывод о возможности возникновения землетрясения в определенной сейсмоактивной зоне в ближайшие полгода.

С целью проверки того, насколько полученная система эталонных векторов способна диагностировать текущую ситуацию, был проведен следующий эксперимент. Поочередно, исключая из обучающей выборки один из векторов и используя этот вектор как экзаменуемый, мы выясняли степень его схожести с каждым из оставшихся векторов в материале обучения. Результаты проведенного эксперимента для землетрясений зоны Памиро-Гиндукушских землетрясений и для Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны оказались следующими.

Считая, что число покоординатных совпадений составляет 13 из 14 возможных (это достаточно высокая мера сходства), для зоны Памира и Гиндукуша «предсказывается» 9 из 13 землетрясений, что составляет 69,2%.

**«Эталонные» векторы функции тревог на станции Ходжаабад по различным гидрогеохимическим показателям перед сильными землетрясениями, произошедшими в Памиро-Гиндукушской и Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивных зонах**

**“Reference” vectors of the alarm function at the Khojaabad station for various hydrogeochemical indicators before strong earthquakes that occurred in the Pamir-Hindu Kush and South Tien Shan seismically active zones**

| Номер скважины | Параметр | Зона Памира и Гиндукуша | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 16.12.1982 | 12.09.1983 | 27.01.1984 | 16.02.1984 | 29.07.1985 | 02.08.1985 | 05.05.1987 | 03.10.1987 | 06.08.1988 | 05.02.1990 | 05.03.1990 | 25.03.1990 | 13.07.1990 |
| 745 а | $B_2O_3$, среднее | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | $B_2O_3$, дисперсия | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *Eh*, среднее | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *Eh*, дисперсия | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 а | *P,* среднее | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *P*, дисперсия | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *T,* среднее | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *T*, дисперсия | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 | *pH*, среднее | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 745 | *pH*, дисперсия | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 | $O_2$ , среднее | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 745 | *Cl*, среднее | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 | $CO_2$, среднее | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 | *Rn*, среднее | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |

**Продолжение таблицы**

**Table continuation**

| № скважины | Параметр | Южно-Тянь-Шаньская сейсмоактивная зона | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 13.02. 1983 | 05.04. 1983 | 16.12. 1983 | 26.10. 1984 | 23.08. 1985 | 11.09. 1985 | 17.04. 1990 |
| 745 а | $B_2O_3$, среднее | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 а | $B_2O_3$, дисперсия | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 а | *Eh*, среднее | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 745 а | *Eh*, дисперсия | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *P,* среднее | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *P*, дисперсия | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 745 а | *T,* среднее | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 745 а | *T*, дисперсия | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 | *pH*, среднее | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 745 | *pH*, дисперсия | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 745 | $O_2$ , среднее | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 745 | *Cl*, среднее | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 745 | $CO_2$ , среднее | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 745 | *Rn*, среднее | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

В случае же, когда число покоординатных совпадений составляет 12 из 14, «предсказывается» 12 из 13 землетрясений, что составляет 92%. Однако, естественно, в этом случае существенно возрастает число ложных тревог, и это ухудшает качество прогноза.

Для землетрясений Южно-Тянь-Шаньской сейсмоактивной зоны, где число эталонных векторов было всего 7, результаты экзамена оказались менее устойчивыми. При требовании числа покоординатных совпадений 13 из 14 угаданными оказались 4 землетрясения из 7, что составляет всего 57%. Это свидетельствует о том, что для этой зоны собранных данных недостаточно для надежной классификации.

Аналогичная работа была проведена для станции Шурчи. Здесь исследовалась возможность идентификации текущей сейсмологической обстановки на предмет возникновения коровых и глубинных землетрясений. Результаты оказались следующими: считая, что число покоординатных совпадений составляет 10 из 12 возможных, для коровых землетрясений «предсказывается» **7** из 10 землетрясений, что составляет 70%. Для промежуточных землетрясений «предсказывается» 7 из 11 землетрясений, что составляет 63,6%.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В настоящее время для территории Узбекистана разработана методология выявления областей ожидаемой сейсмической активизации в ближайшие годы, основанная на изучении комплекса прогностических параметров сейсмического режима [*Artikov et al., 2021*]. Составляемые на ее основе карты долгосрочного прогноза сильных землетрясений на территории республики обновляются по мере поступления новых сейсмологических данных, отражающих изменения реальной геодинамической обстановки в регионе.

Прогнозирование мест ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы базируется на выявленных закономерностях развития сейсмического процесса в очаговых областях сильных землетрясений и сейсмоактивных зонах.

Актуальная карта областей ожидаемой сейсмической активности на территории Узбекистана отражает результаты анализа сейсмических данных до 2024 г. (рис. 7).

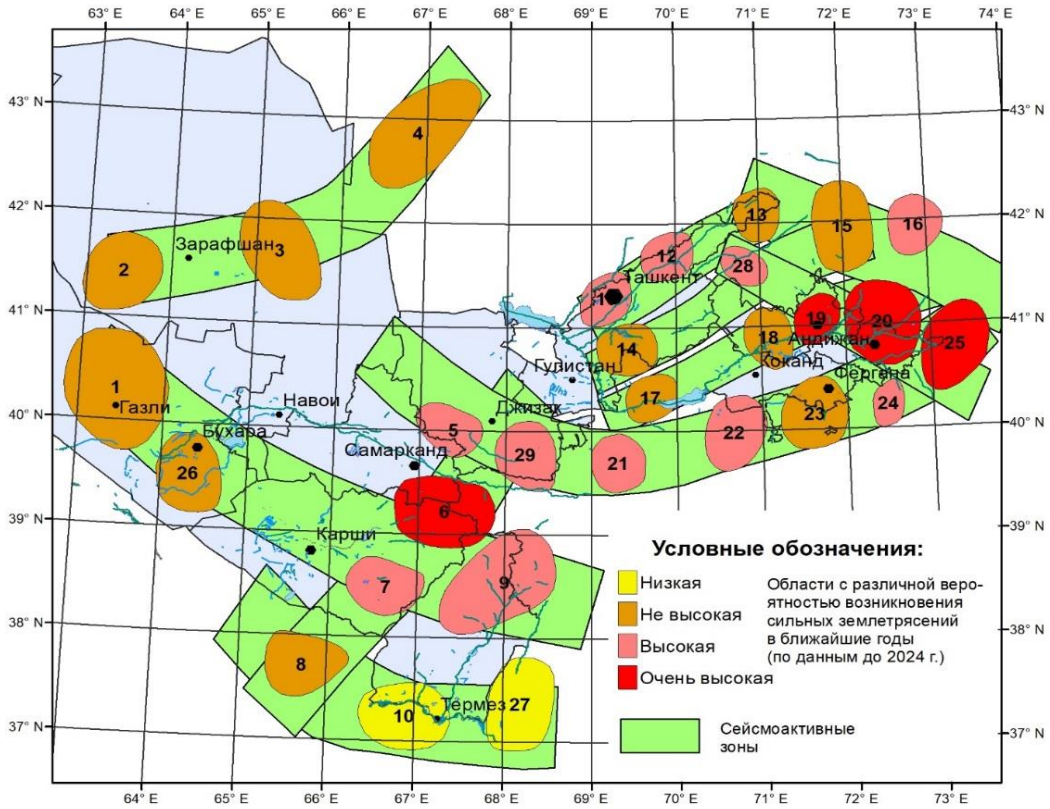



**Рис. 7. Карта областей ожидаемой сейсмической активизации по комплексу прогностических параметров сейсмического режима.**
**Fig. 7. Map of expected seismic activation areas based on a set of prognostic parameters of the seismic regime.**

Предлагаемая в статье методика позволяет диагностировать текущую сейсмологическую обстановку на предмет возникновения землетрясения в конкретной сейсмоактивной зоне, что совместно с результатами долгосрочного прогноза областей ожидаемой сейсмической активизации по комплексу прогностических параметров сейсмического режима позволяет сузить пространственно-временную область ожидания сильного землетрясения. Ограничения этого метода связаны с небольшой статистикой обучающих векторов для определенных сейсмоактивных зон.

Что касается возможного механизма наблюдаемого явления, а именно, что при одном и том же амплитудном уровне аномальных деформаций (а он обеспечивается выбором единого порога приведенного энергетического класса $K^1$ для землетрясений из каждой сейсмоактивной зоны), определенный гидрогеохимический параметр реагирует на возмущения из одной сейсмоактивной зоны и не реагирует на возмущения с тем же амплитудным уровнем из других зон, то в качестве рабочей гипотезы можно предположить, что различные гидрогеохимические компоненты чувствительны к механическим воздействиям определенной фиксированной частоты. Сейсмоактивные зоны, в силу своего геометрического расположения, морфологии разломов, анизотропии среды, по которой передается возмущение, и других факторов, в процессе подготовки землетрясений в их пределах воздействуют на наблюдательную скважину с различной частотой возмущения. В этом случае, реакция отдельных компонент, чувствительных к возмущениям той частоты, с которой приходят возмущения из заданной сейсмоактивной зоны, будет аномальной, в то время как для других компонент, чувствительных к возмущениям с другой частотой, те же самые возмущения не вызовут заметных отклонений [*Султанходжаев и др., 1989; Ибрагимова, 2013*].

К поиску устойчивых комбинаций наличия и отсутствия аномальных признаков в различных гидрогеохимических параметрах перед землетрясениями, происходящими в различных сейсмотектонических структурах, можно привлекать и другие прогностические признаки (наклоны и деформации земной поверхности, вариации магнитного поля и т. д.). Комплекс программных средств, реализующих описанный подход, зарегистрирован в государственном Патентном ведомстве РУз [*Ибрагимова и др., 2010; Ибрагимов, Ибрагимова, 2016*].

## ВЫВОДЫ

Показано, что наряду с очаговыми факторами, определяющими интенсивность проявления аномалий в пункте наблюдения, существуют индивидуальные особенности каждой наблюдательной скважины, состоящие в избирательной реакции геохимического параметра на возмущения из определенных очаговых зон, порождающие высокоамплитудные аномалии, не укладывающиеся в общую зависимость. Выявление таких особенностей и установление их связи с тектоникой может существенно повысить эффективность прогностических наблюдений.

С учетом особенностей проявления предвестников перед землетрясениями, происходящими в различных сейсмоактивных зонах, разработана методика многокомпонентной обработки рядов гидрогеохимических наблюдений, позволяющая идентифицировать текущую сейсмологическую обстановку на предмет возможности возникновения сильного землетрясения в конкретной сейсмоактивной зоне.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А.С., Белоносов А.С., Петренко В.Е.* О концепции многодисциплинарного прогноза землетрясений с использованием интегрального предвестника // Проблемы динамики литосферы и сейсмичности. Вычислительная сейсмология. - М.: ГЕОС, 2001. - Вып. 32. - С. 81-97.
2. *Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л.* Программа оценки сейсмической опасности территории Узбекистана // Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 04041. 28.10.2016.
3. *Ибрагимова Т.Л.* Прогнозирование сейсмической активизации по комплексу гидрогеохимических параметров подземных вод // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов: Тез. докл. 5 междунар. симпоз. 19-24 июня 2011. - Бишкек, 2011. - Т. 1. - С. 251-256.

4. *Ибрагимова Т.Л.* Изученность влияния сейсмотектонических условий на особенности проявления гидрогеосейсмологических предвестников // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т.: ИС АН РУз, 2013. - № 10. - С. 54-60.
5. *Ибрагимова Т.Л.* Вариации гидрогеосейсмологических параметров подземных вод, связанные с современной геодинамической активностью Северо-Ферганской сейсмоактивной зоны // Геология и минеральные ресурсы. - 2015. - № 5. - С. 52-59.
6. *Ибрагимова Т.Л.* Амплитудно-временные особенности проявления гидрогеохимических предвестников землетрясений на прогностических полигонах Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т.: ИС АН РУз, 2016. - № 13. - С. 89-95.
7. *Ибрагимова Т.Л.* О выделении полезного (прогнозного) сигнала в результатах гидрогеохимических наблюдений для поиска предвестников землетрясений // Проблемы сейсмологии. - Т.: ИС АН РУз, 2024. - № 1.
8. *Ибрагимова Т.Л., Артиков М.Т., Азизов Г.Ю.* Программа для определения зон сейсмической активизации // Государственное патентное ведомство РУз. Свидетельство № DGU 01972. 21.06.2010.
9. *Копылова Г.Н.* Гидрогеосейсмология: достижения и проблемы // Современные проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Евразии // Мат-лы Всерос. конф. с межд. участием 25-27 ноября 2015. - Томск, 2015. - С. 168-172.
10. *Любушин А.А.* Анализ данных систем геофизического и экологического мониторинга. - М.: Наука, 2007. - 228 с.
11. Прогноз землетрясений / Под ред. *М.А.Садовского*. - Душанбе-Москва: Дониш, 1983-1984. - № 3. - 216 с.
12. *Рогожин Е.А., Иогансон Л.И., Юнга С.Л., Завьялов А.Д., Лукашова Р.Н., Лутиков А.И., Захаров В.С.* Комплексное диагностирование предвестников сильных землетрясений в активных геодинамических зонах Северной Евразии // Тез. Докл. итоговой конференции по приоритетному направлению "Рациональное природопользование" 4-5 декабря 2008. - Санкт-Петербург, 2008. - С. 112.
13. *Султанходжаев А.Н., Беляев А.А., Ибрагимова Т.Л.* О взаимосвязи удаленных землетрясений по данным геохимических наблюдений // Геохимия. - 1989. - № 1. - С. 147-154.
14. *Султанходжаев А.Н., Писаренко В.Ф., Зиган Ф.Г., Цванг С.Л., Ибрагимова Т.Л.* Оценка взаимосвязи гидрогеохимических аномалий с сейсмичностью с использованием статистического анализа // Информационное сообщение № 403. - Т.: Фан, 1986. - 12 с.
15. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Rebetsky Y.L.* Methods and results of long-term strong earthquakes forecast in the Uzbekistan territory // Geodynamics and Geoecology IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 929 (2021) 012029. - P. 1-7. doi:10.1088/1755-1315/929/1/012028.
16. *Kopylova G., Serafimova Yu.* Processes of preparation of powerful Kamchatka earthquakes based on the complex geophysical data // XXIII General Assembly of the IUGG, June 30-July 11; 2003: Abstracts. - V. A. - P. 154.

**Zilzila zonasida kuchli zilzilalar bo‘lishi mumkinligi uchun hozirgi seysmologik vaziyatni aniqlash imkonini beradigan gidrogeokimyoviy kuzatuv seriyalarini ko‘p komponentli qayta ishlash metodologiyasi**

**T.L. Ibragimova**

**Annotasiya.** Turli seysmik faol zonalarda sodir bo'ladigan zilzilalar darakchilarining namoyon bo'lish xususiyatlarini hisobga olgan holda, gidrogeokimyoviy kuzatuvlar seriyasini ko'p komponentli qayta ishlash texnikasi ishlab chiqilgan va amaliy foydalanish uchun tavsiya etilgan, bu esa hozirgi seysmologik vaziyatni aniqlash imkonini beradi. ma'lum bir seysmik faol zonada kuchli zilzila.

**Kalit so'zlar:** gidrogeokimyoviy prekursorlar, zilzila prognozi, prognoz signali, anomaliya, ishonch oralig'i, diskriminant tahlili.

**Methodology of multicomponent processing of hydrogeochemical observation series, which allows to identify the current seismological situation for the possibility of a strong earthquake in a particular seismically active zone**

**T.L. Ibragimova**

**Abstract.** Taking into account the peculiarities of manifestation of precursors before earthquakes occurring in different seismic active zones, a technique of multicomponent processing of hydrogeochemical observation series has been developed and recommended for practical use, which makes it possible to identify the current seismological situation for the possibility of a strong earthquake in a particular seismic active zone.

**Key words:** hydrogeochemical precursors, earthquake forecast, forecast signal, anomaly, confidence interval, discriminant analysis.

# SEYSMOTEKTONIKA VA GEODINAMIKA

**UO‘K 550.35:550.380**

## FAOL TEKTONIK YER YORIQLARI ZONALARINI INSTRUMENTAL GEOFIZIK USULLAR ORQALI ANIQLASH
## (Tovoqsoy geodinamik poligoni misolida)

**U.A. Nurmatov, Z.F. Shukurov, V.R. Yusupov, X.B. Isroilov, S.K. Qultayev**

*O‘zR FA G‘.O.Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti*

**Annotatsiya.** Maqolada Tovoqsoy geodinamik poligonida olib borilgan insturmental geofizik tadqiqot natijalari keltirilgan. O‘tkazilgan magnitometrik va radiometrik kuzatuvlar orqali Tovoqsoy geodinamik poligoni hududida mavjud bo‘lgan Karjantog‘ chuqur yer yorig‘i va unga ko‘ndalang bo‘lgan Tovoqsoy yer yoriqlarining makondagi joylashuvlari va yo‘nalishlari o‘rganilgan. Qo‘llanilgan kompleks insturmental geofizik usullar orqali faol tektonik yer yoriqlarini makondagi joylashuvlarini aniqlash, ularni ko‘rsatkichlariga aniqliklar kiritish imkoniyatlari baholangan.

**Tayanch so‘zlar**: tektonik yer yoriqlari, magnitometriya, radiometriya, monitoring, seysmiklik.

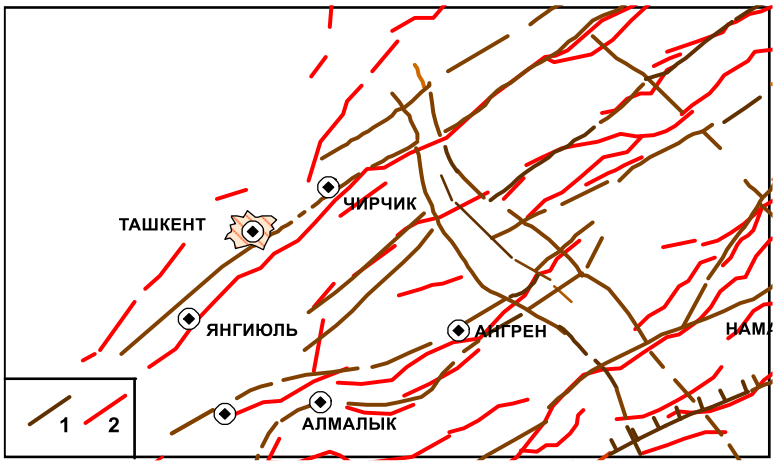
**Kirish.** Hozirgi kunda kuchli zilzilalarning aksariyat qismi faol tektonik yer yoriqlari zonalarida yuzaga kelishi tasdiqlangan [Abdullabekov va bosh., 2002]. Hududlarni seysmik xavfini baholashda tektonik yer yoriqlari zilzilalarning chiziqli manbaalari sifatida qabul qilingan bo‘lib, ular yer qobig‘i bloklarida yig‘ilgan kuchlanishlarni sarf bo‘ladigan zonalarini aks ettiradi. Shu sabali amaliyotda yer qobig‘ining faol tektonik yer yoriqlarini aniqlash, ularni ko‘rsatkichlarini (uzunliklari, makondagi joylashuvi, seysmik potensiali, morfologiyasi va bosh.) baholash aloxida ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda Respublika hududi uchun turli miqyosda tuzilgan xaritalar mavjud (Yakubov va bosh., 1976 [1]; Ibragimov va bosh., 1978 [2]; Bachmanov va bosh., 2017 [3]). Ta’kidlash lozimki aksariyat xollarda tuzilgan bu xaritalar mayda masshtabli va sxematik (1:1000000; 1:2500000, 1:5000000) xaritalar bo‘lib, ulardagi ma’lumotlar xar doim ham bir biriga mos kelmaydi. Misol tariqasida 1-chi rasmda G‘arbiy Tiyon-Shon (Sadikov va bosh., 2021 [4]) va Yevrosiyo [Bachmanov va bosh., 2017] uchun tuzilgan xaritalardan Toshkentoldi hududiga tegishli qismlari keltirilgan. Solishtirish natijasidan ko‘rinib turibdiki yer yoriqlarining makonda joylashuvi ayrim hollarda bir-biridan keskin farq qiladi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023 yil16 maydagi “O‘zbekiston Respublikasi axolisi va hududining seysmik xavfsizligini ta’minlash tizimini yanada takomillashtirishga oid qo‘shimcha chora tadbirlar to‘g‘risida” PQ-158-sonli qarorining 11-bandi “Respublika hududlarida, shu jumladan suv omborlari va yirik tog‘-kon sanoati komplekslarida mavjud faol tektonik yer yoriqlarining ko‘rsatkichlarini o‘rganish, ularning elektron xaritalari va pasportini ishlab chiqish” ga qaratilgan. Tadqiqot ishi ushbu qarorning ijrosini ta’minlash yuzasidan olib borilgan izlanishlar natijasiga qaratilgan.

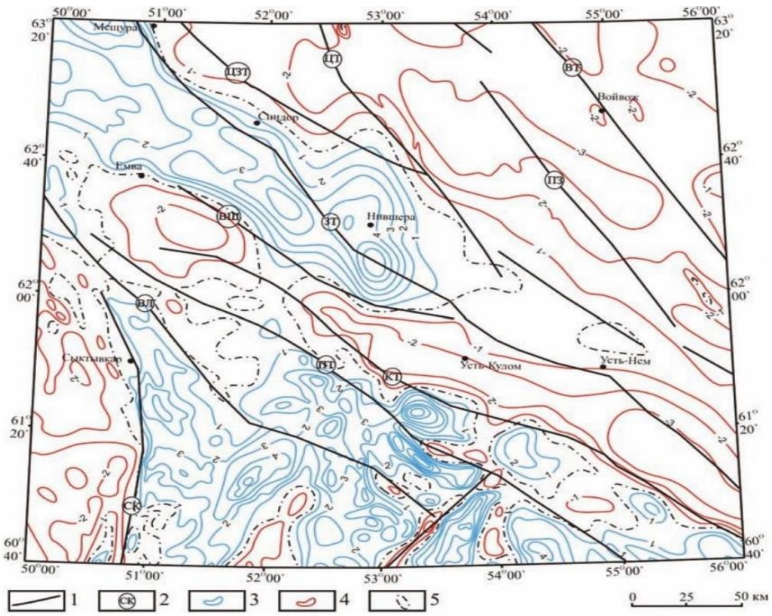
Ma’lumki, Toshkentoldi hududining seysmik faolligi hududda mavjud bo‘lgan faol tektonik yer yorilari zonalarida kechayotgan jarayonlar bilan uzviy bog‘liq. Tadqiqot hududida seysmik jixatdan eng faol yer yoriqlar sarasiga Karjantog‘, Toshkentoldi fleksura-yoriq zonasi va Piskom yer yorig‘lari kiradi. Ushbu yer yoriqlarining faolligi natijasida yuzaga kelgan Toshkent-Piskom seysmogen zonasi doirasida o‘tmishdan to shu kungacha 6 ta kuchli ($M \geq 5,0$) zilzilalar qayd etilgan. Bular: Piskom, 1937 yil, M = 6,5; Burchmulla, 1959 yil, M = 5,7; Toshkent, 1966 yil, M = 5,3; Tovoqsoy, 1977 yil, M = 5,3; Nazarbek, 1980 yil, M = 5,5; Toshkent, 2008 yil, M = 4,7 [5]. Seysmik xavfni hisoblashda odatda seysmik ta’sirlar seysmogen zonadan hisoblanadi. Vaholanki, seysmogen zonani ajratishda geologik asos sifatida yuqorida qayd etilgan yer yoriqlari qabul qilingan bo‘lsada zonaning kengligi sodir bo‘lgan kuchli zilzilalarning o‘lchamiga qarab o‘tkazilgan va ularning kengligi 13-17 km, ayrim hollarda 20-25 km gacha o‘zgarib boradi. Bu hol seysmik ta’sirni hisoblashda ta’sir qiymatining oshirib baholashga olib kelishi mumkin. Su o‘rinda seysmogen zonaga asos bo‘lgan yer yoriqlarini joylashuvini iloji boricha aniq baholash alohida axamiyat kasb etadi. Yer yoriqlarini makondagi joylashuvini aniqlashda dala geologik izlanishlari, geodezik va kosmik suratlarni tahlil qilish usullaridan tashqari instrumental geofizik usullardan foydalash yaxshi natijalar olishga imkon beradi.

Yer qobig‘ida faol tektonik yer yoriqlar zonalarini turli geofizik maydonlarda namoyon bo‘lishi avvaldan ma’lum. MDX miqyosida tektonik yer yoriqlari ko‘plab olimlar tomonidan o‘rgangan, jumladan, Rossiya Fanlar akademiyasining Geosfera dinamikasi instituti professori A.A.Spivak tektonik yer yoriqlari ta’sirida bo‘lgan zonalarda geofizik maydonlarni instrumental kuzatish natijalari orqali tahlil qilgan. Bunga ko‘ra yer yorig‘i zonalarida yer qobig‘i bloklarining o‘rta qismlariga nisbatan geofizik maydonlarning o‘zgarishi sezilarli darajada yuqori bo‘lganligini tavsiflagan. Ko‘p hollarda yer yoriqlari zonalarida turli tabiatdagi geofizik maydonlar o‘rtasida energiya almashinuvi kuzatilgan [6].

Rossiya Fanlar akademiyasining Ural filiali Komi ilmiy markazi Geologiya instituti yetakchi ilmiy xodimi V.V.Udoratin Vichegod botiqligida olib borgan batafsil magnit-qidiruv ishlarini tahlil qilib, G‘arbiy Timan yer yorig‘ini magnit maydonning maksimal va minimal qiymatli izochiziqlari orqali aniq zona sifatida ajratish murakkabligini, ayrim hollarda uni faqat asos va o‘ta asosli tog‘ jinslari tarqalgan hududlar bo‘ylab kuzatish mumkinligini ta’kidlagan (1 va 2-rasmlar) [7].

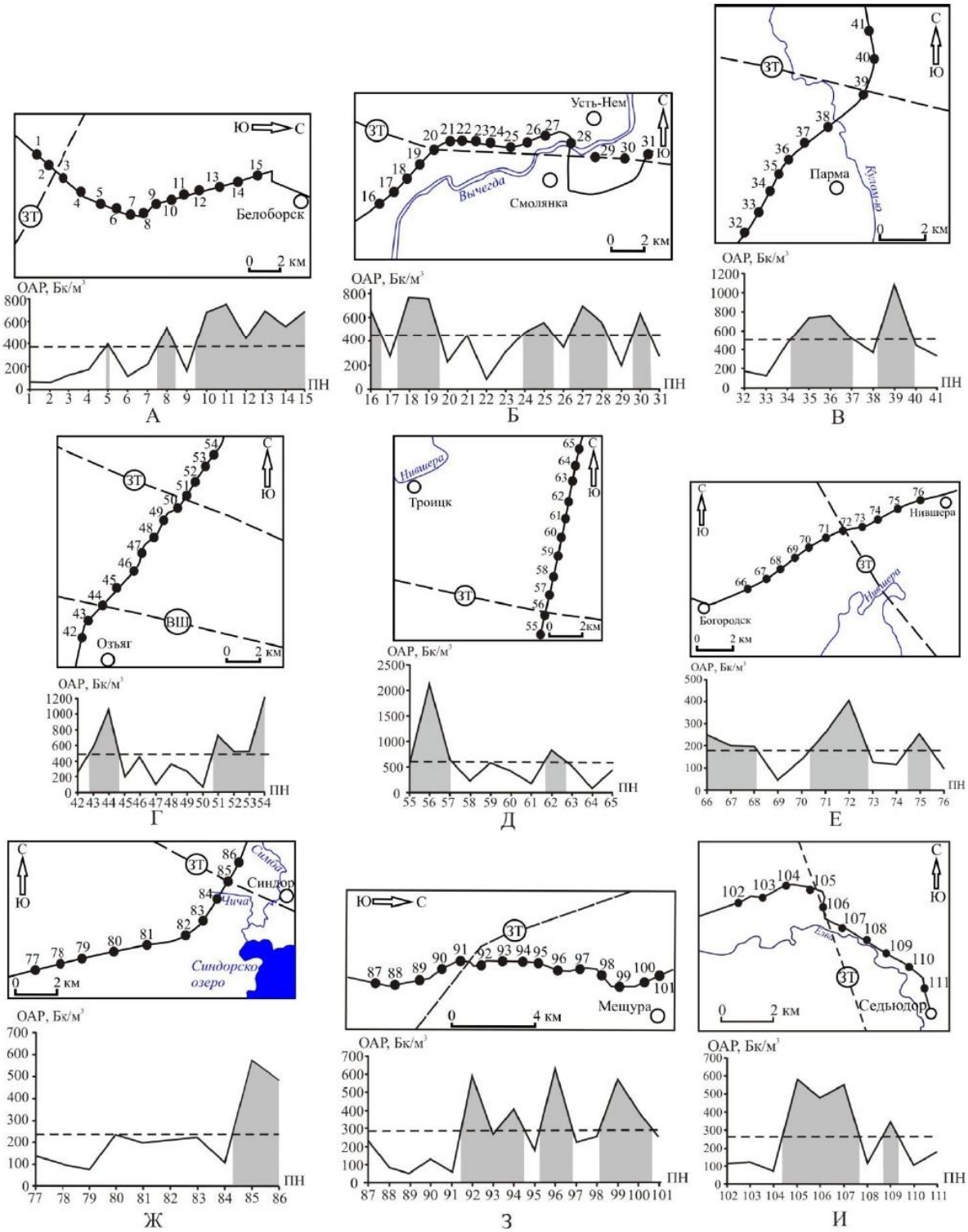



**1-rasm. Toshkent viloyati hududidan o’tgan faol tektonik yer yoriqlari.** *1* – G‘arbiy Tiyon-Shon hududi faol tektonik yer yoriqlari xaritasidan ko‘chirma [Sadikov va bosh., 2019], *2* – Yevrosiyo faol yer yoriqlari bazasidan ko‘chirma [Bachmanov va bosh., 2017].
**Fig. 1. Active tectonic faults that passed through the territory of Tashkent region.** 1 - Extract from the map of active tectonic faults of the Western Tien-Shan [Sadikov et al., 2019], 2 - Extract from the database of active earthquakes in Eurasia [Bakhmanov et al., 2017].




**2-rasm. Vichegod botiqligining anomal magnit maydon xaritasi.** *1* – yer yoriqlari, *2* – yer yoriqlarining nomlari, *3* – musbat anomal magnit maydon izochiziqlari, *4* – manfiy anomal magnit maydon izochiziqlari, *5* – anomal magnit maydonning nol qiymatli izochiziqlari (ixtiyoriy birliklarda).
**Fig. 2. Map of the anomalous magnetic field of the Vichegodsk flexure.** 1 - ground faults, 2 - names of ground faults, 3 - isolines of positive anomalous magnetic field, 4 - isolines of negative anomalous magnetic field, 5 - isolines of zero value of anomalous magnetic field (in arbitrary units).

V.V.Udoratin Vichegod botiqligida o‘tkazilgan ekspress emanatsiya (radiometriya) tadqiqot natijalariga ko‘ra, yer yorig‘i zonasi radon miqdori faolligining ortishi bilan ajralib turishini aniqlagan (3-rasm) [7].

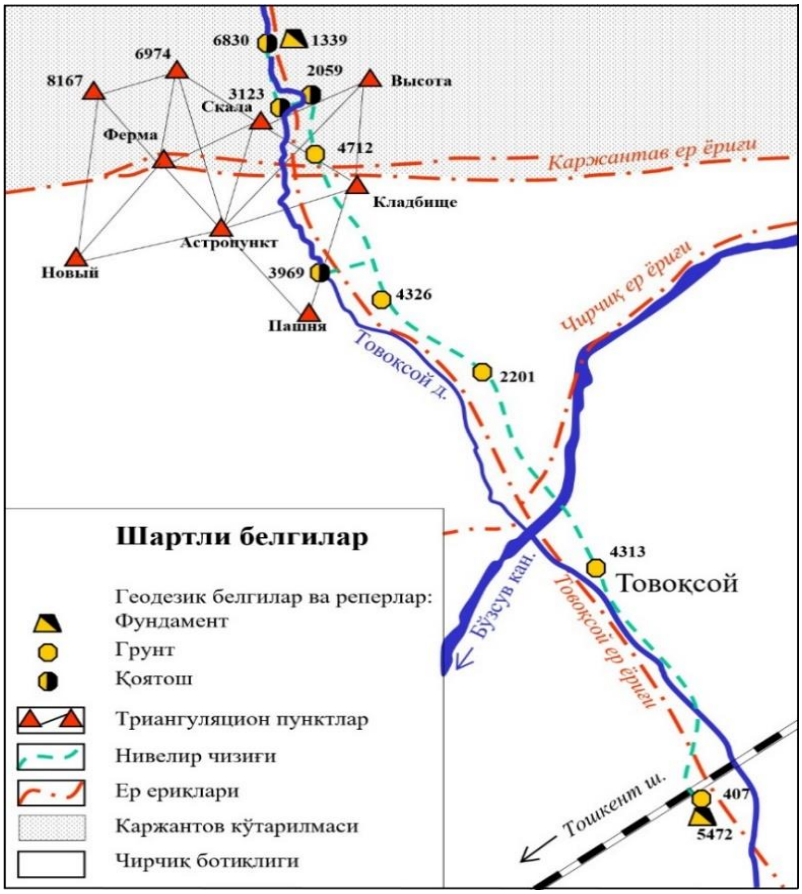



**3-rasm. G‘arbiy Timan yer yorig‘ining A, B, V, G, D, E, J, Z, I profillari bilan kesishgan qismida radon miqdoridagi o‘zgarishlarning grafiklari.**
**Fig. 3. Plots of radon quantity changes at the intersection of profiles A, B, V, G, D, E, J, Z, I of the West Timan fault**

Tovoqsoy geodinamik poligoni 1978 yilda O‘zR FA Seysmologiya instituti tomonidan Karjantog‘ ko‘tarilmasining janubi-g‘arbiy qismining janubi-sharqiy qanotida 1977 yilda sodir bo‘lgan kuchli Tovoqsoy zilzilasidan (M = 5,3) so‘ng tashkil etilgan. Tovoqsoy sinov poligonini yaratishdan maqsad geodezik va geofizik usullardan foydalangan holda zilzilani prognoz qilishni takomillashtirish

hamda Karjantog‘ chuqur yer yorig‘i zonasida bloklarning zamonaviy harakatlarini kuzatish bo‘lgan (4-rasm) [8].

Tovoqsoy geodinamik poligoni hududida 1991-1994 yillarda rejimli kuzatuvlar bilan bir qatorda yosh dislokatsiyalarni aniqlash va xaritalash maqsadida dala strukturaviy-geologik tadqiqotlar, shuningdek, aerofotosuratlar orqali turli masshtabli topografik xaritalarni izohlash ishlari olib borilgan. Natijada hududning strukturaviy-geologik va struktura-kinematik xususiyatlariga oid ma’lumotlar olingan.

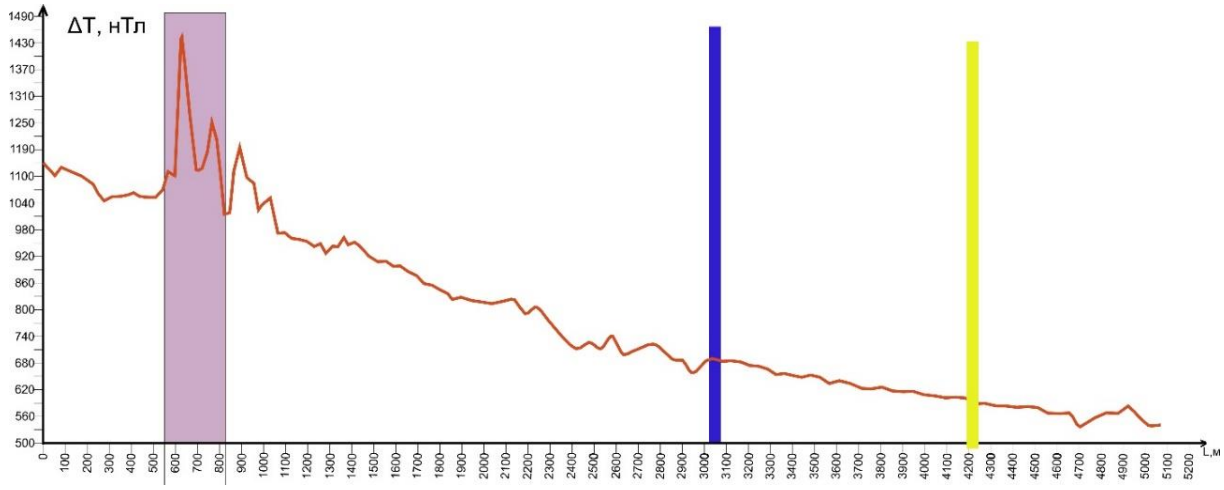



**4-rasm. Tovoqsoy geodinamik poligonining geodezik reperlarni hisobga olgan holda geologik-tektonik tuzilish sxemasi [8].**
**Fig. 4. Taking into account geodetic landmarks of the Tovoksoy geodynamic polygon. scheme of geological and tectonic structure [8].**

2002-2008 yillar davomida geodinamik poligon doirasida tektonik strukturalarni zamonaviy xaraktlarini geodezik, geofizik va seysmologik ma’lumotlar asosida o‘rganish ishlari amalga oshirilgan. Izlanishlar natijasida Karjantog‘ yer yorig‘ini Tovoqsoy yer yorig‘i bilan kesishish natijasida yuzaga kelgan bloklarlarining vertikal va gorizontal xarakatlari baholangan. Olingan natijalarga ko’ra yer yoriqlari bloklarining vertikal va gorizontal xarakatlari vaqt birligida tez o‘zgaruvchanligi anilangan [8, 9]. Shu bilan bir qatorda Karjantog‘ va Tovoqsoy yer yorig‘lari zonalarining bugungi kundagi faolligi baholangan.

**Tadqiqot metodikasi.** Tovoqsoy geodinamik poligoni hududidan o‘tgan Karjantog’ chuqur yer yorig‘i va unga ko‘ndalang bo‘lgan Tovoqsoy yer yoriqlarining makondagi joylashuvi va yo‘nalishlarini aniqlash maqsadida yer yoriqlari zonalarini perpendikulyar yo‘nalishda kesib o‘tadigan ikkita profillar bo‘yicha magnitometrik va radiometrik kuzatuvlar o‘tkazildi. Kuzatuv ishlari yuqori aniqlikdagi GEM GSM-19T protonli magnitometrlar va SRP-6801 radiometrlari yordamida o‘tkazildi [10].

Birinchi – I-I profil bo‘yicha 62 ta punktda hamda ikkinchi – II-II profil bo‘yicha 142 ta punktda o‘lchov ishlari olib borildi (5-rasm). Punktlar orasidagi masofa 25 metrni tashkil qiladi. Ma’lumki, magnitometrik tadqiqotlarda geomagnit maydoninig anomal variatsiyalarini aniqlash uchun statsionar stansiyalarda o‘lchangan geomagnit maydon qiymatlaridan dalada kuzatilgan geomagnit maydonning bir vaqtdagi qiymatlari ayriladi hamda geomagnit maydonining lokal anomal variatsiyalari aniqlanadi.



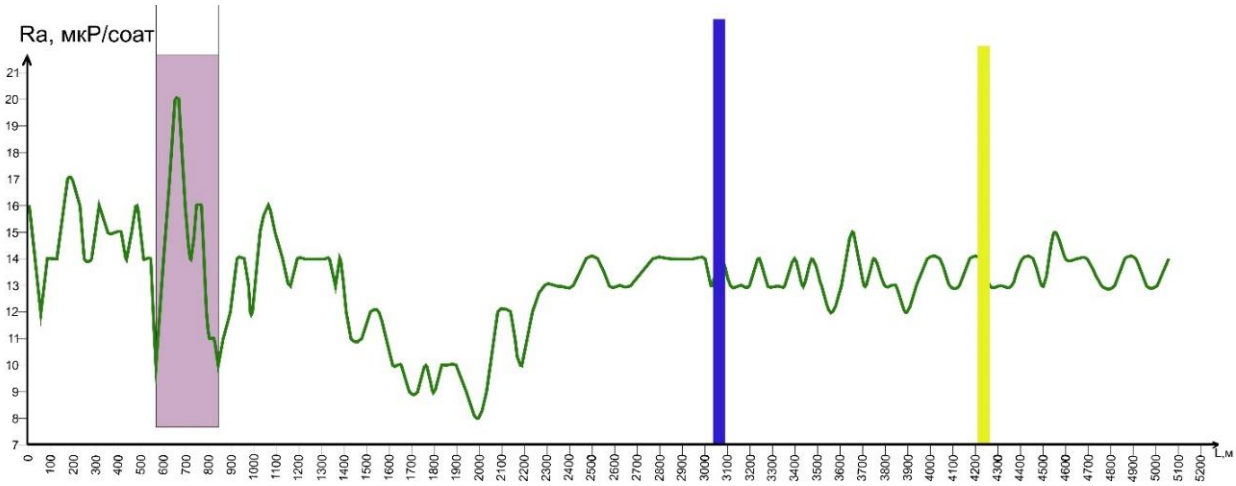

**5-rasm. I-I profil bo‘yicha Karjantog’ va Tovoqsoy yer yoriqlarining geomagnit maydonda namoyon bo‘lish grafigi.**
**Fig. 5. Graph of the Karjantau and Tovoksoy faults manifestation in the geomagnetic field along the I-I profile.**

O‘tkazilgan magnitometrik o‘lchov natijalari asosida xar ikkala profil bo‘yicha o‘zgarishlarni aks ettiruvchi grafiklar tuziladi.

Radiometrik o‘lchovlar har bir punktda uch martadan o‘lchov o’tkazish natijasida amalga oshirilgan. Olingan natijalar asosida radiometrik maydonning anomal o‘zgarishlarining grafiklari tuzilib yer yoriqlari zonalari bilan qo‘shma tahlil qilingan.

**Tadqiqot natijalari.** Har bir punktda o‘lchangan magnitometrik va radiometrik ma’lumotlar GNSS ma’lumotlari bilan birgalikda umumlashtirib, exsel dasturida ma’lumotlar bazasi yaratildi. Yaratilgan ma’lumotlar bazasi asosida o‘lchov ma’lumotlari uzoqlik va kenglik koordinatalari bo‘yicha ArcGIS dasturiga joylandi. Aniqlangan geomagnit va radiometrik maydon variatsiyalari ArcGIS dasturi yordamida mavjud yer yoriqlari bilan taqqoslash orqali yer yoriqlarining geofizik maydonlarida namoyon bo‘lishi kuzatildi.

Profillar bo‘yicha olib borilgan instrumental geofizik tadqiqotlar natijasida tuzilgan geomagnit va radiomterik maydon variatsiyalarining grafiklarini yer yoriqlari zonalari bilan taqqoslash natijalari 5 va 6-rasmlarda keltirilgan.

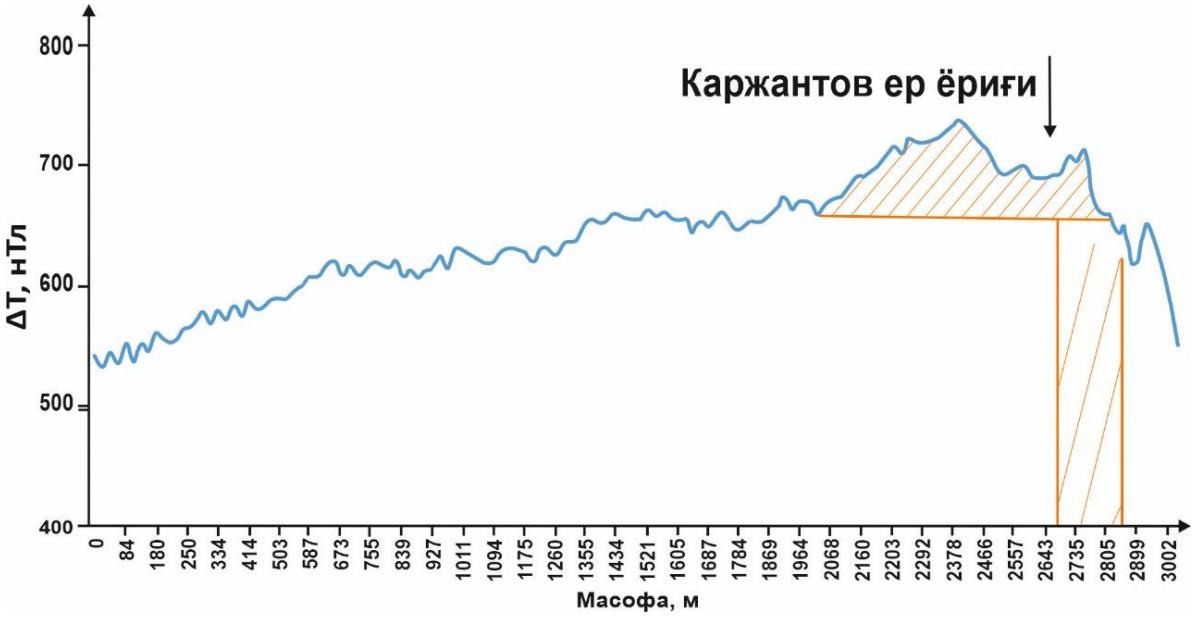



**6-rasm. I-I profil bo‘yicha Karjantog’ va Tovoqsoy yer yoriqlarining radioaktiv maydonda namoyon bo‘lish grafigi.**
**Fig. 6. Graph of manifestation of the Karjantog and Tovoksoy faults in the radioactive field along the I-I profile.**

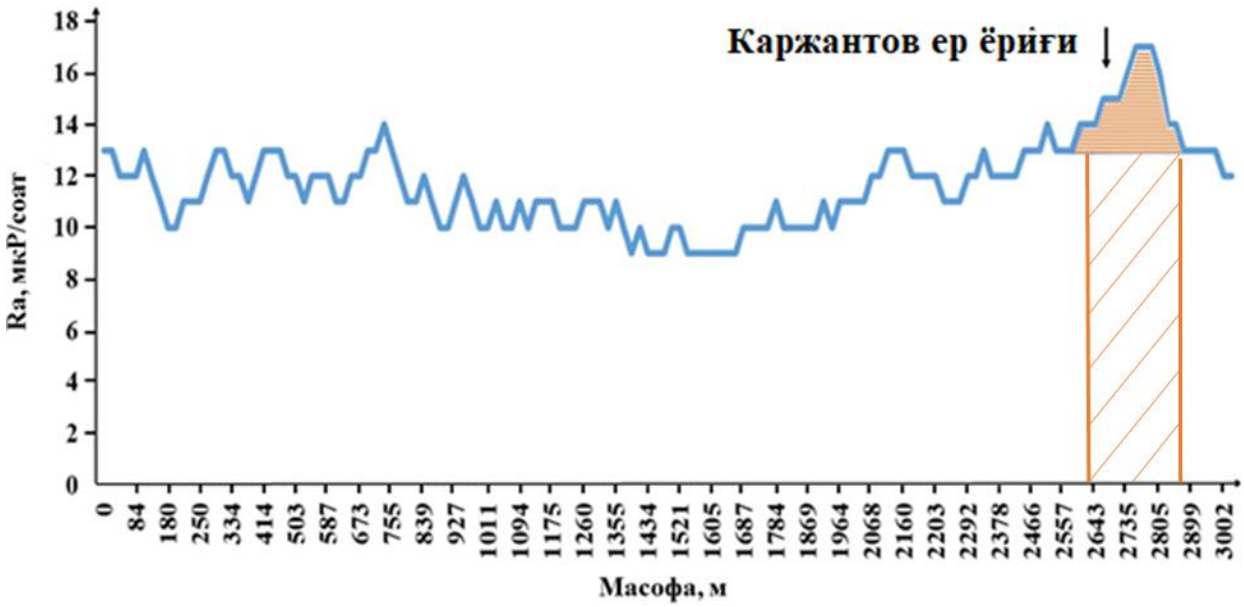
Tuzilgan grafiklar Karjantog‘ va Tovoqsoy faol yer yoriqlari zonalarini geomagnit va radioaktiv maydonlarda anomal variatsiya sifatida namoyon bo‘lganligini ko‘rsatadi. I-I profil bo‘yicha instrumental tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki kuzatilayotgan maydonlarda yer yoriqlari yagona anomal variatsiya shaklida namoyon bo‘lmasdan, balki ma’lum bir kenglikda namoyon bo‘lganligi aniqlandi. Bunday holat xar ikkala profillarda geofizik variasiyalarning bir xilda namoyon bo‘lishi anomal variatsiyalar yer yoriqlari zonalarida kechayotgan jarayonlar bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. E’tiborni namoyon bo‘lgan anomal o‘zgarishlarni kengiligi qaratamiz. I-I profil bo‘yicha magnitometrik maydonning anomal

o‘zgarishlari 779 metrdan 1140 metrgacha (361 m) bo‘lgan oraliqda, radiometrik maydonning anomal o‘zgarishlari esa 750 metrdan 1129 metrgacha (379 m) bo‘lgan oraliqda qayd qilingan. Yer yorig‘ini kuzatilayotgan maydonlarda bunday keng anomal variatsiya tarzida namoyon bo‘lishi bir tomondan o‘tkazilgan profillarning yer yorig‘iga nisbatan o‘tkir burchak ostida o‘tkazilganligi natijasida qayd qilingan bo‘lsa, ikkichi tarafdan ular yer yoriqlarini dinamik ta’sir zonasini aks ettirishi mumkinligini ko‘rsatadi. Bundan tashqari I-I profil bo‘yicha olingan natijalarga ko‘ra kuzatilgan anomal variatsiya qiymatlari Tovoqsoy yer yorig‘i zonasida Karjatog‘ yer yorg‘iga nisbatan yuqoriroq ekanligi qayd qilingan. Dastlab bunday natija A.I.To‘ychiev [11] tomonidan yer magnit maydonining variatsiyalarini vaqt bo‘yicha namoyon bo‘lishida qayd etilgan. Kuzatilgan bu holat hududning shimol-shimoli-g‘arb yo‘nalishida regional kuchlanganlik natijasida ushbu yo‘nalishdagi yer yoriqlari zonalari faollashuviga olib kelayotganligidan dalolat beradi.

Huddi shu tariqa ikkinchi – II-II profil bo‘yicha ham variatsiyalarni aks ettiruvchi grafiklar tuzildi va profilni kesib o‘tgan yer yorig‘i bilan taqqoslandi (7, 8-rasmlar).



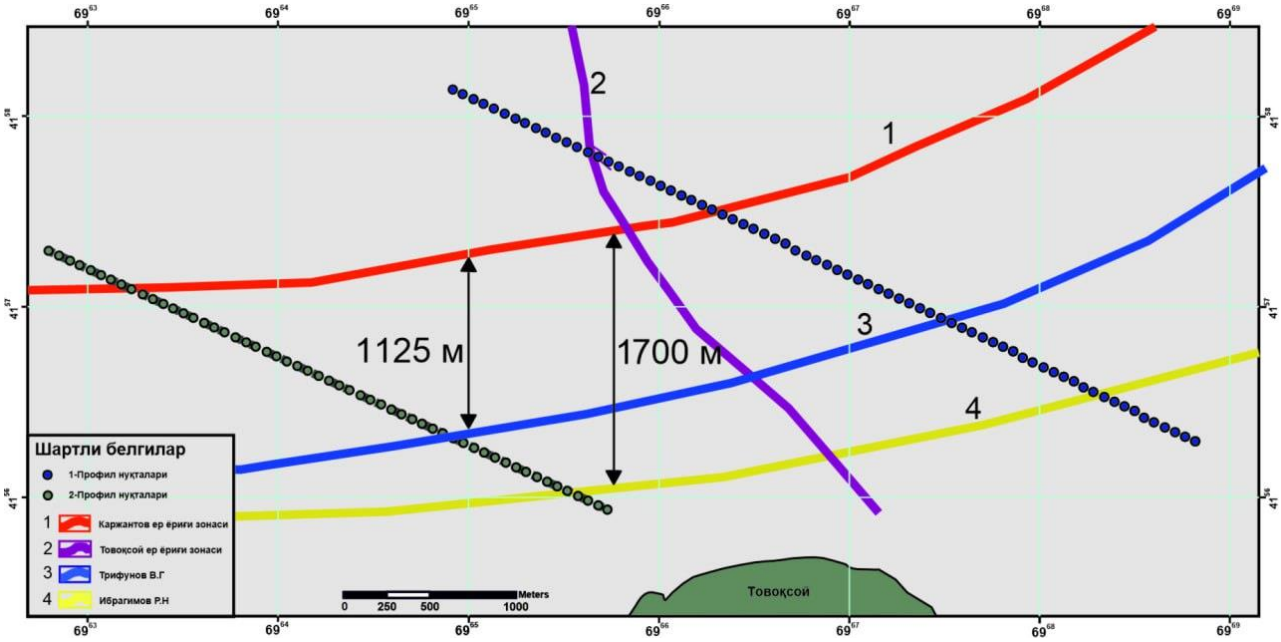

**7-rasm. II-II profil bo‘yicha Karjantog’ yer yorig‘ining geomagnit maydonda namoyon bo‘lish grafigi.**
**Fig. 7. Graph of the Karjantog fault manifestation in the geomagnetic field along profile II-II.**




**8-rasm. II-II profil bo‘yicha Karjantog’ yer yorig‘ining radioaktiv maydonda namoyon bo‘lish grafigi.**
**Fig. 8. Graph of the Karjantog fault manifestation in the radioactive field along profile II-II.**

Yuqorida keltirilgan 7 va 8-grafiklardan ko‘rish mumkinki Karjantog’ yer yorig‘i zonasining chegaralari geomagnit va radioaktiv maydonlarning anomal variatsiyalarida yaqqol namoyon bo‘lgan. II-II profil bo‘yicha kuzatuv natijalariga ko‘ra 2292 metrdan 2810 metrgacha (518 m) bo‘lgan oraliqda yer magnit maydonining anomal o‘zgarishlari kuzatilgan. Radiometrik maydonning anomal o‘zgarishlari 2378 metrdan 2900 metrgacha (522 m) bo‘lgan oraliqda kuzatilgan.

Yuqoridagi 9-rasmga asosan 1-raqamli qizil rang bilan ajratilgan, ya’ni instrumental kuzatuv natijalari orqali aniqlangan Karjantog‘ yer yorig‘inig haqiqiy joylashuvi, 2-raqamli ko’k rangli (V.G.Trifonov va bosh. tomonidan ajratilgan) va 3-raqamli sariq rangli (R.N.Ibragimov va bosh. tomonidan ajratilgan) yer yoriqlaridan mos ravishda 1125 m va 1700 m farq qilishi aniqlandi. Olingan natijalar foydalanib kelinayotgan yer yoriqlari xaritalarida Karjantog‘ yer yorig‘inig joylashuvi taxminan 1,5 km janubda keltirilganini va tuziladigan pasportlashtirishda bu holat to‘g‘irlanishi lozimligini ko‘rsatadi.




**9-rasm. I-I va II-II profillar bo’yicha Tovoqsoy geodinamik poligoni hududidan o‘tgan Karjantog’ va Tovoqsoy yer yoriqlari zonalarining sxematik xaritasi.**
**Fig. 9. It passed through the territory of the Tovoksoy geodynamic massif along profiles I-I and II-II. Schematic map of the Karjantog and Tovoksoy fault zones.**

## XULOSA

Tadqiqot hududida olib borilgan instrumental magnitometrik va radiometrik kuzatuv natijalariga asosan Karjantog’ va Tovoqsoy yer yoriqlarining chegaralari geomagnit va radioaktiv maydonlar anomal variatsiyalarida yaqqol aks etganligi kuzatildi.

Olingan natijalar asosida Karjantog‘ va Tovoqsoy yer yoriqlarining makondagi holatiga aniqliklar kiritildi.

O‘tkazilgan geofizik tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, instrumental geofizik usullar yordamida tektonik yer yoriqlarini tadqiq etish, ularni faolligini baholash, fizik maydonlarda namoyon bo‘lishini kuzatish, hududlarning zamonaviy tektonik holatini monitoring qilib borish mumkinligini ko‘rsatdi.

O‘tkazilgan instrumental geofizik usullar tektonik yer yoriqlarining o‘lchamlari bo‘yicha darajasini tadqiq etishga, makondagi joylashuviga aniqliklar kiritishga, bugungi kundagi faolligini baholashga, ularni ko‘rsatkichlariga (uzunligi, chuqurligi, morfologiyasi va faollanish darajasi) aniqliklar kiritishga imkon beradi.

## ADABIYOTLAR


1. *Юсупов В.Р., Шукуров З.Ф., Ядигаров Э.М.* Каржантоғ чуқур ер ёриғи сейсмик фаоллигини геологик-геофизик усуллар мажмуаси билан баҳолаш // Горный вестник Узбекистана". - 2016. - № 4. - С. 64-67.
2. *Бачманов Д.М, Кожурин А.И., Трифонов В.Г.* База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. - 2017. - Т. 8. - № 4. - С. 711-736.
3. *Спивак А.А.* Особенности геофизических полей в разломных зонах // Физика Земли. - 2010. - № 4. - С. 55-66.
4. *Удоратин В.В., Магомедова А.Ш., Езимова Ю.Е.* Результаты геофизических исследований Западно-Тиманского разлома // Известия Коми научного центра УрО РАН. Серия «Науки о Земле» 2020 № 1 (41). - С. 55-68. DOI:10.19110/1994-5655-2020-1-55-68
5. *Васильковский Н.П., Репников М.П.* Тектоника и сейсмичность северо-восточной части Ташкентского региона. - Т.: Фан, 1940. - 127 с.
6. *Якубов Д.Х., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М.* Региональные разломы Срединного и Южного Тянь-Шаня. - Т.: Фан, 1976. - С. 56-121.
7. *Ярмухамедов А.Р., Эргешов И.М., Валиев И.С., Саттаров А.С.* Исследование проявления современных тектонических движений земной коры геодезическим методом на Таваксайском геодинамическом полигоне в связи с сейсмичностью. - Т.: ИС АН РУз, 2006. - 146 с.
8. *Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.А.* Технология оценки сейсмической опасности на основе новых карт детального сейсмического районирования (ДСР) // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т.: ИС АН РУз, 2012. - № 9. - С. 65-69.
9. *Арапов В.А.* Вулканизм и тектоника Чаткало-Кураминского региона. - Т.: Фан, 1983. - С. 27-60.
10. *Михайлов В.В., Ткачев В.Н.* Рабочая геологическая основа Чаткало-Кураминского региона. Листы XVII, XVIII, XXII, XXIII, XXIV, XXVIII-XXX, XXXIV, XXXV // Отчет № 32996 за 2001-2004 гг. ОАО «Регионалгеология».
11. *Абдуллабеков Қ.Н., Мақсудов С.Х., Тўйчиев А.И., Юсупов В.Р.* Аномальные вариации геомагнитного поля на Чарвакском полигоне сейсмической природы // ДАН РУз. - 2012. - № 4. - С. 45-48.
12. *Садыков Ю.М., Нурматов У.А* Сейсмотектоника Западного Тянь-Шаня // Проблемы сейсмологии. - 2021. - № 2. - С. 61-72.
13. *Ярмухамедов А.Р., Умурзаков Р.А., Саттаров А.С., Максудов С.Х., Туйчиев А.И.* Результаты сопоставительного анализа геомагнитных, радиометрических и геодезических данных // Исследование проявления современных тектонических движений земной коры геодезическим методом на Таваксайском геодинамическом полигоне в связи с сейсмичностью. - Т.: Изд-во SHAMS-ASA, 2006. - С. 94-100.
14. *Туйчиев А.И.* Исследование сейсмогеодинамических и техногенных процессов на территории Узбекистана магнитометрическим методом: Автореф. дисс. канд. физ.-мат. наук. - Т., 2007. - 20 с.


**Определение зон активных тектонических разломов инструментальными геофизическими методами**

**У.А. Нурматов, З.Ф. Шукуров, В.Р. Юсупов, Х.Б. Исроилов, С.К. Култаев**

**Аннотация.** Представлены результаты инструментальных геофизических исследований, проведенных на Таваксайском геодинамическом полигоне. Путем магнитометрических и радиометрических наблюдений определены места и направления Каржантауского глубинного разлома и Таваксайского разлома, проходящих по территории Таваксайского геодинамического полигона. Описаны эффективность и другие аспекты применения комплексных инструментальных геофизических методов при исследовании активных тектонических разломов.

**Ключевые слова:** тектонические разломы, магнитометрия, радиометрия, мониторинг, сейсмичность.

**Determination of zones of active tectonic faults by instrumental geophysical methods**

**U.A. Nurmatov, Z.F. Shukurov, V.R. Yusupov, H.B. Isroilov, S.K. Kultayev**

**Abstract.** The article presents the results of instrumental geophysical research conducted at the Tavaksay geodynamic polygon. Through magnetometric and radiometric observations, the locations and directions of the Karjantau deep fault and the Tavaksay fault passing through the Tavaksay geodynamic polygon were determined. Efficiency and other aspects of application of complex instrumental geophysical methods in the study of active tectonic faults are described.

**Key words**: tectonic faults, magnetometry, radiometry, monitoring, seismicity.

**УДК 550.34**

# НОВЕЙШАЯ ТЕКТОНИКА И СОВРЕМЕННОЕ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АРАЛО-УСТЮРТСКОГО РЕГИОНА УЗБЕКИСТАНА

**Ю.М. Садыков, А.А. Рашидов, М.Ш. Нормуминов**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*

**Аннотация.** Амплитуда неотектонических движений на Узбекской части Западно-Тянь-Шаньского орогена достигла 14000 м, тогда как на Арало-Устюртском регионе Туранской платформы всего лишь 600 м. Амплитуда движений в орогене более чем в 20 раз выше, чем на платформе. Скорости наибольших современных вертикальных движений в этих регионах показывают сопоставимые результаты: на орогене варьирует от -10 до +10 мм/год, а на плите меняются в пределах 0+4 мм/год. Наблюдается существенное увеличение скорости современных вертикальных движений на платформе. Также на основе анализов результатов математического моделирования современного напряженного состояния исследуемой территории делается вывод.

**Ключевые слова**: Западный Тянь-Шань; математическая модель; неотектонические движения; неотектоника; современные движения; напряженное состояние; Туранская платформа.

**Введение.** Анализ неотектонических движений является важной частью сейсмогеодинамического анализа и производится изучением разломно-блоковых неотектонических структур, а также количественной характеристикой движений, сформировавших эти структуры. Разломы и блоки, развитые в земной коре, рассматриваются как взаимосвязанные и взаимообусловленные структурные формы. Активный разлом реагирует движением на изменение поля напряжений и в этом ключе является источником сейсмической опасности.

**Методика исследований**. Одним из эффективных способов изучения новейших тектонических движений является картографический. Преимущество данного способа заключается в возможности анализа неотектонических построений разных лет, привлечении к анализу совокупности данных по глубинному строению, разрывной тектонике и современных движений. Элемент декомпозиции данного способа позволяет замену некоторых составляющих использованных карт и схем на более современную информацию.

**Особенности глубинного строения.** Исследование взаимосвязи глубинного строения и структуры мезозойско-кайнозойского чехла – важная часть сейсмогеодинамического анализа. Средняя мощность земной коры в регионе составляет 40 км и характеризуется низкими градиентами изменения глубин залегания поверхности Мохо, обширными пологими формами ее рельефа. Консолидированная кора, расположенная между поверхностями палеозойского фундамента и Мохо, более устойчива. Она имеет трехчленное строение. Верхняя часть коры складывается из палеозойского складчатого основания и кристаллического фундамента. Мощность верхней части 10-12 км. Среднюю часть представляют расслоенные слои с пониженной и повышенной скоростями. Скорость сейсмических волн 6,5-6,7 км/сек, а в волноводах 5,8-6,2 км/сек. Мощность средней коры 10-15 км. Одной из причин возникновения волноводов допускается высокая электрическая проводимость слоев в результате разрушения пород и их последующим обводнением. Нижняя часть консолидированной коры характеризуется малым количеством отражающих границ и границ обмена. Это может свидетельствовать о слаборасслоенности данной части коры. Мощность нижней части коры меняется в пределах 12-15 км. Для исследуемого региона отмечается согласное залегание поверхностей Мохо, палеозойского фундамента и современного рельефа [1-5].

**Неотектоника.** Для проведения неотектонического анализа мы изучили существующие карты и схемы неотектоники [6-12]. Для настоящего анализа использована карта новейших тектонических движений Юга СССР (под ред. Л.П.Полкановой, 1971 г., масштаб 1:1 000 000), как наиболее полно соответствующая современному рельефу (рис. 1). В неотектонический этап развития отлагались неогеновые и четвертичные отложения. В Центральных Кызылкумах и Южном Приаралье они образуют материковый покров, где преобладают песчано-алеврито-глинистые накопления лагунных и континентальных фаций. В

пределах Устюрта их сменяют морские и лагунные образования миоцена. Выделяют три стадии развития современного ландшафта: олигоцен-нижний миоценовый; средний миоцен–нижний плиоценовый и средний-верхний плиоценовый. Верхний плиоцен – эоплейстоценовый стратиграфический комплекс завершает ранний неогеновый этап эпохи новейшего орогенеза. Осадочное выполнение эрозионных линейных долин и котловин представлено различными типами разрезов. Наиболее древние – соленосные отложения. Перекрывающие их озерно-бассейновые, аллювиальные и делювиально-пролювиальные накопления более широко распространены. Накоплению этих отложений предшествовал региональный перерыв и эрозионное долинное расчленение рельефа. На неогеновых отложениях залегают четвертичные породы, отражающие результаты современных тектонических движений и особенности строения водосборной территории, включающей бассейн р. Амударьи и Аральского моря. В долине

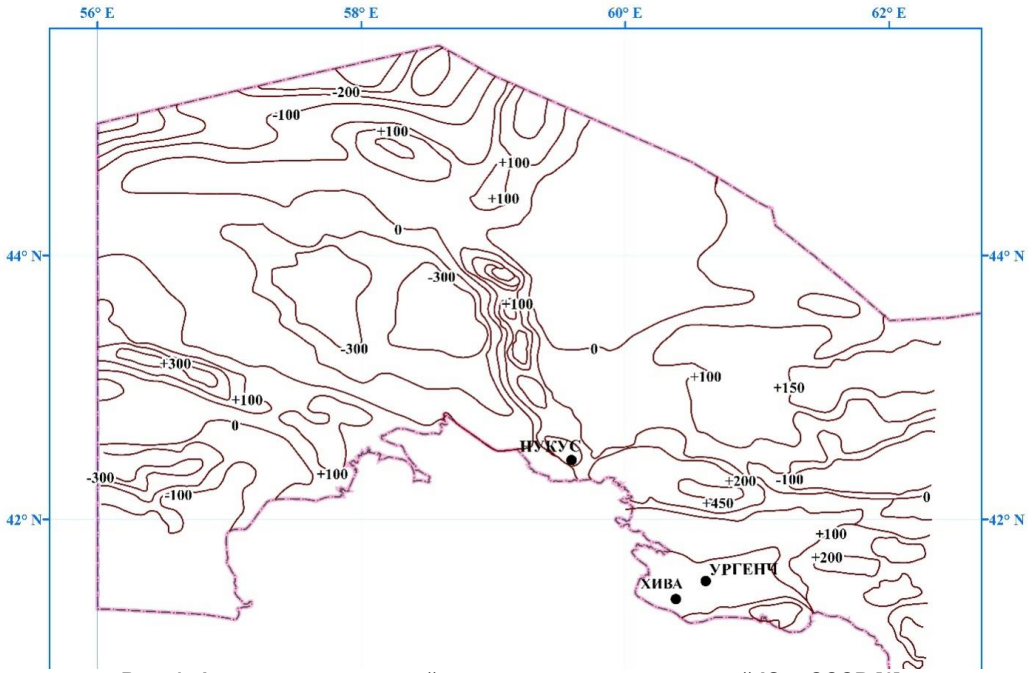



**Рис. 1. Фрагмент карты новейших тектонических движений Юга СССР [1].**

+300 амплитуды новейших тектонических движений, м.

**Fig. 1. Fragment of the map of the latest tectonic movements in the South of the USSR [1].**

+300 amplitudes of the latest tectonic movements, m.

р. Амударьи разрезы представлены преимущественно равнинным аллювием. В выступающих массивах Центральных Кызылкумов, включая Султанувайс, развит пролювиальный шлейф, а в прилегающих районах – отложения бессточных котловин и приуроченные к ним мелкие озера и покровы перевеянных эоловых песков. К ним примыкают ландшафты Аральского бассейна и сопряженные с ним дельты Амударьи. Составляющие их ландшафты представлены латеральным рядом типовых разрезов мелкосопочников и равнин Кызылкумов, долин Амударьи и Аральского моря. Традиционно выделяемые в составе четвертичных отложений: сохский, ташкентский, голодностепский и сырдарьинский комплексы сохраняют свое значение в качестве региональных стратиграфических подразделений. Структурные формы, наблюдаемые на поверхности земли, были сформированы в результате новейших тектонических движений. Для анализа амплитудных характеристик новейших тектонических движений использован фрагмент карты новейших тектонических движений Юга СССР [6]. Согласно данному фрагменту, суммарная амплитуда новейших тектонических движений варьирует в пределах -300 +300 м (600 м) (см. рис. 1). Для сравнения можно указать, что в Западном Тянь-Шане суммарная амплитуда неотектонических движений максимально достигала 12 тыс. м. Если их сравнить, то расчеты показывают, что скорость вертикальных движений за неотектонический этап составляла приблизительно: для орогена 0,48 мм/год, а для платформы 0,024 мм/год. На фрагменте четко выделяются две узкие полосы сравнительно повышенных значений амплитуд: северо-западная (Центрально-Устюртский вал) и субмеридиональная (Западно-Аральская зона поднятий). Границами этих полос служат

разломы, амплитуда движений по которым составляет не менее 600 м. Разломы расположены согласно простиранию этих полос и играют структурно-контролирующую роль. Эти разломы отмечены практически во всех опубликованных геологических и тектонических картах, посвященных данному региону. По ориентации они северо-западные и субмеридиональные (Уральские).

**Новейшие тектонические структуры.** Согласно [5, 12], на исследуемом участке Туранской платформы выделены Северо-Устюртский и Каракумский тектонические блоки, разделенные зоной Мангышлакского разлома, северо-западным продолжением Южно-Тянь-Шаньского глубинного разлома 1-го ранга. На север от данного разлома ответвляется Западно-Аральский разлом субмеридионального простирания. Эти разломы сыграли существенную роль в обустройстве внутренней структуры осадочного чехла. На рис. 2 горизонтальные прерывистые линии указывают на развитие синеклиз и впадин, т. е. участков, испытавших отрицательные движения, а вертикальные линии очерчивают участки развития выступов, шолей и валов, возникших при положительных неотектонических движениях.

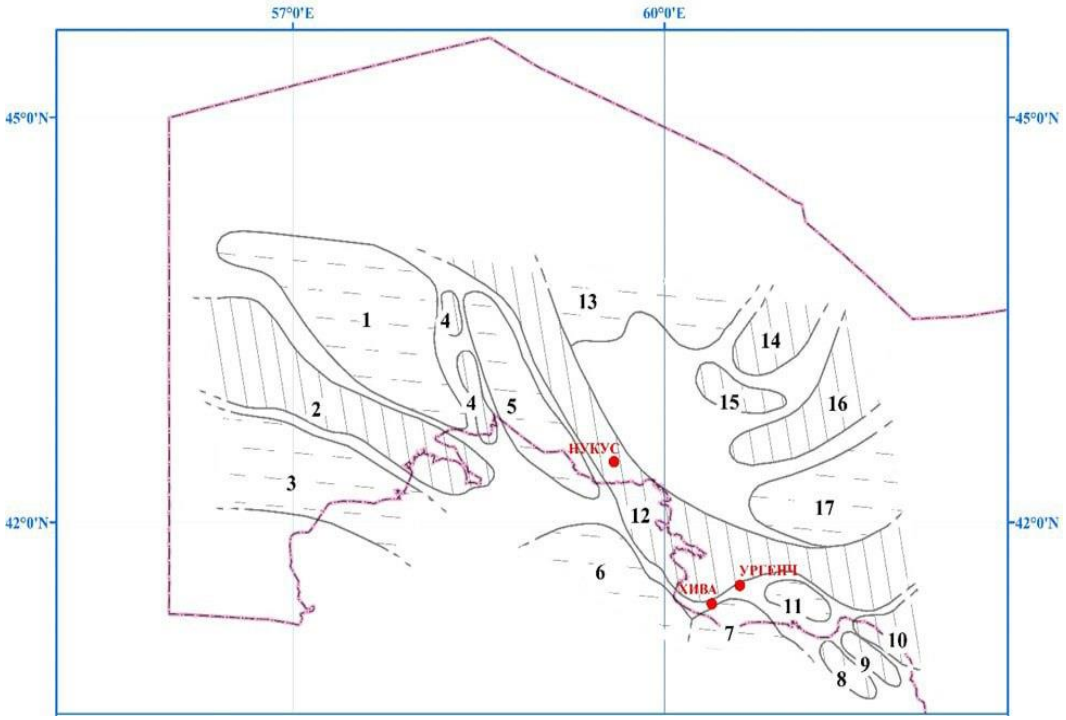



**Рис. 2. Схема тектонического районирования мезозой-кайнозойских структур Узбекистана и сопредельных территорий [5].** 1 – Барсакельмеский прогиб; 2 – Центрально-Устюртское поднятие; 3 – Ассакеауданский прогиб; 4 – Аламбекский вал; 5 – Судочий прогиб; 6 – Дарьялык-Дауданский прогиб; 7 – Турткульский прогиб; 8 – Питнякое поднятие; 9 – Мешеклинское поднятие; 10 – Софронкудукское поднятие; 11 – Хайназарский прогиб; 12 – Султанувайс-Тахтакаирское поднятие; 13 – Восточно-Аральская впадина; 14 – Тахтакупырское поднятие; 15 – Бузгулькое поднятие; 16 – Желпактауское поднятие; 17 – Таджиказганский прогиб.

**Fig. 2. Scheme of tectonic zoning of Mesozoic-Cenozoic structures of Uzbekistan and adjacent territories [5].** 1 - Barsakelmesk Trough; 2 - Central Ustyurt Rise; 3 - Assakeaudan Trough; 4 - Alambek Shaft; 5 - Sudochi Trough; 6 - Daryalyk-Daudan Trough; 7 - Turtkul Trough; 8 - Pitnyakoye Rise;
9 - Mesheklin Rise; 10 - Sofronkuduk Rise; 11 - Hainazar Trough; 12 - Sultanuvais-Takhtakair Rise; 13 - East Aral Trough; 14 - Takhtakupyr Rise; 15 - Buzgulka Rise; 16 - Zhelpaktau Rise; 17 - Tajikazgan Trough.

В пределах Северо-Устюртского блока выделяются структуры: Таджиказганская, Восточно-Приаральская, Самская, Барсакельмесская впадины; Челкарский и Судочий прогибы. В пределах Каракумского блока выделены Центрально-Устюртский вал и Карабогаз-Каракумский свод, испытавшие воздымание. К отрицательным структурам отнесены Ассакеауданский и Дауданский прогибы. В следующей схеме, посвященной тектоническому районированию мезозойско-кайнозойских структур Узбекистана и сопредельных территорий [5], структурная разновидность исследуемой территории получила более конкретное отображение. Согласно данной схеме, выделяется Бузубай-Султанувайс-Тахтакаирская зона поднятий, куда входят поднятия: Бузубай, Султанувайс и Тахтакаир.

Характерной особенность данной зоны в том, что она в районе г. Нукуса резко меняет ориентацию структур с северо-западной на субмеридиональную (см. рис. 2). Продолжение субмеридионального направления наблюдаем в цепочке поднятий, куда включен и остров Возрождения. Рассматриваемая система Западно-Аральских поднятий с двух сторон ограничена разломами, контролирующими данную систему поднятий. В приграничной зоне Султанувайсского поднятия и Южно-Устюрт-Дауданской системы отрицательных структур выделяются Хайназарский, Турткульский и Дарьялык-Дауданский прогибы. Далее к северу Центрально-Устюртская система поднятий примыкает к Северо-Устюртской синеклизе, представленной Барсакельмесским и Судочим прогибами.

**Активные разрывные нарушения.** Проанализированы карты и схемы, где затрагивались вопросы разрывной тектоники [1-6, 11-16]. Например, при составлении схематической карты активных разломов авторы [14] опирались на следующие признаки: 1) разломы пересекают, смещают и деформируют комплексы пород докайнозоя и кайнозоя, различных элементов современного рельефа земной поверхности, включая гидросеть и инженерные сооружения; 2) зона динамического влияния разломов сопровождается экзодинамическими явлениями. Разломы разделены на: достоверные и предполагаемые; по ориентации и глубине заложения; разломы ранжированы и дифференцированы по морфокинематическим признакам. В данной схеме ставится знак равенства между разломами и линеаментами, что, на наш взгляд, недопустимо. Линеамент – это продукт дешифрирования аэрокосмофотоматериалов. Перед тем, как по ним делать какие-то практические выводы, необходимо провести их полевую идентификацию. Пока они остаются объектом для дальнейших исследований. Схема опубликована в 1998 г.

Следующая карта является фрагментом карты активных разломов Евразии [15]. Окончательная редакция данной карты выполнена в 2017 г. Карта составлена, в основном, по разным типам и годам публикации материалов дистанционного зондирования и, судя по оценкам различных авторов, отличается большой достоверностью. В настоящее время эта карта часто используется в работах по разломной тектонике. Визуально можно отметить, что на второй карте [15], в отличие схемы активных разломов [14], отсутствуют разрывы меридионального простирания. Для последующего анализа из этих карт заимствованы данные о рангах и кинематике разломов. Как показал анализ ряда тектонических карт, в пределах Средней Азии выделяются разломы 1-го и 2-го рангов, сыгравшие исключительную роль при формировании ее внутренней структуры. Одним из таких является Южно-Тянь-Шаньский. В пределах Западного Узбекистана данный разлом осложняет северо-восточное крыло Амударьинской впадины одного из крупных тектонических элементов Туранской платформы.

**Южно-Тянь-Шаньский разлом 1-го ранга (рис. 4)**. Трассируется с юго-востока на северо-запад. На востоке он разделяет Южный Тянь-Шань и Памирский выступ, далее на западе Гиссарское поднятие и Таджико-Афганскую впадину. Данный отрезок именуется Гиссаро-Кокшаальским разломом. И.Е.Губин отнес его к категории краевых на основании большой протяженности (800 км), длительного существования, резкой геоморфологической выраженности в виде серии разрывов [17]. По данным Д.П.Резвого и А.В.Алексеенко (1973), разлом палеозойского заложения, являлся рубежом между системой геосинклинальных прогибов Южного Тянь-Шаня и Таджикско-Каракумским срединным массивом [18]. Далее на запад разлом именуется Южно-Тянь-Шаньским. Глубинные сейсмические разрезы показывают, что в полосе Арало-Гиссарских «барьерных» выступов мантии, разграничивая западное погружение Южного Тянь-Шаня и стабильные районы Туранской плиты, фиксируется повышенная концентрация отражающих и преломляющих границ, указывающих на расслоенность земной коры. К югу от разлома поверхность Мохо погружается до 40-45 км в Чарджоуской ступени и Сурхандарьинской впадине. Под Кульджуктау, Зирабулак-Зиаэтдинским и Каратюбинским поднятиями она залегает на глубине 44-46 км и в Южном Гиссаре до 50 км включительно. В геомагнитном поле зона разлома проявляется в виде протяженных положительных линейных экстремумов [12]. Напряженность и частота магнитных аномалий в 4-5 раз превышают аналогичные величины на смежных площадях и связаны с внедрением основных пород с повышенной концентрацией ферромагнитных минералов. В наблюденном поле силы тяжести зона разлома проявляется неоднозначно. В предгиссарском отрезке фиксируются резкие гравитационные ступени. В Газли-Мубарекском отрезке структура четко не обособляется. На сводных картах аномалий Буге зона разлома выделяется в виде цепочки локальных гравитационных относительных максимумов. Предварительные расчеты по выявлению изостатических аномалий свидетельствуют о некоторой

нарушенности равновесного состояния блоков, разграничивающих разлом. Генерализованные электрометрические модели показывают подъем слоев высокой электропроводности в полосе мантийных выступов, указанных выше, и их погружения в сторону Туранской плиты. На кривых МТЗ по линии Кабаклы-Чардара на глубине 2,0-2,5 км отмечается резкий перегиб изолиний кажущихся электросопротивлений и их скачкообразное увеличение. Аналогичная картина наблюдается по профилю МТЗ Карабекаул-Чардара на глубине порядка 8 км. По данным КМПВ-ГСЗ, по профилю Ромитан-Дарбазатау на этих глубинах выделяется высокоскоростной ($V_{пл}$ = 6,7-6,8 км/сек) слой мощностью около 2 км, соответствующий метавулканитам основного состава. Данные по тепловым полям базируются на результатах исследований в скважинах. В геотермических полях зона разлома выделяется высокими значениями тепловых потоков (до 70 Мвт/м$^2$ и выше). К северу и югу от разлома тепловые потоки уменьшаются до 50-58 Мвт/м$^2$. На срезах 1000, 1500 и 2000 м зона характеризуется повышенными температурами. Повышенные значения геотермического градиента (до 3,5-4,0°С/100 м) отмечены в Каганском, Газлийском и Испанлы-Чандырском поднятиях [12]. Геотермические и геоэлектрические наблюдения свидетельствуют о повышенных тепловых потоках в зоне разлома, что, вероятно, связано с увеличением проницаемости земной коры. Это могло привести к повышенной конвектируемости газовых эманаций и флюидов. В пределах Западного Узбекистана разлом состоит из крутопадающих нарушений. На данном отрезке разлома произошли Газлийские землетрясения 1976 г. с М = 7,0 и М = 7,3. Далее на западе в районе Султанувайса происходит сочленение разлома с Учбаш-Каршинской и Амударьинской ФРЗ.

**Амударьинская ФРЗ 2-го ранга.** Она является крупным элементом структуры Туранской эпипалеозойской платформы. Единая зона структурных уступов амплитудой 1,5-2,0 км, редко, до 4,0 км, протягивается от участка сочленения с Южно-Тянь-Шаньским разломом до отрогов Гиссарского хребта, контролируя на всем протяжении (кроме Бешкентского прогиба) распределение пермо-триасового комплекса. ФРЗ состоит из отдельных участков, простирание которых северо-западное и субширотное. Субширотное простирание наблюдается там, где ФРЗ пересекается под острым углом с меньшими по размеру широтными структурными уступами. Один из них расположен у подножий Султанувайса, второй ограничивает на юге Денгизкульское поднятие. Вдоль приподнятого крыла ФРЗ протягиваются линейно вытянутые пликативные и дизъюнктивные дислокации: Учкыр-Питнякский вал и Годинский грабен. Последний представляет узкую (5-7 км) дислокацию амплитудой до 500 м, вытянутую более чем на 200 км. Формирование Годинского грабена и других аналогичных структур объясняется растягивающими напряжениями, возникающими на приподнятых крыльях флексур за счет положительной кривизны слоев, особенно в случае приуроченности к этим зонам антиклинальных складок. Силы растяжения порождают разрывы и проседания отдельных блоков. Грабен сформирован новейшими движениями.

**Учбаш-Каршинская ФРЗ 2-го ранга**. Имеет северо-западное простирание и прослеживается более чем на 400 км от упоминавшегося выше тектонического узла у подножий Султанувайсского поднятия до западного замыкания Кашкадарьинского прогиба. На некоторых участках зона выражена контрастно, на других проявляется уступом по поверхности фундамента, снивелированных юрскими отложениями. ФРЗ также в большинстве случав свойственно растяжение с образованием неоген-четвертичных грабенов, наиболее крупный из которых – Кокчинский. В юго-восточной части Бухарской ступени вдоль ФРЗ располагаются сложно построенные, осложненные надвигами складки Майманактау, Касантау, Кунгуртау и Чим, что свидетельствует о господстве здесь сил сжатия. Возможно, это активное влияние структур юго-западного погружения Зарафшанского поднятия. В плане ФРЗ имеет вид ломанной линии, состоящей из отрезков субширотного и северо-западного простирания. Широтные участки характерны для склонов Газлинского, Янгиказганского и др. поднятий Бухарской ступени, а участки северо-западного простирания там, где ФРЗ сечет поперечные прогибы. На всем протяжении ФРЗ выражается резким увеличением мощности юрских отложений – от 100-300 м на Бухарской ступени до 1000 м и более на Чарджоуской ступени. Такие контрастные изменения мощности одновозрастных пород в зонах Амударьинской и Учбаш-Каршинской ФРЗ могут свидетельствовать о существенной роли ФРЗ в формировании ступеней Восточного борта Амударьинской впадины. Для Бухарской ступени свойственна общая линейная вытянутость в северо-западном направлении, параллельная простиранию палеозойских структур. Для внутренних структур ступени следующего ранга отчетливо проявление северо-восточных «антитяньшаньских»

направлений, связанных с перестройкой структурного плана в неоген-четвертичный этап развития. Судя по механизмам Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг., активность структур северо-западных направлений неоспорима. Последние провоцируют активность сопряженных с ними структур северо-восточного направления.

**Мангышлакский разлом 2-го ранга.** Сопровождается оперяющими разрывными нарушениями. Один из таких, расположенный субпаралелльно основному, прослеживается южнее, разделяет Ассакеауданский и Дарьялык-Дауданский прогибы, объединенные в Южно-Устюрт-Дауданскую систему прогибов с Центрально-Устюртским поднятием. По основному разлому Центрально-Устюртское поднятие взаимодействует с Барсакельмесским и Судочьим прогибами. Эти разломы контролируют развитие дислокаций Центрально-Устюртского поднятия. Амплитуда новейших подвижек по ним составляют более 600 м. От него в районе г. Нукуса ответвляется Центрально-Аральский разлом север-северо-западного простирания.

**Западно-Аральский разлом 2-го ранга.** В домезозойском фундаменте ему соответствует офиолитовая сутура, разделяющая породы, сформировавшиеся в рифейский и герцинский циклы тектонического развития. В мезозой-кайнозойском чехле Западно-Аральский разлом и система паралельных разрывов контролируют развитие Тахтакаирского поднятия и цепочки положительных структур, продолжающихся в северном направлении, куда включен также остров Возрождения. Амплитуда новейших подвижек по разлому не менее 600 м.

**Современные вертикальные тектонические движения, по геодезическим данным.** Совмещенная схема современных вертикальных движений и активных разрывных нарушений Арало-Устюртского региона отражена на рис. 3. Большинство из них имеют геоморфологическую выраженность, выполняя структурно-контролирующую роль. Зоны, разграничивающие блоки с высокими и низкими значениями современных движений, пространственно совпадают с активными разломами 1-го ранга и для них характерны высокие тектонические напряжения. Современные вертикальные движения показаны в изолиниях скоростей (мм/год) и варьируют в пределах 0 + 4 мм/год. Для сравнения этот же показатель составляет для Ферганской впадины и его горного обрамления от -10 до +10 мм/год, Таким образом, для Арало-Устюртского региона наблюдается существенное увеличение скорости современных вертикальных движений относительно неотектонических.

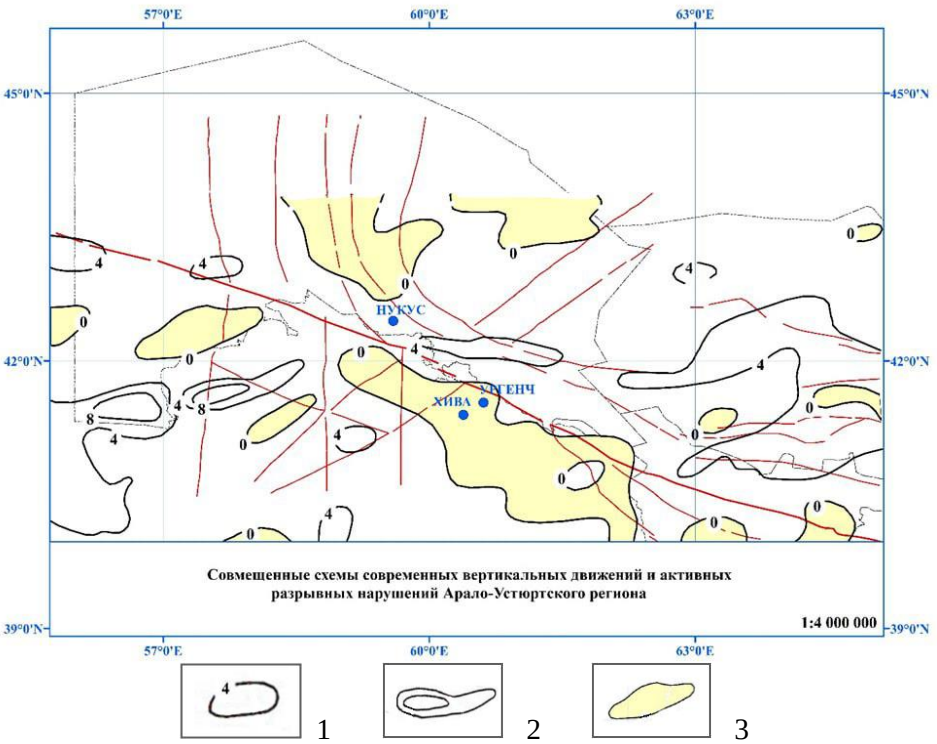



**Рис. 3. Совмещенная схема современных вертикальных движений и разрывных нарушений Арало-Устюртского региона.** *1* – изолинии скоростей вертикальных движений, мм/год; *2* – участки поднятий; *3* – участки опусканий.
**Fig. 3. Combined scheme of modern vertical movements and discontinuities in the Aral-Ustyurt region.** 1 - isolines of vertical movement velocities, mm/year; 2 - areas of uplift; 3 - areas of subsidence.

Сравнение скоростей вертикальных движений в Тянь-Шаньском орогене и Арало-Устюртском регионе Туранской платформы показало их сопоставимость, что свидетельствует о вовлечении краевых частей платформы в интенсивные вертикальные движения.

**Основные черты геодинамики.** Современные модели геодинамики Средней Азии основаны на предположении, что напряженное состояние земной коры региона является последствием столкновения Евразийской, Индийской и Аравийской плит [1-5]. Время заложения и формирования Туранской платформы охватывает позднетриас-юрское время. Консолидированная земная кора сформировалась к началу мезозоя. С закрытием Туркестанского и Зарафшанского субокеанических бассейнов связывается гетерогенность и разновозрастность консолидированной коры. Во второй половине триаса исследуемый регион вступил в новую эпоху тектонического развития. На базе складчатых сооружений каледонид и герценид были сформированы структуры Туранской платформы. До вовлечения в неотектоническую активизацию здесь сформировались структуры платформенного типа. Неоднократная смена горообразовательных и равниннообразовательных режимов, разделенных континентальными перерывами, сопровождалась структурными несогласиями и складчатостью.

Положение Туранской платформы как краевой части Евразийской литосферной плиты, соседствующей с органогенными поднятиями Тянь-Шаня, определило особенности ее развития. Согласованность во времени различных событий в Тянь-Шане и в исследуемой части Туранской платформы свидетельствуют о генетической связи этих регионов. Например, образование линейных прогибов в Тянь-Шане и Туранской платформе. Со средне-позднеэоценовым вулканизмом Ирана, Афганистана и Памира коррелирует накопление на территории Туранской платформы эоценовых пирокластических монтмориллонитовых глин. В поздний кайнозой (олигоцен) Тянь-Шань и Туранская плита вступили в неотектонический период активизации. Сближение Евразийской и Индийской литосферных плит сопровождалось образованием сложных ансамблей микроплит и блоков земной коры в Средней Азии. В зависимости от распределения полей напряжений они образуют две системы орогенических структур – коллизионных Альпийско-Гималайского пояса и резонансно-орогенических постплатформенных поднятий Тянь-Шаня. Туранская платформа в начале неотектонического этапа формировалась как типичная платформа.

Итогом неотектонических движений по обновленным древним разломам Туранской платформы стало образование тектонических блоков: Амударьинского, Сырдарьинского, Северо-Устюртского и др. Орогенические движения нарастали от стадии к стадии с одновременным вовлечением в орогенез примыкающих к Тянь-Шаню с запада частей Туранской плиты. Поэтому граница между орогеном Тянь-Шаня и Туранской плитой не остается постоянной [1-5].

**Напряженное состояние региона по результатам математического моделирования.** Для понимания природы современных тектонических движений исследуемого региона необходимо проведение комплекса геолого-геофизических работ, с широким использованием результатов научных исследований, направленных на выяснение горизонтального взаимодействия разноранговых тектонических блоков земной коры, различающихся основными параметрами современной геодинамики. В этом плане в Узбекистане нарастает объем исследований, посвященных современной геодинамике и математическим моделям, адекватно описывающих природные процессы. Первопричина геодинамических процессов и их последствия находятся в области предположений. Используемые специалистами геолого-геофизические методы изучения геодинамики в настоящее время не в состоянии однозначно решать существующие проблемы. Одним из возможных путей для анализа геодинамических процессов является моделирование напряженно-деформированного состояния в исследуемом регионе. Первым шагом в этом направлении могло бы быть создание математической модели геодинамики региона, учитывающей всю реальную историю развития напряженного состояния литосферы во времени, но это в настоящее время практически невозможно. В работе [19] смоделировано течение горных масс в литосфере (толщиной 100 км, в пределах географических координат

36-46 с.ш. и 56-76 в.д.), на основе уравнений гидромеханики ползущих движений (задача Стокса), соответствующее схеме расположения тектонических структур в Центральной Азии [11]. Вычислительным экспериментом построены граничные напряжения (эквивалентные действиям Индийской, Аравийской и Евроазийской плит), которые создают перемещения, соответствующие современному рельефу рассматриваемого региона. На рис. 4 приводится совмещенная схема векторов скоростей перемещений, полученных при численном решении этой модели для Арало-Устюртского региона со схемой разломов 1-го и 2-го рангов. Отметим, что векторы скоростей перемещений отражают усредненную характеристику.

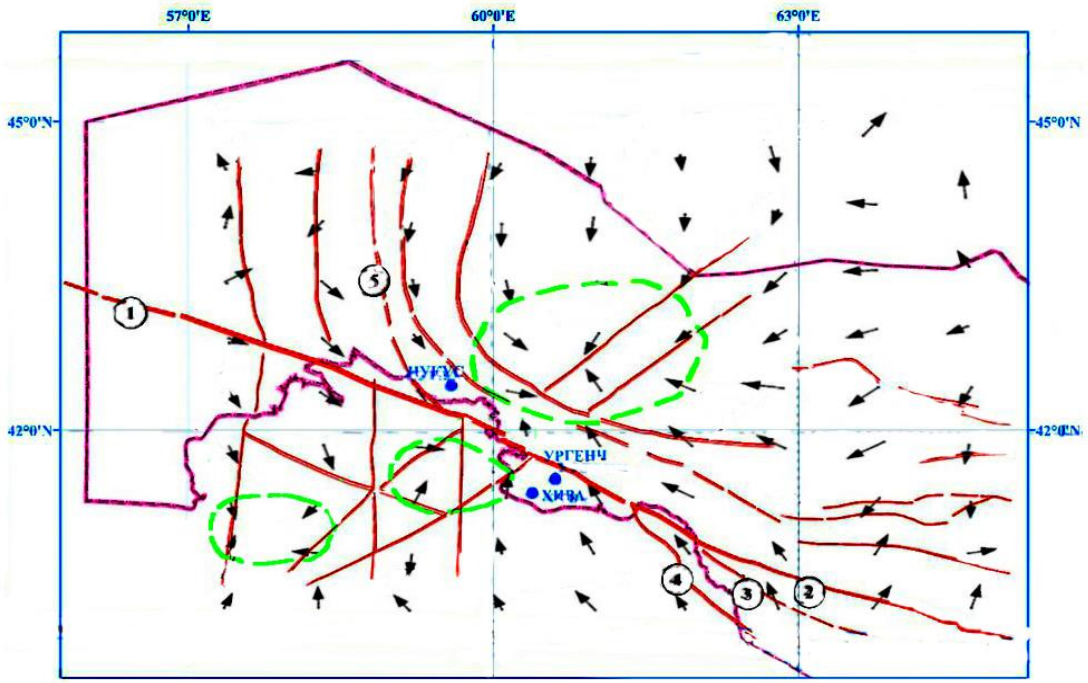



**Рис. 4. Совмещенная схема поля скоростей перемещений (по [19]) и разломов 1-го и 2-го рангов.**
**Fig. 4. Combined scheme of the displacement velocity field (according to [19]) and faults of the 1st and 2nd ranks.**

На рис. 4 выделяются несколько участков, где векторы сходятся на одном участке. Эти участки схождения (отмечены окружностью зеленого цвета) охватывают район расположения Султанувайсского поднятия. В этом же районе наблюдается узловое сочленение разломов Тянь-Шаньского, Мангышлакского и Уральского направлений. Эта особенность данного района отмечается большинством среднеазиатских геологов [20, 21].

Новейший структурный план региона, в целом, соответствует домезозойскому, т. е. нетектонические движения не смогли полностью переработать домезозойский структурный план. Еще два участка вместе с описанным составляют полосу северо-восточного простирания, сопровождаемую субпараллельной зоной разломов. Эта полоса условно разделяет векторное поле на два района, преимущественно западного и восточного направления. Вероятно, западное направление векторов указывает на дальнейшее расползание орогенических движений в глубь Туранской платформы, а восточное – на противодействие Евразийской литосферной плиты.

На рис. 5 приводится напряженное состояние рассматриваемого участка. На схеме ориентация стрелок указывает направление $\sigma_1$ (сжатие). По классификации Андерсона, геодинамическое состояние указывает на возможность подвижек типа взброс (R), сброс (B) и сдвиг (G). Однотипные напряжения объединены (штриховкой зеленого цвета выделены участки, подверженные субгоризонтальному сжатию). Штриховкой синего цвета – участки, где действуют напряжения сжатия, угол падения которых относительно горизонта варьирует в пределах 15-45°. В целом район находится в состоянии субмеридионального сжатия, но различия в азимутах направлений, возможно, указывает на тектонические блоки, которые по разному реагируют на общее направление сжатия.

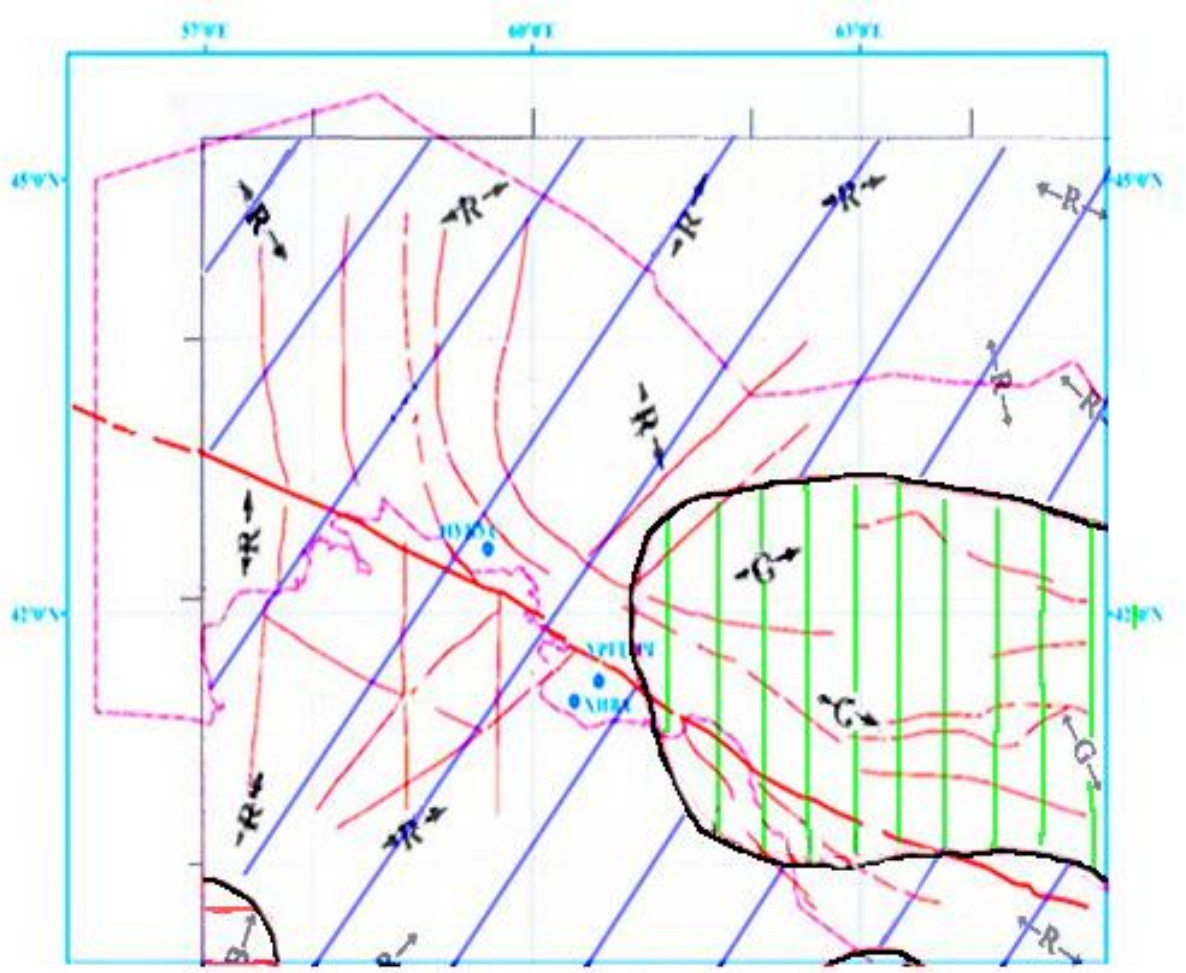


**Рис. 5. Совмещенная схема наибольшего горизонтального напряжения $\sigma_1$ (сжатие, МПа) для глубин 15 км и разломов 1-го и 2-го рангов.**
**Fig. 5. Combined scheme of the highest horizontal stress σ1 (compression, MPa) for depths of 15 km and faults of the 1st and 2nd ranks.**

В зависимости от азимута простирания разлома и направления напряжения сжатия, характер подвижек по разломам будут иметь сдвиговый, взбросо-сдвиговый и надвиговый характер.

## Заключение

В результате анализа неотектонических движений Арало-Устюртского региона установлено следующее:

• структура Арало-Устюртского региона имеет разломно-блоковый характер, при этом разломно-блоковые структуры 1-го ранга играют главную роль;

• движения по крупным разломам, в сочетании с общим интенсивным субмеридиональным сжатием, способствовали формированию узких зон неотектонических поднятий, контролируемых разломами 1-го и 2-го ранга;

• скорости вертикальных движений в Тянь-Шаньском орогене и Арало-Устюртском регионе Туранской плиты сопоставимы;

• район исследований находится в состоянии субмеридионального сжатия в зависимости от азимута простирания разлома, а направления напряжения сжатия и подвижки по разломам имеет сдвиговый, взбросо-сдвиговый и надвиговый характер.

**Литература**


1. Природа слоев и границ литосферы - Т.: ГФНТИ, 1998. - 212 с.
2. Литосфера Памира и Тянь-Шаня - Т.: Фан, 1982. - 248 с.
3. Земная кора и верхняя мантия Средней Азии - М.: Наука, 1977. - 212 с.
4. Земная кора Узбекистана - Т.: Фан, 1974. - 288 с.
5. *Далимов Т.Н., Троицкий В.И., Ганиев И.Н.* История геологического развития, геодинамика Узбекистана и сопредельных территорий // Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. - Т.: Университет, 1998. - С. 459-533.
6. Карта новейших тектонических движений Юга СССР / Под ред. *Л.П.Полкановой,* 1971 г., масштаб 1: 1 000 000.
7. Карта новейшей тектоники юга Азии и сопредельных областей / Под ред. *Н.И.Николаева,* 1978 г., масштаб 1: 2 500 000.
8. Карта новейшей тектоники Северной Евразии / Под ред. *А.Ф.Грачева,* 1997 г., масштаб 1: 1500 000.
9. Атлас геологических карт Республики Узбекистан. Карта неотектоники / Под ред. *Ш.Д.Давлятова,* 2016 г., масштаб 1: 2 500 000.
10. *Троицкий В.И., Садыков Ю.М., Денисов Р.И.* К карте новейших тектонических движений Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. № 7. - Т., Том II. - С. 241-244.
11. *Таль-Вирский Б.Б.* Геофизические поля и тектоника Средней Азии. - М.: Недра, 1982. - 272 с.
12. *Зуннунов Ф.Х., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М. и др.* Геолого-геофизическая модель земной коры Западного Узбекистана // Геотектоника. - 1974. - № 1. - С. 59-68.
13. *Ярмухамедов А.Р.* Современные тектонические движения земной коры // Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. - Т.: Университет, 1998. - С. 446-459.
14. *Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г.* База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. - 2017. - Т. 8. - № 4. - С. 711-736. doi: 10.5800/GT-2017-8-4-0314)
15. *Якубов Д.Х., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М.* Региональные разломы Срединного и Южного Узбекистана. - Т.: Фан, 1976. - 148 с.
16. *Губин И.Е.* Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана. - М.: Изд-во АН СССР, 1960.
17. *Резвой Д.П., Алексеенко А.Е.* Развитие глубинных разломов в течение мезозой-палеогена и на неоген-антропогеновом этапе // Глубинные разломы Южного Тянь-Шаня / Под ред. *Д.П.Резвого.* - Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1973.
18. *Атабеков И.У.* Математическая модель тектонических течений в литосфере Центральной Азии // Проблемы сейсмологии. - 2019. - № 1. - С. 24-33.
19. *Гарьковец В.Г.* О структурной и металлогенической связи Тянь-Шаня с Уралом // Сб. науч. тр. Главгеологии УзССР и ТашПИ, вып. 4. - Т.: Наука, 1964. - № 11.
20. *Гарьковец В.Г., Хамрабаев И.Х.* О геологической и металлогенической связи палеозойских сооружений Южного Тянь-Шаня // Проблемы геологии Средней Азии и Казахстана. - М.: Наука,1967.


**O'zbekistonning Orol-Ustyurt mintaqasining neotektonikasi va zamonaviy kuchlanganlik holati**

**Yu.M. Sodiqov, A.A. Rashidov, M.Sh. Normuminov**

A**nnotatsiya.** G'arbiy Tyan-Shan orogenining O'zbekicton qismida neotektonik harakatlar amplitudasi 14000 metrga yetadi, Turon platformasining Orol-Ustyurt mintaqasida esa atigi 600 m. Orogendagi harakatlar amplitudasi platformadan 20 baravar yuqori. Ushbu mintaqalardagi zamonaviy vertikal harakatlarning tezligi taqqoslanadigan natijalarni ko'rsatadi: orogeniya yiliga -10 dan +10 mm gacha o'zgaradi va platformada 0 + 4 mm/yil oralig'ida o'zgaradi, platformada zamonaviy vertikal harakatlar tezligining sezilarli o'sishi kuzatiladi. O'rganilayotgan hududning hozirgi kuchlanganlik holatini matematik modellashtirish natijalari muhokama qilinadi.

**Kalit so'zlar**: G'arbiy Tyan-Shan; matematik model; neotektonik harakatlar; neotektonika; zamonaviy harakatlar; kuchlanganlik holati; Turan platformasi.

**The latest tectonics and the current tense state of the Aral-Ustyurt region of Uzbekistan**

**Yu.M. Sadiqov, A.A. Rashidov, M.Sh. Normuminov**

**Annotation.** The amplitude of neotectonic movements in the Uzbek part of the Western Tien Shan orogen reached 14000 m, whereas in the Aral-Ustyurt region of the Turan platform it is only 600 m. The amplitude of movements in the orogen is 20 times higher than on the platform. The speeds of the greatest modern vertical movements in these regions show comparable results: on the orogen it varies from -10 to +10 mm/year, and on the plate they vary within 0 + 4 mm/year. There is a significant increase in the speed of modern vertical movements on the platform. The results of mathematical modeling of the current stress state of the studied territory are also discussed.

**Key words:** Western Tien Shan; mathematical model; neotectonic movements; neotectonics; modern movements; stress state; Turan platform.

**УДК 550.34.4**

# О ПОВЫШЕННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ОЧАГОВЫХ ЗОН СИЛЬНЫХ СОВРЕМЕННЫХ И ИСТОРИЧЕСКИХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА К ИЗМЕНЕНИЮ РЕГИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

**У.А. Нурматов, У.А. Юсупджанова**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*

**Аннотация.** Рассмотрены результаты изучения особенностей пространственного и временного распределения слабых и умеренных землетрясений в пределах Восточного Узбекистана, а также сильных землетрясений в пределах единой сейсмогенной зоны. Приведены результаты сопоставительного анализа пространственного распределения участков с повышенной плотностью эпицентров с местами проявления сильных исторических и современных землетрясений. Установлена повышенная чувствительность очаговых зон происшедших сильных землетрясений к изменению напряженного состояния изучаемой территории. Изучены особенности сейсмической активизации очаговых зон отдельных сильных землетрясений в пределах единой сейсмогенной зоны.

**Ключевые слова:** блок земной коры, разлом, очаговая зона, землетрясения, сейсмогенная зона, эпицентр.

**Введение.** Земная кора представляет систему, состоящую из разномасштабных геодинамических блоков и ограничивающих их разноуровенных зон разломов. Эта сложная система взаимообусловленных геодинамических блоков весьма чувствительна к изменению напряженного состояния. Изменение ее в одном месте приведет к перераспределению по всей системе [1]. Взаимообусловленность землетрясений во времени и в пространстве, одновременное возникновение сильных землетрясений в масштабе крупных геодинамических блоков или протяженных сейсмогенных зон являются наглядным примером существования в природе разномасштабных геодинамических процессов, вызывающих напряженное состояние геодинамических блоков с соответствующими характерными размерами и временами активизации [2]. Результаты статистических исследований показывают, что основная масса землетрясений проявляется в определенных сейсмоактивных областях, пространственное положения которых устойчиво во времени, а по структуре они иерархически упорядочены [3, 4]. Сейсмотектонической основой этой устойчивости является приуроченность областей повышенной концентрации землетрясений к зонам активных тектонических разломов. Согласно «Закону сейсмотектоники» и концепции «сейсмогенных зон», каждый следующий очаг будет располагаться между очагами возникших ранее землетрясений или на продолжении его [4, 5]. Так, согласно этой концепции, вероятность возникновения сильного землетрясения в той же очаговой зоне невысока. Это подтверждается и результатами оценки повторяемости землетрясений сейсмологическими методами. Однако, на практике мы часто наблюдаем случаи повторной активизации одних и тех же очаговых зон сильных землетрясений.

***Особенности сейсмической активизации отдельных очаговых зон.*** Анализ последовательности проявления эпицентров сильных (с M ≥ 5,0) землетрясений Восточного Узбекистана показывает, что существует ряд очаговых зон, в пределах которых наблюдалось периодическое повторение сейсмической активизации. К таким относится очаговая зона Ташкентского землетрясения 1966 г. Город Ташкент с 1868 г. по настоящее время испытывал минимум семь циклов сейсмической активизации. Первое сильное землетрясение в городе отмечено в 1868 г. с M = 6,5. Последующие: в 1886 г. с M = 6,7, в 1924 г. и 1929 г. с M = 4,3 и M = 4,6, в 1966 г. с M = 5,2, в 1980 г. с M = 5,3. Последняя активизация Ташкентской очаговой зоны отмечена в 2008 г. возникновением землетрясения с K = 12,3, $M_w$ = 5,2. Согласно каталогу [6], землетрясение 1868 г. происходило в Нурекатинской сейсмогенной зоне, а по данным Р.Н.Ибрагимова и др. [7] это землетрясение было в районе старого Ташкента (ныне район п. Чиназ). Кроме того, в пределах самого города в этом же году наблюдалось еще одно землетрясение с магнитудой M = 5,5 [7].

Пространственное расположение эпицентров отмеченных выше землетрясений приведено на рис. 1. Расстояние между самыми удаленными друг от друга эпицентрами землетрясений в г.

Ташкенте 45 км. По оценкам Ю.В.Ризниченко [8], это расстояние соизмеримо размеру очага землетрясения с М = 6,7, возникшего в г. Ташкенте в 1886 г. Исходя из этого можно утверждать, что все перечисленные землетрясения относятся к единой очаговой зоне. Получается, что средняя частота активизации Ташкентской очаговой зоны равняется 20 годам.

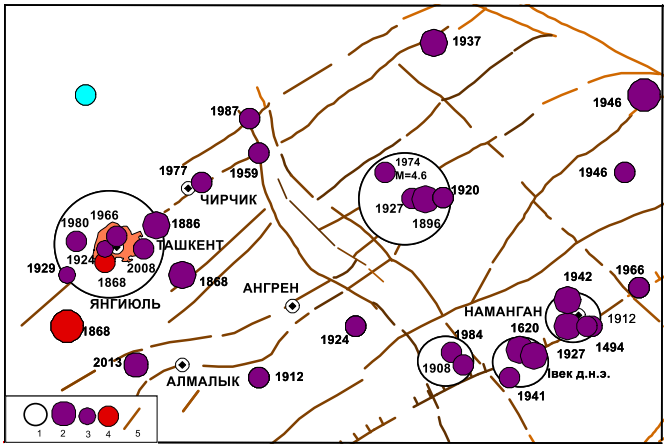



**Рис. 1. Эпицентры землетрясений, возникших в очаговых зонах отдельных сильных землетрясений Восточного Узбекистана.** 1 – размер очага максимального землетрясения, возникшего в данной очаговой зоне, по [8]. Эпицентр землетрясений с: 2 – М ≥ 6,0, 3 – М ≥ 5,0; 4 – эпицентры землетрясений 1868 г., по [7]; 5 – разломы земной коры.

**Fig. 1. Earthquake epicenters of individual focal zones of strong earthquakes in Eastern Uzbekistan.** 1 – size of the source of the maximum earthquake that occurred in a given source zone [8]. Epicenter of earthquakes with: 2 – M ≥ 6,0, 3 – M ≥ 5,0; 4 – earthquake epicenters according to [7]; 5 – fault in the earth's crust.

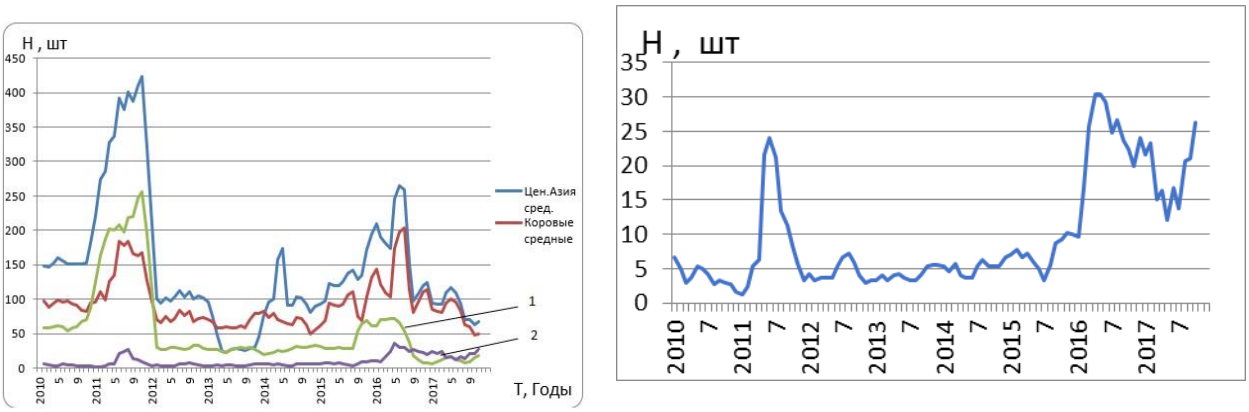
Аналогичное повторное возникновение сильных землетрясений в пределах одной очаговой области наблюдалось и в районе г. Намангана (см. рис. 1). Здесь с исторических времен по настоящее время возникли 4 землетрясения с М ≥ 5,0, самое сильное из которых с М = 6,1 было в 1927 г. Повторная активизация очаговой области наблюдалась и в районе г. Ахсы. Здесь с учетом результатов археосейсмологических исследований можно отметить три периода сейсмической активизации (см. рис. 1). В районе Папского роя 1984 г. в 1908 г. отмечено возникновение землетрясения с М = 5,7.

Повторную активизацию очаговых зон сильных землетрясений можно наблюдать и в пределах Западного Узбекистана. В районе г. Бухары за период с 942 по 1822 г. наблюдалось три цикла активизации. Самое сильное из возникших землетрясений с М = 7,0. Характерным является очаговая область Газлийских землетрясений, где в течение 8-летнего периода (с 1976 по 1984 г.) возникли три сильнейшие землетрясения с М = 7,0-7,3

Таким образом, повторная активизация очаговых зон сильных землетрясений наблюдается в разных частях региона. При этом характерна продолжительность времени между периодами активизации, которая изменяется от нескольких до сотен лет и более. Это свидетельствует об отсутствии единого источника, вызывающего активизацию сейсмичности как во времени, так и в пространстве. Вместе с тем необходимо отметить, что в отдельные периоды наблюдается кратковременная активизация сейсмичности по всей территории Центральной Азии, в масштабе разномасштабных геодинамических блоков и отдельных сейсмогенных зон [9]. Наблюдается взаимообусловленность сильных землетрясений, возникших на удаленных друг от друга геодинамических структурах. Например, в 1902 г. наблюдалось равномерное возникновение сильных землетрясений по всей протяженности Центральной Азии от востока до запада и юга (землетрясение с М = 6,0 в Зарафшанской зоне, Кашгарское с М = 8,1 на востоке, Андижанское с М = 6,4, в Ферганской долине, ряд подкоровых землетрясений с М ≥ 6,0 в Памиро-Гиндикушской зоне) [6], т. е активизировался весь регион.

Такого рода кратковременные активизации сейсмичности региона отмечены в 2011 и 2016 гг. (рис. 2). Если исходить из того, что земная кора имеет блоковое строение и характерные размеры иерархически упорядочены, то становится очевидным, что в каждом акте сейсмической активизации крупных геодинамических блоков происходит процесс перераспределения накопленных напряжений внутри блоков мелкого масштабного уровня. Каждый геодинамический блок в зависимости от своего характерного размера и геодинамического положения в ансамбле

разномасштабных структур и накопленных напряжений индивидуально реагирует на процесс перераспределения напряжения источника воздействия. Логическим завершением такого процесса является хаотическое возникновение сильных землетрясений на разных частях крупных геодинамических блоков и протяженных разломных зон. Об этом свидетельствует отсутствие закономерной миграции эпицентров сильных землетрясений вдоль крупных разломов, являвшихся границами крупных геодинамических блоков [10, 11].




А Б

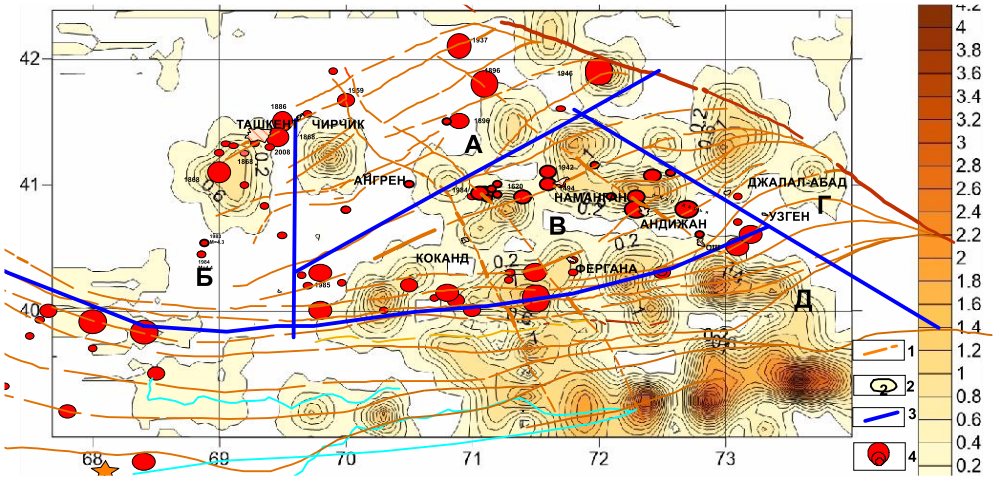
**Рис. 2. Графики распределения землетрясений с Mmb ≥ 2,8 по количеству во времени [9].** А – 1 – подкоровые Памиро-Гиндикушские землетрясения, 2 – землетрясения зоны Южно-Ферганского разлома; Б – распределение количества землетрясений в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне.

**Fig. 2. Graphs of the distribution of earthquakes with Mmb ≥ 2,8 by number over time [9].** A – 1 – deep-focus Pamir-Hindi Kush earthquakes, 2 – earthquakes of the South Fergana fault zone; B – distribution of the number of earthquakes in the South Fergana seismogenic zone.

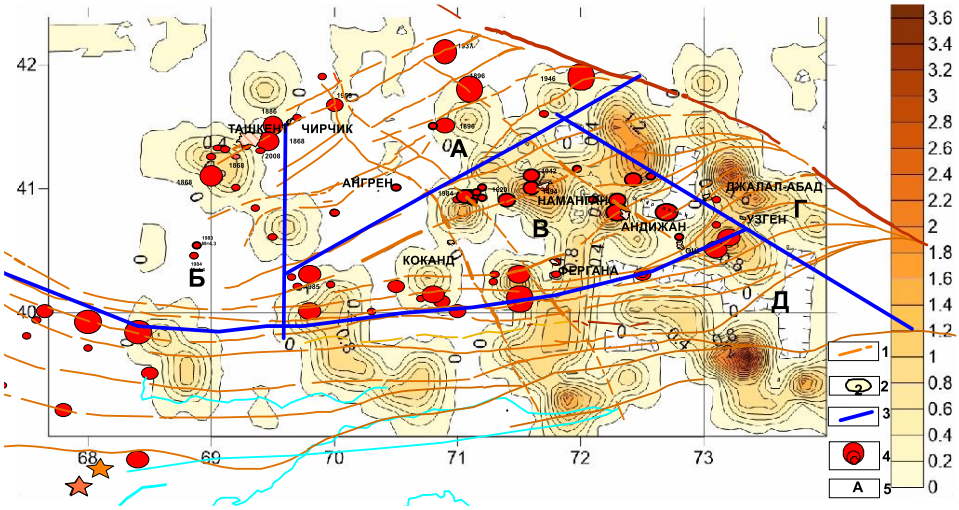
Анализ современной сейсмической ситуации территории Узбекистана показывает, что в пределах республики имеется рад очаговых зон исторических землетрясений, которые находятся в состоянии длительного сейсмического покоя. Наряду с этим наблюдается повышенная концентрация землетрясений слабой и умеренной силы в пределах очаговых зон происшедших сильных землетрясений. Кажется, что после возникновения сильного землетрясения его очаговая зона становится более чувствительной к изменению напряженного состояния геодинамических блоков. Если исходить из того, что в большинстве случаев очаговые зоны сильных землетрясений соответствуют узловым зонам разноранговых геодинамических блоков [12], то логично предположить, что очаговые зоны происшедших сильных землетрясений должны реагировать на процесс разномасштабного изменения напряженного состояния блоков земной коры. С целью получения ответа на вопрос о периодическом проявлении сейсмической активизации в пределах очаговой зоны отдельных сильных землетрясений и их повышенной чувствительности к изменению напряженного состояния блоков земной коры были исследованы особенности пространственного и временного распределения эпицентров землетрясений с учетом блочного строения земной коры территории Восточного Узбекистана. В качестве источника использованы: каталог землетрясений, составленный по проекту УНТЦ [13], ежегодные каталоги землетрясений КОМЭ ИС и РЦСПМ МЧС РУз за период с 2000 по 2023 гг. и каталог [6].

**Методика и результаты исследований.** С целью сопоставительного анализа эпицентров возникших современных и исторических землетрясений изучено пространственное распределение плотности эпицентров происшедших землетрясений за период с 2000 г. по 2023 г. в пределах Восточного Узбекистана. Плотность эпицентров подсчитана для квадрата с размером 10×10 км. Размер квадрата выбран из таких соображений, чтобы он не был меньше размера очага максимального происшедшего за этот период землетрясения. За изучаемый период максимальная сила возникших землетрясений в пределах Ферганской впадины (кроме Канского землетрясения с M = 6,4 2011 г.) не превышала M = 5,0. Характерный размер очага землетрясения с M = 5,0, по оценкам Ризниченко [8], равняется 8,3 км. Так, размер выбранного квадрата 10×10 км вполне соответствует указанным требованиям. Описанным методом составлены ежегодные карты плотности эпицентров землетрясений изучаемой территории в изолиниях. На рис. 3 приведены, в качестве примера, карты плотностей эпицентров землетрясений, составленные за 2010 г. и 2014 г.,

и эпицентры сильных (с M ≥ 5,0) землетрясений, происшедшие в пределах региона с древнейших времен по настоящее время. В общей сложности составлены 22 карты плотности эпицентров землетрясений. Как видно из приведенных карт, наблюдается достаточно хорошая приуроченность участков повышенной плотности слабых землетрясений к зонам активных разломов, являвшихся границами геодинамических блоков разного ранга. Участки повышенной плотности эпицентров в большинстве случаев более или менее совпадают с эпицентральной зоной происшедших ранее сильных землетрясений.




2010 г.




2014 г.

**Рис. 3. Карты плотности эпицентров землетрясений Восточного Узбекистана за 2001, 2010 и 2014 г.** 1 – активные разломы земной коры; 2 – изолинии плотности эпицентров; 3 – границы неотектонических блоков второго ранга [14]; 4 – эпицентры происшедших сильных (с M ≥ 5,0) землетрясений; 5 – геодинамические блоки земной коры (А – Чаткало-Кураминский; Б – Приташкентский; В – Ферганский; Г – Таласо-Ферганский; Д – Южно-Тянь-Шаньский).

**Fig. 3. Density maps of earthquake epicenters in the Fergana depression for 2001, 2010 and 2014.** 1 – active faults in the earth's crust; 2 – isolines of epicenter density; 3 – boundaries of neotectonic blocks of the second rank [14]; 4 – epicenters of strong (with M ≥ 5,0) earthquakes; 5 – geodynamic blocks of the earth's crust (A – Chatkal-Kuraminsky; B – Pritashkent; C – Fergana; G – Thalaso-Fergana; D – South Tien Shan).

С целью определения как часто очаговые зоны сильных землетрясений проявили себя повышенным количеством слабых землетрясений, изучено ежегодное пространственное распределение максимумов плотности эпицентров. Поскольку разные части изучаемой территории по сейсмическому потенциалу неодинаковы, к выделению участков повышенной плотности эпицентров подошли индивидуально. Для этого составленные ежегодные карты плотностей были сопоставлены с картами разломов и схемами разноранговых геодинамических блоков земной коры изучаемой территории. Путем совокупного анализа этих данных, с учетом уровня сейсмической активности разломных или сейсмогенных зон были выделены участки с повышенной плотностью

эпицентров. В качестве примера приведен результат выделения участков повышенной плотности эпицентров территории Восточного Узбекистана за 2017 г. (рис. 4). Аналогичным образом были выделены участки повышенной плотности эпицентров за период 2021-2023 гг. Обобщенный результат в виде карты плотности периода повышенной плотности эпицентров приведен на рис. 5.

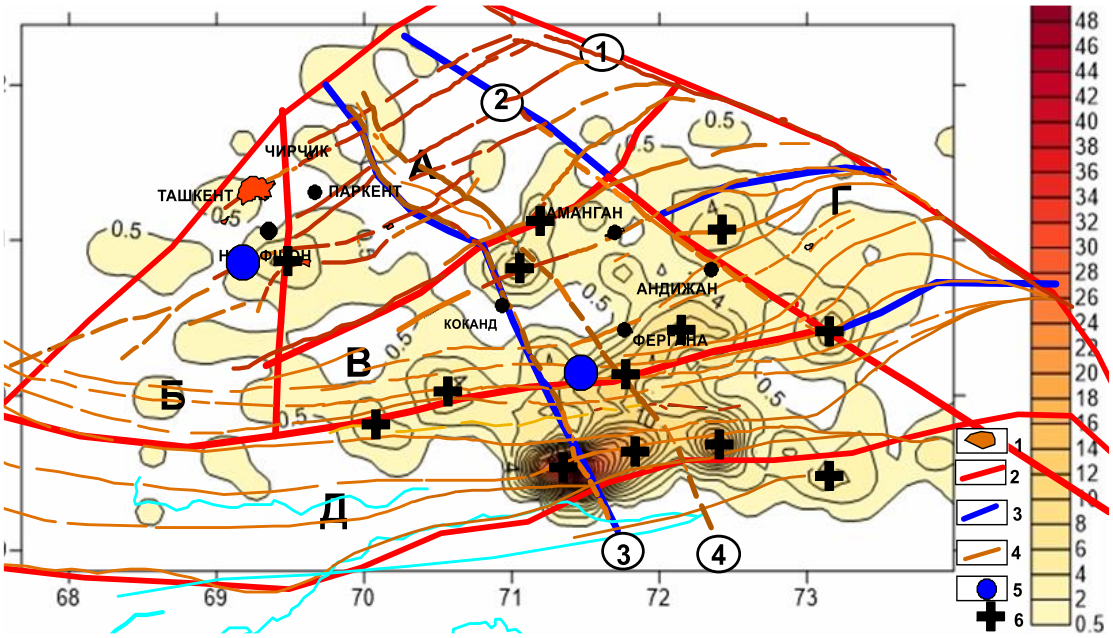



**Рис. 4. Карта плотности эпицентров землетрясений Ферганской впадины за 2017 г.** 1 – плотность эпицентров; 2 – границы геодинамических блоков второго ранга (А, Б, В, Г, Д – геодинамические блоки второго ранга); 3 – границы геодинамических блоков третьего ранга; 4 – активные тектонические разломы (1 – Таласо-Ферганский; 2 – Сайрам-Андижан-Ошский; 3 – Кумбель-Коканд-Хайдарканский; 4 – Арашан-Пап-Чимионский); 5 – эпицентры Канского (2011 г.) и Туябугузского (2013 г.) землетрясений; 6 – участки с относительно повышенной плотностью эпицентров землетрясений.

**Fig. 4. Map of the density of earthquake epicenters in the Fergana depression for 2017.** 1 – density of epicenters; 2 – boundaries of geodynamic blocks of the second rank (A, B, C, G, D – geodynamic blocks of the second rank); 3 – boundaries of geodynamic blocks of the third rank; 4 – active tectonic faults (1 – Thalaso-Fergana; 2 – Sairam-Andijan-Osh; 3 – Kumbel-Kokand-Khaidarkan; 4 – Arashan-Pap-Chimion); 5 – epicenters of the Kan (2011) and Tuyabuguz (2013) earthquakes; 6 – areas with a relatively high density of earthquake epicenters.

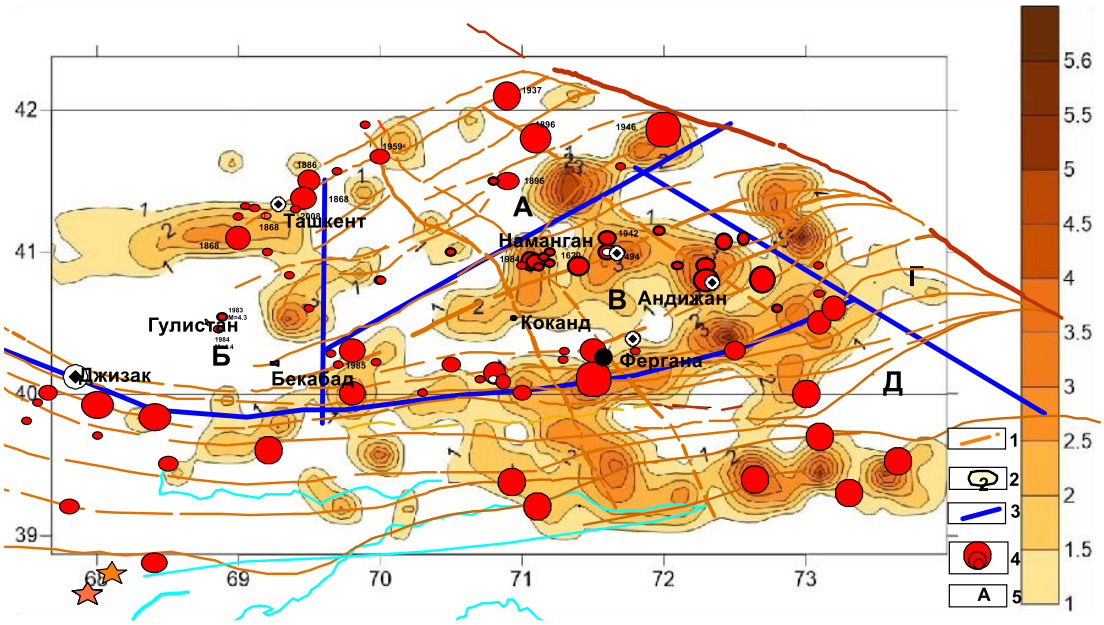



**Рис. 5. Распределение количества максимумов плотности эпицентров за период с 2000 г. по 2023 гг.** 1 – активные тектонические разломы; разломы земной коры; плотность эпицентров; 2 – участки с относительно повышенной плотностью эпицентров землетрясений; 3 – границы геодинамических блоков третьего ранга; 4 – эпицентры происшедших сильных (с M ≥ 5,0) землетрясений; эпицентры (1 – Таласо-Ферганский; 2 – Сайрам-Андижан-Ошский; 3 – Кумбель-Коканд-

Хайдарканский; 4 – Арашан-Пап-Чимионский); 5 – эпицентры Канского (2011 г.) и Туябугузского (2013 г.) землетрясений; 6 – границы геодинамических блоков второго ранга (А, Б, В, Г, Д).

**Fig. 5. Distribution of the number of epicenter density maxima for the period from 2000 to 2023.** 1 – active tectonic faults; faults in the earth's crust; density of epicenters; 2 – areas with a relatively high density of earthquake epicenters; 3 – boundaries of geodynamic blocks of the third rank; 4 – epicenters of strong (with M ≥ 5,0) earthquakes; epicenters (1 – Thalaso-Fergana; 2 – Sairam-Andijan-Osh; 3 – Kumbel-Kokand-Khaidarkan; 4 – Arashan-Pap-Chimion); 5 – epicenters of the Kan (2011) and Tuyabuguz (2013) earthquakes; 6 – boundaries of geodynamic blocks of the second rank (A, B, C, G, D).

## Обсуждение результатов

Как видно из рис. 5, в пределах очаговых зон большинства землетрясений за 22-летний период наблюдалось 3-4 периода повышенного проявления землетрясений слабой и умеренной силы. Совокупность дискретных участков повышенной плотности эпицентров сильных и умеренных землетрясений в плане образует полосу повышенной сейсмичности, простирание которой соответствует зонам активных разломов, являвшихся границами геодинамических блоков изучаемой территории. Наряду с этим имеются участки, которые за 22-летний период активизировались более 5 раз, но в их пределах сильные землетрясения ранее не отмечены. Такой участок наблюдается в пределах блока А (район Намагана и севернее, в зоне Сайрам-Ош-Андижанского разлома), Г и отдельных участках блока Д (южное окончание зоны Кумбель-Коканд-Хайдарканского разлома). По всей вероятности, эти участки в будущем могут быть потенциальными очаговыми зонами сильных землетрясений.

Обратим внимание на длительное отсутствие слабой и умеренной сейсмичности в пределах очаговых зон ряда сильных землетрясений. К таким участкам относятся очаговые зоны Уратепинских землетрясений 1897 г. с M = 6,6 и 6,7 на западе геодинамического блока Д, Пскемо-Чаткальского землетрясения 1896 г. с M = 6,6 и Пскемского землетрясений 1937 г. с M = 6,5 (в блоке А). Эти очаговые зоны находятся в состоянии длительного сейсмического покоя. Если учесть фактор длительного сейсмического затишья и приуроченность этих участков к зонам крупных тектонических разломов, являющихся границами геодинамических блоков, то вероятность их активизации в ближайшем будущем становится значимой.

Отметим отсутствие повышенной плотности слабых и умеренных землетрясений в очаговых зонах Ташкентского 1966 г., Пскем-Чаткальского 1896 г. и Пскемского землетрясений 1937 г. Так, в пределах этих очаговых зон наблюдалось периодическое проявление сильных землетрясений, особенно часто в Ташкентской очаговой зоне. По всей видимости, отсутствие слабой сейсмичности на этих участках связано с частым расходом накопленных напряжений очаговой зоны в виде сильных землетрясений. Средний период повторения землетрясений в очаговой зоне Ташкентского землетрясения равняется 20 годам, а распределение промежутков времени между наблюденными землетрясениями изменяется от 5 до 37 лет. Средняя повторяемость землетрясений в Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоне, в пределах которой расположена Ташкентская очаговая зона, равняется 13 годам (рис. 6), а распределение промежутков времени между землетрясениями, без учета землетрясений Ташкентского очага, изменяется от 10 до 22 лет, а с учетом очага – от 5 до 37 лет. Как видно из этих данных, нет закономерной последовательности в проявлении сильных землетрясений как в пределах Ташкентской очаговой зоны, так и в Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоне. На первый взгляд кажется, что сейсмический процесс по сейсмогенной зоне развивается согласно «закону сейсмотектоники» [4], т. е. каждый последующий очаг располагается на продолжении предыдущего или между ними. Однако эта закономерность нарушается процессами, происходящими в Ташкентской очаговой зоне. Возникает вопрос – в чем причина частого повторения сильных землетрясений в Ташкентской очаговой зоне? Судя по расположению геодинамических блоков и активных разломов Приташкентского района, очаговая зона не привлекает особого внимания (см. рис. 4, 5). Однако, по результатам исследований А.А.Ярмухамедова [12], г. Ташкент находится в сейсмотектоническом узле, который образовался на месте пересечения Каржантауского разлома с системой поперечных Ташкентско-Душанбинских разломов (на отдельных картах отмечается как линеаментов) меридионального

простирания (рис. 7). Кроме этого, г. Ташкент в северо-западном направлении пересекает еще один разлом – Сохский сдвиг.

Изучая сейсмотектоническую обстановку Ташкентской эпицентральной зоны, Р.Н.Ибрагимов приходит к выводу, что «…Ташкентское землетрясение вызвано ростом антиклинальной складки, являющейся погребенным продолжением Каржантауского поднятия, и сопровождалось перемещением горных пород по поперечному разлому северо-западного простирания в соответствие с общим полем напряжений горизонтального сжатия в северо-запад–юго-восточном направлении и полем локальных напряжений» [15]. Хотя в приведенных выше публикациях отмечают наличие поперечных разломов или линеаментов, пересекающихся с Каржантауским разломом в районе г. Ташкента, в официальных картах [14, 16, 17], принятых за тектоническую основу сейсмогенных зон территории, эти разломы не отражены [18]. Поэтому при выделении Ташкентско-Пскемской сейсмогенной зоны и при изучении особенностей проявления сильных землетрясений в ней вклад поперечных разломов не принимали во внимание. Хотя поперечная система разломов в сейсмическом отношении не является активной, тем не менее нельзя исключить ее определяющую роль в накоплении и разрядке сейсмогенных напряжений в Ташкентской очаговой зоне. Об этом свидетельствуют механизм очага Ташкентского землетрясения и результаты макросейсмического обследования [19].

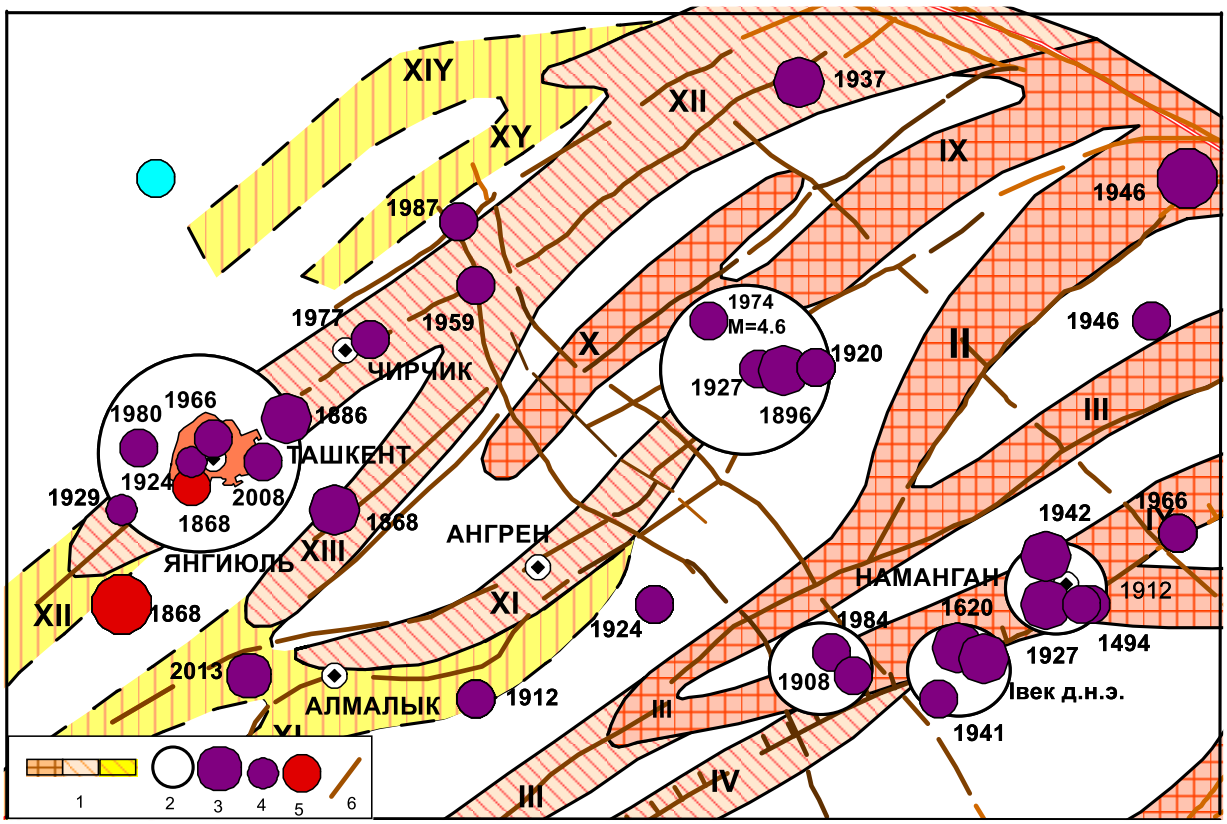



**Рис. 6. Сейсмогенные зоны Приташкентского района и эпицентр сильных землетрясений.** 1 – сейсмогенные зоны с M ≤ 7,5; 6,5 и M ≥ 5,0; 2 – круг, соизмеримый с размером очага максимального землетрясения. Эпицентры землетрясений с: 3 – M ≥ 6,0; 4 – M ≥ 5,0; 5 – эпицентры землетрясений 1868 г., по Р.Н.Ибрагимову [7].

**Fig. 6. Seismogenic zones of the Pritashkent region and the epicenter of strong earthquakes.** 1 – seismogenic zones with M ≤ 7,5; 6,5 and M ≥ 5,0; 2 – circle, commensurate with the size of the source of the maximum earthquake. Epicenters of earthquakes with: 3 – M ≥ 6,0; 4 – M ≥ 5,0; 5 – epicenters of the 1868 earthquakes according, to R.N.Ibragimov [7].

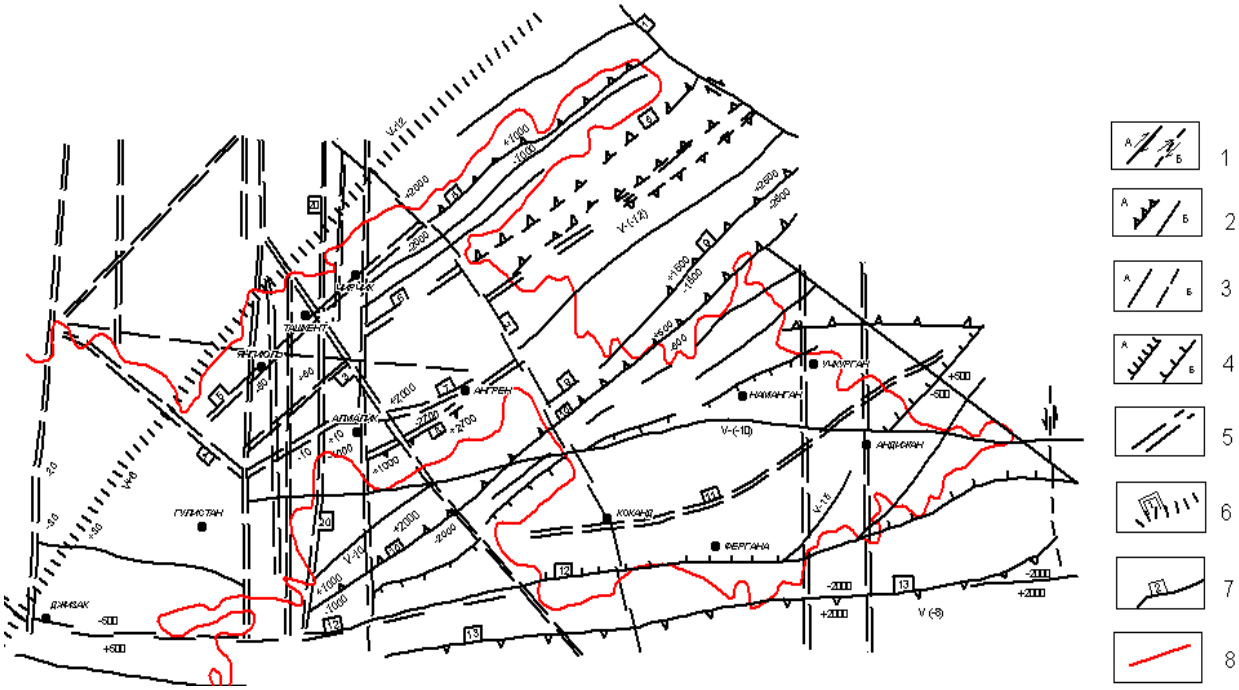



**Рис. 7. Карта активных разломов Восточного Узбекистана [12].** 1 – сдвиги (А – достоверные, Б – предполагаемые); 2 – надвиги и взбросы (А – достоверные, Б – предполагаемые); 3 – разломы с неизвестным направлением смещения (А – достоверные, Б – предполагаемые); 4 – сбросы с признаками ранне-среднеплейстоценовой активности (А – достоверные, Б – предполагаемые); 5 – разломы с признаками ранне-среднеплейстоценовой активности и предполагаемой поздне-плейстоцен-голоценовой активностью; 6 – глубинные разломы и глубинные зоны активных нарушений, нечетко выраженные на поверхности достоверными разрывами (цифры в квадрате – линеаменты: 1 – Западно-Тянь-Шаньский, 2 – Персидско-Балхашский); 7 – названия разломов, флексурно-разрывных зон, линеаментов; 8 – контур государственной границы РУз.

**Fig. 7. Map of active faults in Eastern Uzbekistan [12].** 1 – shifts (A – reliable, B – supposed); 2 – thrusts and reverse faults (A – reliable, B – supposed); 3 – faults with an unknown direction of displacement (A – reliable, B – supposed); 4 – faults with signs of Early-Middle Pleistocene activity (A – reliable, B – supposed); 5 – faults with signs of early-middle Pleistocene activity and presumed late Pleistocene-Holocene activity; 6 – deep faultsand deep zones of active disturbances, unclearly expressed on the surface by reliable discontinuities (numbers in the square – lineaments: 1 – Western Tien Shan, 2 – Persian-Balkhash); 7 – names of faults, flexure-fracture zones, lineaments; 8 – contour of the state border of the Republic of Uzbekistan.

Как можно видеть на схеме изосейст (рис. 8), очаг землетрясения имеет северо-западное простирание. Можно также отметить, что изосейсты менее явно на юге и более четко на северо-востоке очерчивают другие сопутствующие направления деформации. Северо-восточное направление более четко рисуется изосейстой VII и VI. Следует вывод, что очаг землетрясения, вызванный активизацией разлома северо-западного простирания, одновременно привел к активизации разломов северо-восточной ориентации и менее явно – разломов субмеридионального простирания.

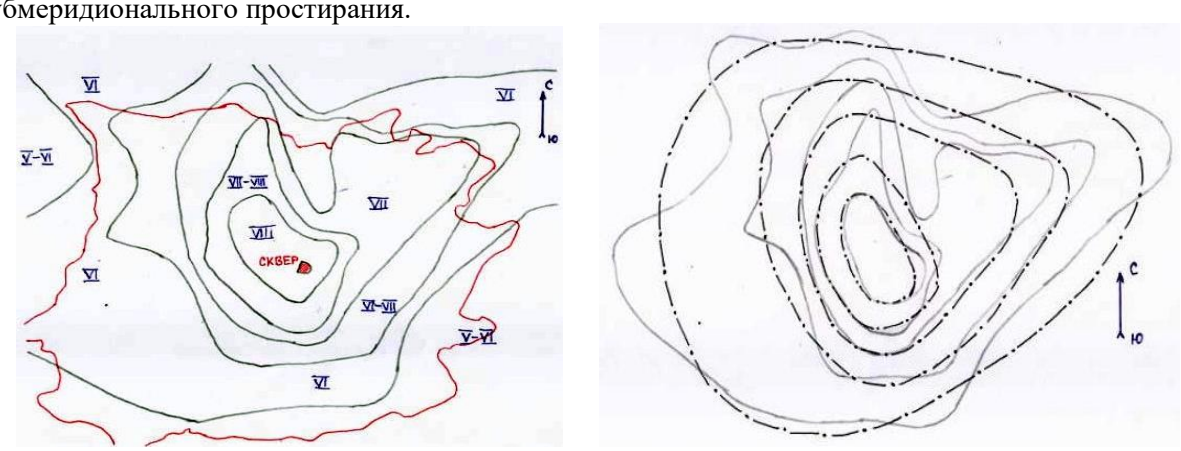



**Рис. 8. Изосейсты Ташкентского землетрясения 26 апреля 1966 г. (ближняя зона), по [19].**

**Fig. 8. Isoseisms of the Tashkent earthquake on April 26, 1966 (near zone) according, to [19].**

Таким образом разномасштабное блоковое строение земной коры создает сеть ослабленных участков протяженных зон разломов (сейсмогенных зон), приуроченных к местам соприкосновения разномасштабных тектонических структур. Большая часть сильных землетрясений в сейсмогенных зонах проявляется в пределах таких ослабленных участков и подчиняется «закону сейсмотектоники», т. е. каждый раз возникает на новом месте. При этом время проявления очередного сильного землетрясения зависит от активности локальных процессов, происходящих в ослабленных участках, и от степени подготовленности их к активизации. Вследствие разномасштабной активизации геодинамических процессов каждая очаговая зона индивидуально реагирует на процессы регионального и другого уровней. В результате перераспределения напряженного состояния в тех участках, где созданы условия для разрядки накопленных напряжений, возникают сильные землетрясения, а в тех участках, где нет условий, – возникают землетрясения слабой и умеренной силы. Исходя из этого, в пределах очаговых зон отдельных сильных землетрясений возникает их сложная последовательность, время проявления которой трудно предсказывать.

**Заключение**

Таким образом, на основе приведенных выше результатов отметим следующее:

• установлена повышенная плотность эпицентров землетрясений слабой и умеренной силы в пределах очаговых зон сильных исторических и современных землетрясений;

• приуроченность участков повышенной плотности слабых и умеренных землетрясений к очаговым зонам происшедших землетрясений доказывает повышенную чувствительность этих участков к изменению напряженного состояния блоков земной коры;

• совокупность дискретных участков повышенной плотности эпицентров сильных и умеренных землетрясений в плане образует полосу повышенной сейсмичности, простирание которой соответствует зонам активных разломов, являющихся границами геодинамических блоков разного ранга;

• большая часть сильных землетрясений в сейсмогенных зонах проявляется в пределах таких ослабленных участков и подчиняется «закону сейсмотектоники», т. е. каждый раз возникает на новом месте. Эта закономерность нарушается в пределах очаговых зон сильных землетрясений, приуроченных к местам пересечения разнонаправленных зон разломов и линеаментов.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Магницкий В.А., Артюшков Е.В.* Некоторые общие вопросы динамики Земли // Тектоносфера Земли. - М.: Наука, 1979. - С. 487-525.
2. *Головков В.П., Нурматов У.А., Нармирзаев Ф.Д.* Современные движения земной коры и сейсмичность. - Т.: Фан, 1990. - 177 с.
3. *Понамарев В.С., Тейтельбаум Ю.М., Третьякова Н.В.* Особенности пространственного распределения сейсмичности в местах возникновения больших землетрясений // Исследование по физике землетрясений. - М., 1976. - С. 169-184.
4. *Губин И.Е.* Закон сейсмотектоники Губина // Открытия в СССР. - М.: ВНИИПИ, 1986. - С. 27-29.
5. *Ибрагимов Р.Н.* Сейсмогенные зоны Среднего Тянь-Шаня. - Т.: Фан, 1978. - 144 с.
6. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1974 г. / Под ред. *Н.В.Кондорской, Н.В.Шебалина.* - М.: Наука, 1977. - 536 с.
7. *Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.А. и др.* Создать карту детального сейсмического районирования с оценкой сейсмотектонического потенциала очагов землетрясений Ташентского вилоята. - Т.: Фонды ИС АН РУз, 2005. - 144 с.
8. *Ризниченко Ю.В.* Размеры очага корового землетрясения и сейсмический момент // Исследования по физике землетрясений. - М.: Наука, 1976. - С. 9-27.
9. *Нурматов У.А., Юсупджанова У.А.* Результаты сейсмотектонических исследований в Узбекистане // Мат-лы XI Казахстанско-Китайского междунар. симпоз. «Прогноз землетрясений, оценка сейсмической опасности и сейсмического риска в Центральной Азии». - Алматы: МЧС РК, 2023. - С. 209-214.
10. *Нурматов У.А., Ибрагимов Р.Н.* Динамика сейсмичности в сейсмогенных зонах Узбекистана // Мат-лы междунар. конф. «Проблемы оценки сейсмической опасности, сейсмического риска и прогноза землетрясений». - Т., 2004. - С. 224-229.

11. *Атабеков И.У., Нурматов У.А.* Трудности идентификации миграции землетрясений в Земной коре // Проблемы сейсмологии. - 2022. - № 2. - Т. 4. - С. 37-45.
12. *Ярмухамедов А.Р.* Современная геодинамическая акивность земной коры Средней Азии и ее связь с сейсмичностью. - Т.: Университет, 1995. - 130 с.
13. *Абдрахматов К.Е., Кальметьева З.А., Михайлова Н.Н., Усманова М.Т.* Сейсмологическая база данных Центральной Азии как основа изучения региональных геодинамических процессов // Геодинамика внутриконтинентальных орогенов и геоэкологические проблемы. - Бишкек: НС РАН, 2008. - С. 25-43.
14. *Садыков Ю.М., Атабеков И.У., Нурматов У.А.* Кинематика блоков верхней части земной коры Западного Тянь-Шаня по результатам математического моделирования // Проблемы сейсмологии. - Т., 2021. - Т. 3. - № 1. - С. 38-44.
15. *Ибрагимов Р.Н.* Сейсмотектоническая обстановка Ташкентской эпицентральной зоны // Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. - Т.: Фан, 1971. - С. 412-415.
16. *Якубов А.Р., Ахмеджанов М.А., Борисов О.М.* Региональные разломы Срединного Тянь-Шаня. - Т.: Фан, 1976. - 146 с.
17. *Бачманов Д.М., Кожурин А.И., Трифонов В.Г.* База данных активных разломов Евразии // Геодинамика и тектонофизика. 2017. - № 8 (4). - С. 711-736.
18. Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане / Под ред. *К.Н.Абдуллабекова*. - Т.: ГИДРОИНГЕО, 2002. - 132 с.
19. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 г. / - Т.: Фан, 1971. - 672 с.

## Sharqiy O‘zbekiston hududida tarixda va bugungi kunda sodir bo‘lgan kuchli zilzilalar o‘choq zonalarining yer qobig‘ining kuchlanganlik holatini regional o‘zgarishlariga bo‘lgan yuqori sezgirligi haqida

**U.A. Nurmatov, U.A. Yusupdjanova**

**Annotatsiya.** Maqolada Sharqiy O‘zbekiston hududida sodir bo‘lgan kuchsiz va o‘rta kuchga ega bo‘lgan zilzilalarni, ayrim seysmogen zonalar doirasida kuchli zilzilalarning vaqt va maydon uzra namoyon bo‘lish xususiyatlarini o‘rganish natijalari keltirilgan. Kuchli tarixiy va zamonaviy zilzilalar epitsentrlari va kuchsiz va o‘rta kuchga ega zilzilalar epitsentrlari zichligi yuqori bo‘lgan hududlar bilan tahlili natijalari keltirilgan. Tahlil asosida kuchli zilzilalar o‘choq zonalari o‘rganilayotgan hududning kuchlanganlik holatini o‘zgarishiga o‘ta sezgirligi aniqlangan. Yagona seysmogen zona doirasidagi kuchli zilzilalar o‘choq zonasining tez-tez seysmik faollashuvi xususiyatlari tahlil qilingan.

**Kalit so‘zlar:** yer qobig‘i, geodinamik blok, yer yorig‘i, epitsentr, zilzila o‘chog‘i, seysmogen zona, epitsentrlar zichligi.

## On the increased sensitivity of focal zones of strong modern and historical earthquakes in Eastern Uzbekistan to changes in the regional stress state of the earth's crust

**U.A. Nurmatov, U.A. Yusupdzhanova**

**Annotation.** The article presents the results of studying the features of the spatial and temporal distribution of weak and moderate earthquakes within Eastern Uzbekistan, as well as strong earthquakes within a single seismogenic zone. The results of a comparative analysis of the spatial distribution of areas with an increased density of epicenters with places of occurrence of strong historical and modern earthquakes are presented. An increased sensitivity of the focal zones of strong earthquakes to changes in the stress state of the study area has been established. The features of frequent seismic activation of focal zones of individual strong earthquakes within a single seismogenic zone have been studied.

**Key words:** block of the earth's crust, fault, focal zone, earthquakes, seismogenic zone, epicenter.

**УДК 550.34**

# О НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ В ЗОНАХ КРУПНЫХ РАЗЛОМОВ ВОСТОЧНОГО УЗБЕКИСТАНА

**М.Т. Усманова**

*Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*
E-mail: m.usmanova@mail.ru

**Аннотация.** С целью оценки напряженного состояния тектонических структур Восточного Узбекистана в зонах Северо-Ферганского и Южно-Ферганского разломов проведены статистические исследования распределения параметров механизма очагов землетрясений с 3,0 ≤ M ≤ 5,0. Рассмотрено соответствие морфологии разломных структур с решениями механизма очагов землетрясений. На базе сборного каталога механизма очагов землетрясений Узбекистана за период 1970-2005 гг. в среде Excel проведена выборка землетрясений, произошедших в зонах Северо-Ферганского и Южно-Ферганского разломов. Статистические исследования распределения типов подвижек в очагах землетрясений в зонах Северо-Ферганского и Южно-Ферганского разломов показали, что более 60% подвижек в очагах землетрясений имеют взбросовый характер со сдвиговой и надвиговой компонентой. Данный вывод соответствует геологическим оценкам смещения Северо-Ферганского разлома на юг, юго-запад, а также не противоречит геологическим оценкам морфологии зоны Южно-Ферганского разлома на территории Ферганской впадины.

**Ключевые слова:** механизм очагов землетрясений; азимуты простираний; угол погружения; ось сжатия; ось растяжения; типы подвижек; морфология разломов.

Известно, что участки земной коры Ферганской впадины разграничены крупными сейсмоактивными разломами. Сведения о региональном направлении напряженного состояния региона и морфологии подвижек в зоне разломов весьма полезны и дополняют наши представления о модели геодинамики Западного Тянь-Шаня [Ибрагимова и др., 2021].

Исследования пространственно-временного распределения типов подвижек, полученных по решениям МОЗ (механизм очагов землетрясений), показали, что поле напряжений неустойчиво в пространстве и во времени. Отметим основные особенности решений МОЗ. В очагах землетрясений M ≥ 5,0 (K ≥ 13,0) более 50% случаев ось сжатия расположена близгоризонтально и ориентирована субмеридионально при близвертикальном положении оси растяжения [Ибрагимова и др., 2021; Кальметьева, 2005; Ребецкий и др., 2010; Сычева и др., 2020].

**Кратко о кинематических параметрах очагов землетрясений.** В настоящее время механика очага землетрясения выделилась в отдельный раздел сейсмологии [Ибрагимова и др., 2021; Кальметьева, 2005; Ребецкий и др., 2010; Сычева и др., 2020; Безродный, 1987; Юнга, 1997; Ребецкий и др., 2020; Абдукадиров, 1980; Snoke, 2000 и др.]. Фокальный механизм – геомеханическая модель очага землетрясения, построена на основании инструментальных данных сейсмических записей. Модель очага, представленная в трехмерном виде, характеризует ориентировку осей главных снимаемых напряжений и положение нодальных плоскостей смещения по разрыву в сейсмическом очаге, и косвенно связана с тектоническими напряжениями (рис. 1). При этом скорость вспарывания шва не может превышать скорости распространения поперечных волн P в среде. Отметим, что вертикальные и горизонтальные подвижки в эпицентральной зоне часто можно наблюдать при землетрясениях с магнитудой порядка 7,5÷8,0. Согласно существующим представлениям, в очаге землетрясения происходит смещение одного блока относительно другого по плоскости разрыва [Юнга, 1997].

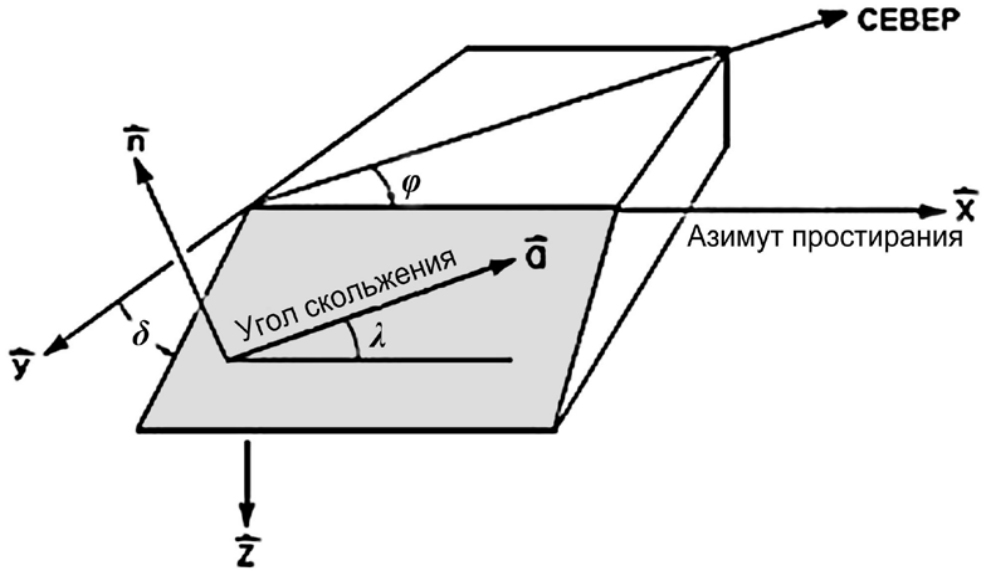



**Рис. 1. Углы плоскости разрыва: φ – угол по простиранию (strike); δ – угол по падению (dip); λ – угол скольжения (rake) [Snoke, 2000].**
**Ашпю 1ю Angles of the fracture plane: φ - strike angle (strike); δ - dip angle (dip); λ - slip angle (rake) [Snoke, 2000].**

**Механизмы очагов землетрясений на территории Восточного Узбекистана.** На базе сборного каталога механизма очагов землетрясений Узбекистана за период 1970-2005 гг., на основе решений, полученных авторами [Абдукадыров, 1980; Каталог…, 2006; Полешко, 2013], данных механизма очагов умеренных и слабых землетрясений с 3,0 ≤ M ≤ 5,0 рассмотрена характеристика сейсмичности по определению морфологии подвижек в очагах землетрясений в результате напряженного состояния региона исследований.

Нодальные линии делят диаграмму механизма на четыре сектора, чередующихся сжатием и расширением *P*-волны. При этом сектор сжатия на диаграмме обычно отражен как затененная область. Выделяются три основных кинематических типов подвижек по разлому (рис. 2):

1. ***Сдвиговый разрыв*** *(разрыв в виде сдвига по простиранию).* Землетрясение сдвигового типа по простиранию происходит по приблизительно вертикальной плоскости разрыва. При этом типе блоки коры сдвигаются преимущественно в горизонтальном направлении (см. рис. 2, *а*). Скольжение по разлому может быть левосторонним (*sinistral*) или правосторонним (*dextral*).

2. ***Нормальный сброс.*** Землетрясения этого типа обычно рассматриваются как реакция на почти горизонтальное растяжение (см. рис. 2, *б*).

3. ***Взброс.*** События взбросового типа происходят в ответ на почти горизонтальное сжатие (см. рис. 2, *в*).

Известно, что тип очага определяется положением осей главных напряжений, которые характеризуются углом простирания – Az (*azimuth*, относительно направления на север) и углом погружения – Plp (*plunge*, относительно горизонтальной плоскости).

С целью оценки напряженного состояния тектонических структур Восточного Узбекистана в зонах Северо-Ферганского и Южно-Ферганского разломов проведены статистические исследования распределения параметров механизма (Azp, Plp; Azt, Plt) очагов землетрясений (МОЗ) с 3,0 ≤ M ≤ 5,0. Составлена предварительная сводка пространственного распределения морфологии подвижек землетрясений с 3,0 ≤ M ≤ 5,0 в зонах крупных сейсмоактивных разломов Восточного Узбекистана.

***<u>Северо-Ферганский разлом.</u>*** Для определения морфологии подвижек землетрясений с 3,0 ≤ M ≤ 5,0 на основе каталога МОЗ Узбекистана за период 1970-2005 гг. в пределах координат (ϕ = 41°20‘–41°40‘; λ = 70°40‘–72°20‘; ϕ = 41°50–41°25‘; λ = 70°40‘–72°20‘) в среде Excel проведена выборка землетрясений, произошедших в зоне и в окрестностях северо-восточной части Северо-Ферганского разлома [Абдукадыров, Беленович, Власова и др., 1980; Каталог КЭ ИС АН РУз 2006; Безродный, Туйчиев, 1987; Полешко, 2013]. Результаты выборки землетрясений приведены в табл. 1.

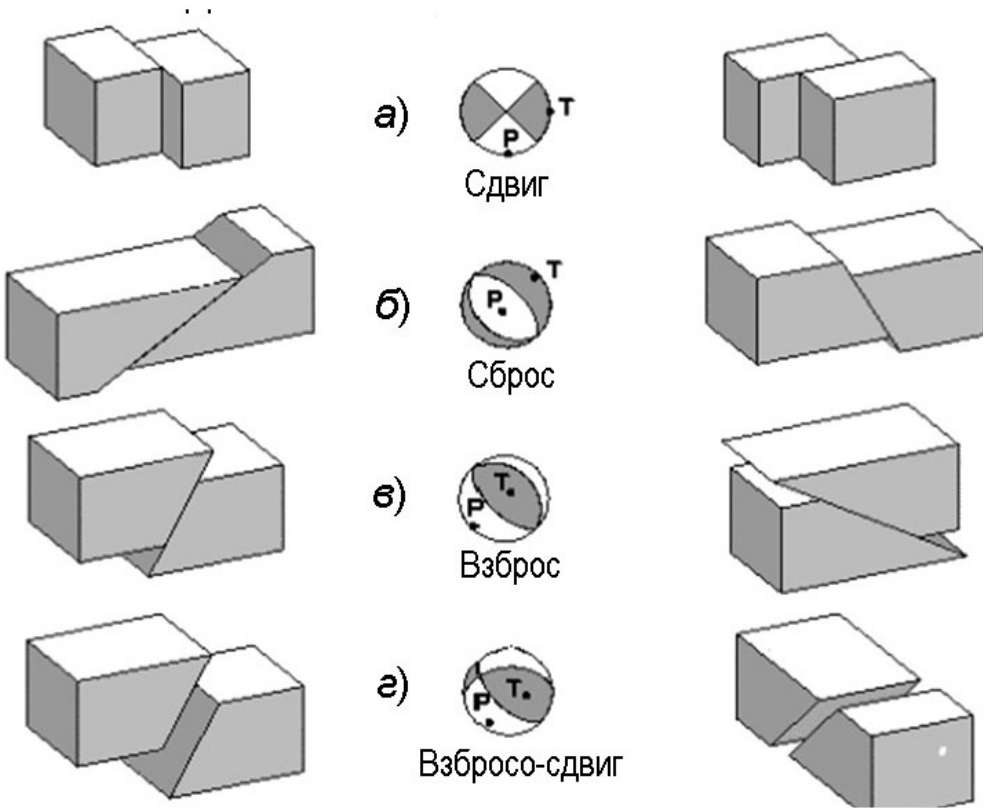



**Рис. 2. Ориентация плоскости (затенена) по отношению к направлениям главных напряжений (σ1, σ2, σ3) в изотропном массиве пород: *а* – сдвиг (strike-slip faults); *б* – сброс (normal faults); *в* – взброс (reverse faults, or thrust faults); *г* – взбросо-сдвиг (oblique reverse) [Юнга, 1997].**
**Fig. 2. Orientation of the plane (shaded) with respect to the directions of principal stresses (σ1, σ2, σ3) in an isotropic rock massif: a - strike-slip faults; b - reset (normal faults); c - thrust faults (reverse faults, or thrust faults); d - oblique reverse [Young, 1997].**

Согласно выборке, в зоне Северо-Ферганского разлома значения Azp азимута оси сжатия состоят из 3-х групп землетрясений: 1) $Azp_{ср}$ = 57˚ – 6,7% от общего числа выборки; 2) $Azp_{ср}$ = 148˚1' (53,3%); 3) $Azp_{ср}$ = 311˚5' (40%). При этом заметим, что 53,3% землетрясений 2-й выборки с простиранием $Azp_{ср}$ = 148˚1' расположены близгоризонтально и ориентированы субмеридионально, соответствуют общерегиональному положению напряженного состояния Тянь-Шаньского региона.

При определении морфологии подвижки в очаге землетрясения другим важным параметром является угол погружения оси сжатия Plp. Анализ распределения Plp в очагах землетрясений показал, что значения Plp состоят из 3-х групп: 1) $Plp_{ср}$ = 6˚5' – 28,6% от общего числа выборки; 2) $Plp_{ср}$ = 56˚6' (35,7%); 3) $Plp_{ср}$ = 29˚2' (35,7%). При этом, первая группа $Plp_{ср}$ = 6˚5' является значительно пологой.

При такой ориентации осей напряжений, как приведено выше, происходят подвижки взбросового типа с надвиговой или сдвиго-надвиговой компонентой. Для слабых же событий, напротив, характерно то, что не менее 50% землетрясений происходит при пологом залегании осей сжатия и растяжения. В таком случае равновероятно возникновение подвижки либо по вертикали, либо по горизонтальной плоскости [Кальметьева, 2005].

Для полного определения морфологии подвижек в зоне разлома необходимо рассмотреть также параметры осей растяжения Azt и Plt (см. табл. 1). Анализ распределения азимутов Azt оси растяжения в очагах землетрясений с магнитудой M ≥ 3,0-5,0 в зоне Северо-Ферганского разлома показал, что имеются 3 неоднородные группы Azt: 1) $\underline{Azt_{ср}}$ = 28˚ составляет 33,4%; 2) $\underline{Azt_{ср}}$ = 64˚6' (33,3%); 3) $\underline{Azt_{ср}}$ = 253˚2' (33,3%). Первая и вторая группы расположены субгоризонтально и ориентированы субвертикально. Однако третья группа составляет 33,3% с $\underline{Azt_{ср}}$ = 253°2', которая расположена близвертикально и ориентирована субгоризонтально.

*Таблица 1*

**Распределение азимутов простирания оси сжатия Azp и угла погружения оси сжатия Plp, а также оси растяжения Azt и угла погружения оси растяжения Plt в очагах землетрясений с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0 в зоне Северо-Ферганского разлома** [Абдукадыров, Беленович, Власова и др., 1980; Каталог КЭ ИС АН РУз, 2006; Безродный, Туйчиев, 1987; Полешко, 2013]

| Год | Ме-сяц | День | Широ-та, ϕ | Дол-гота, λ | Глуби-на, h | Эн. кл., K | Маг-нитуда, M | Азимут, Azp | Угол погруж., Plp | Азимут, Azt | Угол погруж., Plt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1977 | 2 | 13 | 41,46 | 70,10 | 15 | 10,8 | 3,7 | 206 | 25 | 27 | 65 |
| 1977 | 3 | 15 | 41,46 | 70,18 | 15 | 10,7 | 3,7 | 133 | 8 | 33 | 54 |
| 1981 | 3 | 19 | 41,32 | 71,29 | 10 | 9,8 | 3,2 | 57 | 0 | 147 | 61 |
| 1981 | 12 | 29 | 41,49 | 71,34 | 10 | 9,4 | 3,0 | 134 | 40 | 19 | 27 |
| 1986 | 11 | 25 | 41,32 | 72,02 | 5 | 10,2 | 3,4 | 302 | 11 | 178 | 70 |
| 1987 | 3 | 26 | 41,50 | 69,55 | 15 | 13,0 | 5,0 | 127 | 72 | 39 | 1 |
| 1987 | 3 | 26 | 41,49 | 69,57 | 15 | 13,1 | 5,0 | 158 | 72 | 64 | 2 |
| 1992 | 9 | 5 | 41,20 | 71,15 | 10 | 9,6 | 3,1 | 237 | 42 | 22 | 45 |
| 1993 | 3 | 25 | 41,43 | 71,53 | 15 | 9,9 | 3,3 | 177 | 26 | 64 | 39 |
| 1995 | 2 | 20 | 41,25 | 72,20 | 10 | 12,7 | 4,8 | 342 | 3 | 246 | 65 |
| 1995 | 5 | 2 | 41,21 | 72,20 | 10 | 9,6 | 3,1 | 191 | 32 | 56 | 49 |
| 1995 | 12 | 14 | 41,50 | 72,04 | 10 | 9,6 | 3,1 | 152 | 4 | 54 | 66 |
| 1998 | 8 | 9 | 41,40 | 72,10 | 15 | 10,8 | 3,7 | 249 | 57 | 85 | 32 |
| 1998 | 9 | 29 | 41,20 | 72,02 | 10 | 10,0 | 3,3 | 130 | 36 | 346 | 49 |
| 1998 | 11 | 15 | 41,21 | 71,43 | 10 | 9,6 | 3,1 | 174 | 27 | 349 | 63 |

Примечание. В табл. 1 имеется 1 землетрясение, отмеченное 0, для которого не определены значения Plp.

Рассмотрим теперь значения углов погружения оси растяжения Plt в очагах землетрясений, которые состоят из 3-х групп: 1) $Plt_{ср}$ = 1°5', который составляет 13,3% от общего числа выборки; 2) $Plt_{ср}$ = 32°7' (20 %); 3) $Plt_{ср}$ = 58°7' (66,7 %). Первая группа представлена двумя землетрясениями и имеет аномально пологий характер угла погружения $Plt_{ср}$ = 1°5' (13,3%). Вместе с тем вторая и третья группы землетрясений также имеют углы погружения меньше 60°.

На основе статистических исследований значений Azp, Plp осей сжатия, и Azt, Plt осей растяжения попытаемся определить морфологию подвижки землетрясений и выделить их типы в очагах землетрясений (табл. 2).

*Таблица 2*

**Критерии выбора типа механизма и количественные характеристики морфологии подвижек в зоне Северо-Ферганского разлома**

| Параметры | Тип механизма в зоне Северо-Ферганского разлома | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | взбросы | сбросы | сдвиги | взбросо-сдвиги | сбросо-сдвиги | надвиги |
| Угол погружения оси P | Plp < 30° | Plp > 30° | Plp < 30° | Plp < 30° | 30° ≤ Plp ≤ 60° | 30° ≤ Plp ≤ 60° |
| Угол погружения оси T | Pl < 60° | Plt < 60° | Plt < 30° | 30° ≤ Plt ≤ 60° | Plt < 30° | 30° ≤ Plt ≤ 60° |
| Количество | 7+9 = 16 | 4+3 = 7 | 7+2 = 9 | 7+5 = 12 | 5+2 = 7 | 5+5 = 10 |
| В % | 26,2 | 11,5 | 14,7 | 19,7 | 11,5 | 16,4 |

- Общее количество землетрясений ∑N = 61. Из них:
- **Взбросы** **26,2%**
- Сбросы 11,5%
- Сдвиги 14,7%
- **Взбросо-сдвиги** **19,7%**
- Сбросо-сдвиги 11,5%
- **Надвиги** **16,4%**

Анализ табл. 2 распределения подвижек в очагах землетрясений показал, что выделяются 3 группы подвижек, объединенные в одну систему: ***взбросы, взбросо-сдвиги, надвиги,*** которые

участвуют в определении морфологии подвижки землетрясений по Северо-Ферганскому разлому соответствующими осями сжатия и растяжения.

***Ось сжатия.*** Механизм очагов землетрясений (МОЗ) с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0 северо-восточной части Северо-Ферганского разлома показал, что азимуты осей сжатия Azp = 141-262° (83,31%) расположены близгоризонтально и ориентированы субмеридионально, что соответствует общерегиональной ориентации поля напряжений региона Западного Тянь-Шаня. По данным МОЗ, угол погружения оси сжатия Plp = 5°7'-42°9' составил 100% землетрясений, которые являются значительно пологими.

При такой ориентации осей напряжений, как отмечено выше, происходят подвижки взбросового типа с надвиговой или сдвиго-надвиговой компонентой. Для слабых же событий, напротив, характерно то, что не менее 50% землетрясений происходит при пологом залегании осей сжатия и растяжения. В таком случае равновероятно возникновение подвижки либо по вертикали, либо по горизонтальной плоскости.

***Ось растяжения.*** Азимуты осей растяжения Azt в очагах землетрясений с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0 северо-восточной части Северо-Ферганского разлома состоят из неоднородных групп. Одна группа $Azt_{ср}$ = 28-64°6 (46,6%) расположена субгоризонтально и ориентированы субвертикально. Другая группа с $Azt_{ср}$ = 250° (47,4%) расположена близвертикально и ориентированы субгоризонтально. При этом, значения углов погружения оси растяжения Plt в очагах землетрясений имеют весьма пологий характер погружения.

Полученные результаты статистических исследований распределения различных подвижек в очагах землетрясений в зоне Северо-Ферганского разлома показали, что более 62,3% подвижек в очагах землетрясений имеют взбросовый характер со сдвиговой и надвиговой компонентой. Данный вывод не противоречит нижеследующим геологическим оценкам данной территории Ферганской впадины. Как уже отмечалось, оси складок смещены на юго-запад и юг за счет влияния полей тангенциальных тектонических напряжений, возникающих в результате роста и надвигания Чаткало-Кураминской мегантиклинали на Ферганскую впадину [Попов, 1938; Рыжков, 1964; Якубов, 1970; Ибрагимов и др., 1986]. Эти напряжения в условиях регионального субмеридионального горизонтального сжатия Тянь-Шаня могут привести к интенсивной деформации толщ земной коры района Намангана, с обновлением существующих и появлением новых разломов, способных вызвать сильные сейсмические события. Еще одним немаловажным фактом является смещение Северо-Ферганского разлома в сторону Чуст-Папской, Касансайской, Наманганской полосы антиклиналей, что и ранее предполагали В.И.Попов и О.А.Рыжков [Попов, 1938; Рыжков, 1964; Ибрагимов и др., 1986; Ибрагимов и др., 2002; Якубов, 1991; Ярмухамедов и др., 1979; Анарбаев и др., 2022]. То есть, разлом не находится как обычно в зоне контакта отложений палеозоя и мезо-кайнозоя, а смещен на 6-8 км на запад, юго-запад [Якубов, 1970].

**Выводы по Северо-Ферганскому разлому.** Статистические исследования распределения по площади типов подвижек в очагах землетрясений с 3,0 ≤ M ≤ 5,0, по данным МОЗ, в зоне Северо-Ферганского разлома показали, что более 62,3% подвижек в очагах землетрясений имеют взбросовый характер со сдвиговой и надвиговой компонентой. Данный вывод не противоречит геологическим оценкам смещения Северо-Ферганского разлома на юг-запад, юг по территории Ферганской впадины.

***Южно-Ферганский разлом.*** Для определения морфологии подвижек землетрясений с 3,0 ≤ M ≤ 5,0 на основе каталога МОЗ Узбекистана за период 1970-2005 гг. [Абдукадыров, Беленович, Власова и др., 1980; Каталог КЭ ИС АН РУз, 2006; Безродный, Туйчиев, 1987; Полешко, 2013] в пределах координат (ϕ = 41°00'–40°12'; λ = 73°25'–3°10'; ϕ = 39°30'–39°55'; λ = 69°00'–69°00') в среде Excel проведена выборка землетрясений, произошедших в зоне и в окрестностях северо-восточной части Южно-Ферганского разлома. Результаты выборки землетрясений приведены в табл. 3.

Проведенный анализ распределения значений Azp –азимута простирания осей сжатия, по данным МОЗ, в зоне Южно-Ферганского разлома значения Azp состоят из 4-х групп землетрясений: 1) $Azp_{ср.}$ = 310°7', который составил от общего числа выборки (31,8%); 2) $Azp_{ср.}$ = 159°3' (42%); 3) $Azp_{ср.}$ = 84°3' (14,5%); 4) $Azp_{ср.}$ = 19°5' (11,7%).

Отметим, что при азимуте простирания осей сжатия второй группы $Azp_{ср.}$ = 159°3', который составляет 42% землетрясений, выборки расположены близгоризонтально и ориентированы субмеридионально, что соответствует общерегиональному положению напряженного состояния Тянь-Шаньского региона [Ибрагимова, Ибрагимов и др., 2021].

*Таблица 3*

**Распределение азимутов простирания оси сжатия Azp и угла погружения оси сжатия Plp, а также азимуты простирания оси растяжения Azt и угла погружения оси растяжения Plt в очагах землетрясений с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0 в зоне Южно-Ферганского разлома** [Абдукадыров, Беленович, Власова и др., 1980; Каталог КЭ ИС АН РУз, 2006; Безродный, Туйчиев, 1987; Полешко, 2013]

| Год | Месяц | День | Широта, ϕ | Долгота, λ | Глубина, h | Эн. кл., К | Магни-туда, M | Азимут, Azp | Угол погруж., Plp | Азимут, Azt | Угол погруж., Plt |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1991 | 1 | 10 | 41.00 | 72.07 | 5 | 9.5 | 3.0 | 3 | 12 | 246 | 61 |
| 1991 | 6 | 10 | 40.09 | 70.36 | 10 | 10.8 | 3.7 | 144 | 12 | 27 | 65 |
| 1991 | 8 | 20 | 40.59 | 72.46 | 5 | 10.0 | 3.3 | 196 | 24 | 308 | 41 |
| 1991 | 9 | 23 | 40.51 | 71.59 | 20 | 10.3 | 3.5 | 306 | 34 | 71 | 39 |
| 1991 | 10 | 31 | 40.09 | 72.54 | 10 | 9.6 | 3.1 | 131 | 34 | 274 | 51 |
| 1991 | 11 | 3 | 40.10 | 72.54 | 20 | 11.4 | 4.1 | 199 | 62 | 41 | 6 |
| 1991 | 11 | 9 | 40.09 | 72.54 | 15 | 10.0 | 3.3 | 12 | 11 | 130 | 69 |
| 1991 | 11 | 27 | 40.12 | 72.55 | 20 | 10.7 | 3.7 | 194 | 35 | 12 | 55 |
| 1991 | 12 | 24 | 40.56 | 71.12 | 10 | 10.0 | 3.3 | 34 | 23 | 273 | 48 |
| 1991 | 12 | 24 | 40.57 | 71.17 | 10 | 9.8 | 3.2 | 127 | 26 | 348 | 56 |
| 1991 | 12 | 25 | 40.53 | 71.10 | 10 | 11.9 | 4.4 | 286 | 21 | 22 | 14 |
| 1991 | 12 | 25 | 40.47 | 71.12 | 10 | 9.4 | 3.0 | 230 | 48 | 338 | 15 |
| 1991 | 12 | 26 | 40.58 | 71.14 | 18 | 10.6. | 3.6 | 240 | 55 | 44 | 34 |
| 1991 | 12 | 27 | 40.53 | 71.04 | 10 | 10.0. | 3.3 | 73 | 63 | 153 | 27 |
| 1991 | 12 | 27 | 40.55 | 71.11 | 8 | 10.4 | 3.5 | 335 | 48 | 200 | 32 |
| 1992 | 1 | 2 | 40.57 | 70.53 | 15 | 12.4 | 4.6 | 132 | 32 | 338 | 57 |
| 1992 | 1 | 2 | 40.57 | 71.11 | 12 | 10.5 | 3.6 | 224 | 22 | 28 | 61 |
| 1992 | 1 | 3 | 40.56 | 71.02 | 10 | 9.9 | 3.3 | 89 | 26 | 243 | 60 |
| 1992 | 1 | 5 | 40.54 | 71.15 | 12 | 12.3 | 4.6 | 282 | 3 | 23 | 74 |
| 1992 | 1 | 5 | 40.59 | 71.11 | 18 | 11.1 | 3.9 | 96 | 26 | 205 | 34 |
| 1992 | 1 | 5 | 40.59 | 71.18 | 25 | 9.5 | 3.1 | 297 | 2 | 31 | 68 |
| 1992 | 1 | 13 | 40.56 | 71.07 | 18 | 10.5 | 3.6 | 74 | 60 | 258 | 30 |
| 1992 | 1 | 15 | 40.00 | 71.25 | 10 | 10.8 | 3.7 | 357 | 26 | 155 | 64 |
| 1992 | 3 | 7 | 40.16 | 71.41 | 15 | 12.4 | 4.6 | 164 | 14 | 356 | 75 |
| 1992 | 3 | 11 | 40.56 | 71.08 | 15 | 11.0 | 3.8 | 332 | 16 | 196 | 68 |
| 1992 | 3 | 11 | 40.52 | 71.11 | 18 | 10.6 | 3.6 | 338 | 50 | 222 | 18 |
| 1992 | 5 | 9 | 40.51 | 71.31 | 15 | 10.9 | 3.8 | 333 | 22 | 232 | 26 |
| 1992 | 5 | 17 | 41.00 | 72.25 | 10 | 9.9 | 3.3 | 150 | 26 | 308 | 62 |
| 1992 | 5 | 21 | 40.00 | 72.20 | 10 | 12.0 | 4.4 | 326 | 4 | 222 | 75 |
| 1992 | 6 | 13 | 40.59 | 72.30 | 15 | 10.1 | 3.4 | 158 | 30 | 256 | 6 |
| 1992 | 6 | 24 | 40.55 | 72.46 | 10 | 10.0 | 3.3 | 180 | 13 | 289 | 54 |
| 1992 | 6 | 29 | 40.59 | 72.38 | 5 | 10.5 | 3.6 | 198 | 47 | 78 | 25 |
| 1992 | 7 | 5 | 40.59 | 71.15 | 5 | 10.6 | 3.7 | 272 | 11 | 16 | 52 |
| 1992 | 8 | 3 | 40.57 | 72.20 | 10 | 9.6 | 3.1 | 173 | 17 | 277 | 37 |
| 1992 | 8 | 3 | 40.50 | 72.09 | 10 | 8.8 | 2.7 | 354 | 13 | 169 | 76 |
| 1992 | 8 | 8 | 40.56 | 72.26 | 10 | 9.3 | 2.9 | 161 | 4 | 60 | 68 |
| 1992 | 8 | 9 | 39.57 | 69.44 | 10 | 11.6 | 4.2 | 142 | 3 | 44 | 71 |
| 1992 | 9 | 5 | 40.00 | 71.58 | 10 | 10.1 | 3.3 | 245 | 77 | 69 | 13 |
| 1992 | 9 | 8 | 40.58 | 71.40 | 10 | 10.0 | 3.3 | 316 | 74 | 47 | 0 |
| 1993 | 2 | 12 | 40.46 | 72.51 | 10 | 10.6 | 3.6 | 58 | 4 | 185 | 84 |
| 1993 | 4 | 19 | 40.27 | 72.03 | 20 | 10.2 | 3.4 | 316 | 18 | 126 | 72 |
| 1993 | 5 | 16 | 40.45 | 72.50 | 10 | 10.3 | 3.5 | 107 | 23 | 234 | 56 |
| 1993 | 6 | 20 | 40.59 | 72.39 | 5 | 10.0 | 3.3 | 300 | 16 | 285 | 72 |
| 1993 | 8 | 20 | 40.48 | 72.43 | 20 | 10.5 | 3.6 | 188 | 27 | 12 | 64 |
| 1993 | 10 | 5 | 40.22 | 71.30 | 10 | 10.1 | 3.3 | 168 | 54 | 14 | 36 |
| 1994 | 1 | 25 | 40.44 | 72.51 | 30 | 10.4 | 3.5 | 145 | 11 | 268 | 72 |
| 1994 | 4 | 18 | 40.22 | 72.15 | 10 | 11.0 | 3.8 | 73 | 10 | 328 | 62 |
| 1994 | 4 | 25 | 40.03 | 71.44 | 10 | 10.0 | 3.3 | 178 | 20 | 25 | 70 |
| 1994 | 4 | 28 | 40.04 | 71.53 | 10 | 10.0 | 3.3 | 25 | 29 | 138 | 36 |
| 1994 | 6 | 6 | 40.35 | 72.17 | 15 | 10.1 | 3.3 | 66 | 34 | 284 | 51 |
| 1994 | 8 | 24 | 40.29 | 72.15 | 5 | 10.7 | 3.7 | 261 | 6 | 165 | 54 |
| 1994 | 8 | 28 | 40.17 | 71.23 | 5 | 9.6 | 3.1 | 33 | 6 | 129 | 59 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1994 | 10 | 12 | 40.58 | 72.30 | 10 | 11.0 | 3.8 | 356 | 26 | 227 | 53 |
| 1995 | 3 | 15 | 40.33 | 72.07 | 5 | 10.5 | 3.6 | 170 | 6 | 60 | 77 |
| 1995 | 5 | 14 | 40.09 | 70.42 | 5 | 11.5 | 4.1 | 105 | 30 | 290 | 61 |
| 1995 | 7 | 16 | 40.12 | 71.24 | 5 | 11.1 | 3.9 | 349 | 32 | 154 | 57 |
| 1995 | 7 | 18 | 40.37 | 72.08 | 5 | 9.6 | 3.1 | 66 | 22 | 294 | 61 |
| 1995 | 12 | 25 | 40.56 | 71.54 | 5 | 9.8 | 3.2 | 107 | 12 | 8 | 38 |
| 1996 | 1 | 24 | 40.52 | 71.34 | 10 | 9.7 | 3.1 | 137 | 25 | 15 | 50 |
| 1996 | 1 | 24 | 40.07 | 71.32 | 5 | 10..6 | 3.6 | 102 | 4 | 7 | 67 |
| 1996 | 3 | 1 | 40.07 | 71.09 | 5 | 10.7 | 3.7 | 14 | 30 | 189 | 60 |
| 1996 | 3 | 11 | 40.18 | 72.17 | 10 | 10.7 | 3.7 | 118 | 47 | 7 | 19 |
| 1996 | 4 | 9 | 40.34 | 72.23 | 10 | 9.7 | 3.1 | 308 | 36 | 85 | 46 |
| 1997 | 2 | 7 | 40..03 | 69.48 | 10 | 9.8 | 3.2 | 132 | 60 | 23 | 11 |
| 1997 | 4 | 19 | 40.56 | 72.37 | 10 | 9.6 | 3.1 | 144 | 30 | 335 | 61 |
| 1998 | 10 | 20 | 40.35 | 70.27 | 10 | 10.5 | 3.6 | 29 | 15 | 137 | 50 |
| 1998 | 12 | 12 | 40.00 | 69.36 | 25 | 9.8 | 3.2 | 341 | 41 | 341 | 41 |

Следующий параметр, определяющий положение очага землетрясений, – угол погружения оси сжатия Plp (см. табл. 3) который состоит из 3-х групп землетрясений: 1) $Plp_{ср} = 56^{o}1'$, который составляет 20,3% от общего числа выборки; 2) $Plp_{ср} = 27^{o}5'$ (42%); 3) $Plp_{ср} = 9^{o}6'$ (37,7%). Для всех 3-х групп землетрясений характерны пологие углы погружения оси сжатия. В качестве примера служит 2-я группа землетрясений с данными по углу погружения оси сжатия $Plp_{ср} = 27^{0}5'$, составляющему 42% всей выборки.

Для полного определения морфологии подвижек землетрясений в зоне разлома необходимо рассмотреть также параметры осей растяжения Azt и Plt (см. табл. 3).

По величине значений Azt азимуты простирания осей растяжения, по данным МОЗ, в зоне Южно-Ферганского разлома состоят из 3-х групп землетрясений: 1) $Azt_{ср} = 280^{o}3'$, который составляет 40,6% от общего числа выборки; 2) $Azt_{ср} = 147^{o}9'$ (26,1%); 3) $Azt_{ср} = 28^{o}9'$ (33,3%). Значения углов погружения оси растяжения Plt состоят из следующих 2-х групп землетрясений: 1) $Plt_{ср} = 59^{o}2'$, который составляет 77,9% от общего числа выборки; 2) $Plt_{ср} = 20^{o}6'$ (22,1%).

Для подведения итогов статистического анализа механизма очагов землетрясений в зоне Южно-Ферганского разлома на основе значений углов погружения главных осей напряжений сжатия Plp и растяжения Plt попытаемся определить морфологию землетрясений и выделить типы подвижки в очагах землетрясений в зоне Южно-Ферганского разлома.

Для выбора морфологии подвижки в очаге землетрясений в зоне Южно-Ферганского разлома применялись нижеследующие стандартные критерии, соответствующие типам подвижек, широко используемых в геологической практике.

На основе анализа табл. 3, согласно распределению МОЗ, в зоне разлома выделены группы по азимуту простирания и углам погружения осей сжатия и растяжения, по данным которых попытаемся определить морфологию землетрясений и выделить типы подвижки в очагах землетрясений (табл. 4).

*Таблица 4*

**Критерии выбора типа механизма и количественные характеристики в зоне Южно-Ферганского разлома**

| Параметр | Тип механизма | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | взбросы | сбросы | сдвиги | взбросо-сдвиги | сбросо-сдвиги | надвиги |
| Угол погружения оси P | $Plp < 30^{o}$ | $Plp > 30^{o}$ | $Plp < 30^{o}$ | $Plp < 30^{o}$ | $30^{o} \leq Plp \leq 60^{o}$ | $30^{o} \leq Plp \leq 60^{o}$ |
| Угол погружения оси T | $Plt > 60^{o}$ | $Plt < 60^{o}$ | $Plt < 30^{o}$ | $30^{o} \leq Plt \leq 60^{o}$ | $Plt < 30^{o}$ | $30^{o} \leq Plt \leq 60^{o}$ |
| Количество | 26 + 29 = 55 | 7 + 14 = 21 | 26 + 8 = 34 | 26 + 21 = 47 | 32 + 8 = 40 | 32 + 21 = 53 |
| В % | 22 | 8,4 | 13,6 | 18,8 | 16 | 21,2 |

- Общее количество землетрясений ∑ = 250. Из них:
- **Взбросы** **22,0%**
- Сбросы 8,4%
- Сдвиги 13,6%
- **Взбросо-сдвиги** **18,8%**
- Сбросо-сдвиги 16,0%
- **Надвиги** **21,4 2%**

Анализ распределения подвижек в очагах землетрясений показал, что выделяются 3 группы подвижек, объединенные в одну систему: ***взбросы, взбросо-сдвиги, надвиги,*** которые составляют ∑N = 62% от общего количества землетрясений, участвующих в определении морфологии подвижки по Южно-Ферганскому разлому.

Полученные результаты статистических исследований распределения различных подвижек в очагах землетрясений по осям сжатия и осям растяжения в зоне Южно-Ферганского разлома показали, что более 67% подвижек в очагах землетрясений имеют взбросовый характер со сдвиговой и надвиговой компонентой. При этом, очаги землетрясений Южно-Ферганской зоны характеризуются тем, что все решения имеют сдвиговую компоненту. Сбросовые типы подвижек составляют около 9% в выборке землетрясений.

***Ось сжатия***. Механизм очагов землетрясений с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0 северо-восточной части Южно-Ферганского разлома показал, что азимуты осей сжатия Azp состоят из 4-х групп неоднородных по составу азимутов землетрясений. Первая и вторая группы землетрясений с $Azp_{ср.}$ = 310°7'-159°3', составляющие 73,8% землетрясений выборки расположены близгоризонтально и ориентированы субмеридионально, которые соответствуют общерегиональному положению напряженного состояния Западно-Тянь-Шаньского региона.

Параметр, определяющий положение очага землетрясений, – угол погружения оси сжатия Plp, который состоит из 3-х групп. При этом, 2-я и 3-я группа Plp = 27°5'–9°6' (79,7%) углов погружения осей напряжения сжатия являются весьма пологими. При этом, первая группа также представлена Plp = 56°,1' (20,3%) низкими значениями углов погружения. При такой ориентации осей напряжений, как приведено выше, происходят подвижки надвигового или сдвиго-надвигового типа. Для слабых же событий, напротив, характерно то, что не менее 50% землетрясений происходит при пологом залегании осей сжатия и растяжения. В таком случае равновероятно возникновение подвижки либо по вертикали, либо по горизонтальной плоскости.

***Ось растяжения***. Азимуты осей растяжения Azt в очагах землетрясений с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0 северо-восточной части Южно-Ферганского разлома состоят из 3-х неоднородных групп. 1-я и 2-я группы $\underline{Azt_{ср}}$ = 280°3'-147°9' (66,7%) расположены субгоризонтально и ориентированы субвертикально. 3-я группа с $\underline{Azt_{ср}}$ = 28°9' (33,3%) расположена близвертикально и ориентирована субгоризонтально.

К полученным выше результатам необходимо добавить некоторые геологические предпосылки по Южно-Ферганскому разлому. Впервые Южно-Ферганский разлом был описан в 1964 г. А.В.Пейве [Пейве, 1964]. Детальные геологические исследования были проведены Н.М.Синицином [Синицин, 1960], где отмечено продолжение Южно-Ферганского разлома через Тарский разлом, который простирается на северо-восток, сливаясь с Таласо-Ферганским разломом. Морфология Южно-Ферганского разлома представлена взбросом.

**Выводы по Южно-Ферганскому разлому.** Статистические исследования распределения подвижек в очагах землетрясений, по данным МОЗ, в зоне Южно-Ферганского разлома показали, что более 67% подвижек в очагах землетрясений имеют взбросовый характер со сдвиговой и надвиговой компонентой. Данный вывод не противоречит геологическим оценкам морфологии подвижек крупных разломов Ферганской впадины.

**Заключение**

Статистические исследования распределения типов подвижек в очагах землетрясений с магнитудой 3,0 ≤ M ≤ 5,0, по данным механизма очагов землетрясений в зонах Северо-Ферганского и Южно-Ферганского разломов, показали, что более 60% подвижек в очагах землетрясений имеют взбросовый характер со сдвиговой и надвиговой компонентой.

Данный вывод соответствует геологическим оценкам смещения Северо-Ферганского разлома на юг, юго-запад, а также не противоречит геологическим оценкам морфологии зоны Южно-Ферганского разлома на территории Ферганской впадины.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Абдукадыров А.А., Беленович Т.Я., Власова А.А., Лукк А.А., Леонова В.Г., Лопатина Т.А., Матасова Л.М., Муралиев А.М. и др.* Каталог механизма очагов землетрясений Средней Азии и Казахстана // Землетрясения в СССР в 1980 году. - М.: Наука, 1980. - С. 112-117.
2. *Анарбаев А.А., Корженков А.М., Усманова М.Т., Нурматов У.А., Кубаев С.Ш., Корженкова Л.А., Караева З.А., Нажмиддинов А., Захидов Т., Юсупджанова У.А.* Исторические сейсмические катастрофы на Ферганском участке Великого Шелкового Пути // Геофизические процессы и биосфера. - 2022. - Т. 21. - № 3. - С. 52-74. ISSN 1811-0045 (печатная версия), 2311-9578 (онлайн).
3. *Безродный Е.М., Туйчиев Х.А.* Механизм очагов сильных землетрясений Узбекистана. - Т.: Фан, 1987. - 143 с.
4. *Ибрагимова Т.Л., Ибрагимов Р.С., Мирзаев М.А., Ребецкий Ю.Л.* Современное напряженное состояние земной коры территории Узбекистана по данным сборного каталога механизмов очагов землетрясений // Геодинамика и тектонофизика. - 2021. - Т. 12. - № 3. - С. 435-454.
5. *Ибрагимов Р.Н., Усманова М.Т., Кадыров Т.М.* Сейсмотектоника, сейсмический режим и условия возникновения Папского землетрясения 1984 г. // Папское землетрясение 1984 г. - Т.: Фан, 1986. - С. 5-10.
6. *Ибрагимов Р.Н., Нурматов У.О., Ибрагимов О.Р.* Сейсмотектонический метод оценки сейсмической опасности и вопросы сейсмического районирования // Сейсмическое районирование и прогноз землетрясений в Узбекистане. - Т.: ГИДРОИНГЕО, 2002. - С. 59-74.
7. *Кальметьева З.А.* Сейсмичность. III. I. Пространственно-временное распределение, механизмы очагов и природа землетрясений // Современная геодинамика областей внутриконтинентального коллизионного горообразования (Центральная Азия). Часть III. Современная геодинамика и движения земной коры. - М.: Научный мир, 2005. - С. 136-157.
8. Каталог механизма очагов землетрясений Узбекистана с M ≥ 3,0 за 1970-2005 гг. - Т., 2006, Комплексная экспедиция Института сейсмологии АН РУз (электр.форма).
9. *Ребецкий Ю.Л., Сычева Н.А., Кузиков С.И., Костюк А.Н.* Тектонические напряжения, сейсмотектонические и общие тектонические деформации земной коры Центрального Тянь-Шаня. Проблемы сейсмологии в Узбекистане // Мат-лы Междунар. конф. «Современные проблемы сейсмологии, гидрогеологии и инженерной геологии». - Т.: Изд-во НУУз, 2010. - Т. 1. - С. 268-274.
10. *Синицин Н.М.* Тектоника горного обрамления Ферганы. - Л.: Изд-во ЛГУ, 1960. - 218 с.
11. *Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Кузиков С.И.* Вычислительные технологии в сейсмологических исследованиях (на примере KNET, Северный Тянь-Шань). ФГУН Научная станция РАН, ФГУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН. - Южно-Сахалинск, Российская Федерация: - 2020. - 360 с.
12. *Полешко Н.Н., Аристова И.Л., Мукамбаев А.С., Куликова Г.О.* / Под ред. *Н.Н.Михайловой* // Каталог механизма очагов землетрясений с магнитудой M ≥ 3,5 Центральной Азии за период 2005-2013 гг. (www.kndc.kz).
13. *Пейве А.В., Буртман В.С., Руженцев С.В., Суворов А.И.* Тектоника Памиро-Гималайского сектора Азии // Гималайский и альпийский орогенез. - М.: Недра, 1964. - С. 156-172.
14. *Попов В.И.* История депрессий и поднятий Западного Тянь-Шаня. - Т.: Изд-во Комитета наук УзССР, 1938. - 297 с.
15. *Ребецкий Ю.Л., Ибрагимова Т.Л., Ибрагимов Р.С., Мирзаев М.А.* Напряженное состояние сейсмоактивных областей Узбекистана // Вопросы инженерной сейсмологии. - 2020. - Т. 47. - № 3. - С. 28-52.
16. *Резвой Д.П.* Тектоника восточной части Туркестано-Алайской горной системы. - Львов: Изд-во Львовского ун-та, 1959. - 370 с.
17. *Рыжков О.А.* К сейсмотектонике Узбекистана // Вопросы региональной сейсмичности Средней Азии. - Фрунзе: Илим, 1964. - С. 61-67.
18. *Юнга С.Л.* О классификации тензоров сейсмических моментов на основе их изометрического отображения на сферу // Докл. РАН. - 1997. - Т. 352. - № 2. - С. 253-255.

19. *Якубов Д.Х.* Разломы юго-западной части Кураминского хребта. - Т.: Фан, 1970. - 103 с.
20. *Якубов Д.Х.* Геотектонические условия возникновения сильных землетрясений Срединного и Южного Тянь-Шаня. - Т.: Фан, 1991. - 103 с.
21. *Ярмухамедов А.Р., Якубов Д.Х., Саттаров А.С.* Современная геодинамика Восточного Узбекистана. - Т.: Фан, 1979. - 111 с.
22. Snoke J.A. FOCMEC FOCal MEChanism determination / J.A.Snoke-URL.www.geol.vt.edu/ outreach/vtso/formec/ (дата обращения 10.04.2000).

**Sharqiy O'zbekistondagi yirik yoriqlar zonalarida yer qobig'ining kuchlanganlik holati to'g'risida**

**M.T. Usmonova**

**Annotatsiya.** Shimoliy Farg‘ona va Janubiy Farg‘ona yoriqlari zonalaridagi Sharqiy O‘zbekiston tektonik tuzilmalarining kuchlanish holatini baholash maqsadida magnitudasi 3,0 ≤ M ≤ 5,0 bo‘lgan zilzila manbalari mexanizmi parametrlarining taqsimlanishining statistik tadqiqotlari o‘tkazildi. Maqolada yoriq tuzilmalari morfologiyasining zilzila manbalari mexanizmining yechimlari bilan muvofiqligi ko'rib chiqiladi. O‘zbekistonda 1970-2005 yillardagi zilzila o‘choqlari mexanizmining tuzilgan katalogi asosida. Excel muhitida Shimoliy Farg'ona va Janubiy Farg'ona yoriqlari zonalarida sodir bo'lgan zilzilalarni tanlab oldik. Shimoliy Farg‘ona va Janubiy Farg‘ona yoriqlari zonalarida zilzila o‘choqlari mexanizmi bo‘yicha 3,0 ≤ M ≤ 5,0 magnitudali zilzilalar o‘choqlarida harakat turlarining taqsimlanishini statistik tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, harakatlarning 60% dan ortig‘i zilzilalar o'choqlarida siljish va surish komponenti bilan teskari yoriq xarakteriga ega. Bu xulosa Shimoliy Farg'ona yorig'ining janubga, janubi-g'arbga siljishining geologik hisob-kitoblariga mos keladi, shuningdek, Farg'ona depressiyasidagi Janubiy Farg'ona yoriq zonasi morfologiyasining geologik baholariga zid emas.

**Kalit so'zlar:** zilzila o'choqlarining mexanizmi; azimutlarni cho'zish; ko'milish burchagi; siqish o'qi; kuchlanish o'qi; harakat turlari; yoriqlarlar morfologiyasi.

**On the stress state of the earth's crust in the zones of major faults in Eastern Uzbekistan**

**M.T. Usmanova**

**Annotation.** With purpose to assess the stress state of the tectonic structures of Eastern Uzbekistan in the zones of the North Fergana and South Fergana tectonic faults, statistical studies of the distribution of parameters of the focal mechanism of earthquakes with 3,0 ≤ M ≤ 5,0 were carried out. The paper examines the correspondence of the morphology of fault structures with solutions to the mechanism of earthquake sources. Based on a compiled Catalog of the mechanism of earthquake source in Uzbekistan for the period 1970-2005 years. A selection of earthquakes that occurred in the zones of the North Fergana and South Fergana faults was carried out in the Excel environment. Statistical studies of the distribution of types of movements in the sources of earthquakes with magnitudes 3,0 ≤ M ≤ 5,0 according to the mechanism of earthquake source in the zones of the North Fergana and South Fergana faults showed that more than 60% of the movements in the of earthquakes source are of a reverse fault nature with a shear and thrust components. This conclusion corresponds to geological estimates of the displacement of the North Fergana fault to the south, southwest also does not contradict geological estimates of the morphology of the South Fergana fault zone in the Fergana depression.

**Key words:** mechanism of earthquake sources; strike azimuths; immersion angle; compression axis; tension axis; types of movements; fault morphology.

# MUHANDISLIK SEYSMOLOGIYASI

**UO‘K 550.34+624.131**

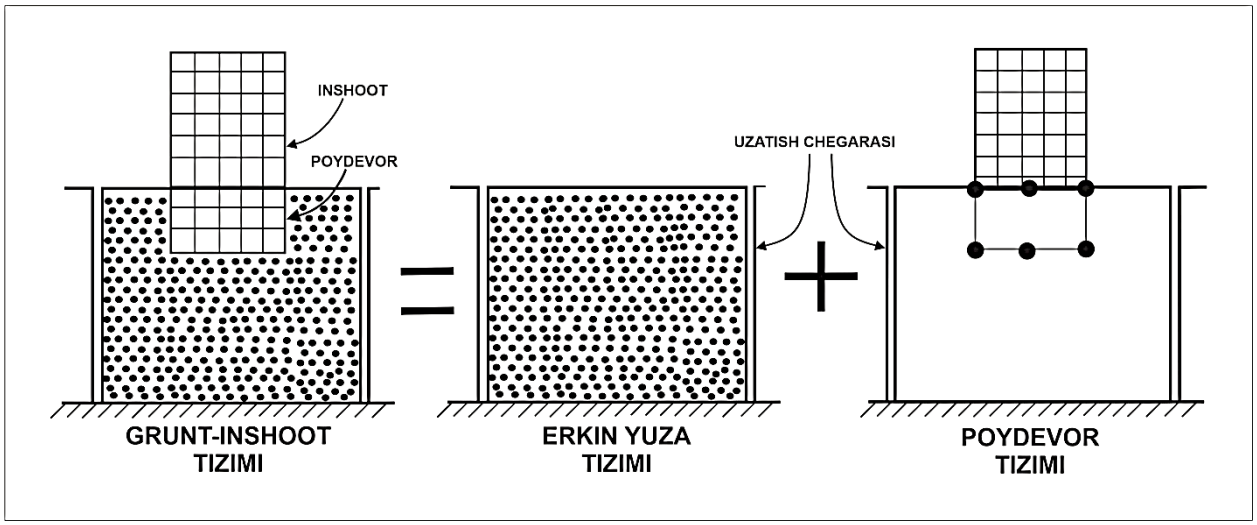
## QOZIQ POYDEVORLI BINOLAR QURILGAN MAYDONLARDA SEYSMIK TA’SIRNING O‘ZGARISHI

**N.K. Oripov, J.Sh. Bozorov**
*O‘zR FA G‘.O.Mavlonov nomidagi Seysmologiya instituti*

**Annotatsiya.** Maqolada qurilish maydonlarining seysmikligini baholash uchun erkin yuzada va binoning qoziqli poydevorida instrumental seysmometrik dala tadqiqotlari o‘kazilgan. Olingan natijalar asosida HVSR spektrlari qurilgan va ikkala holat uchun taqqoslangan. Qolaversa seysmik tebranish elementlari tezlik, tezlanish va siljish vektorlari hisoblangan. Tadqiqot ishida Dinver moduli orqali erkin yuzada va grunt-inshoot tizimidagi ko‘ndalang va bo‘ylama to‘lqinlarning tarqalish tezliklari solishtirilgan. Shuningdek tadqiqot ishida masalani nazariy tomondan yechishda ya’ni chekli elementlar usuli orqali hisoblashda Plaxis 3D dasturidan foydalanilgan. Qurilish maydonining seysmikligi tabiiy grunt sharoiti uchun va bino ekspluatatsiyasi vaqtida grunt massivining parametrlari o‘zgarishini hisobga olinib baholangan. Yan’ni gruntlarning xususiy paramertlarini va binodan tushayotgan og‘irlik yukining hisobiga gruntlardagi zo‘riqishlar natijasida o‘zgargan ko‘rsatkichlar asosida tadqiqotlar olib borilgan.

**Kalit so‘zlar:** HVSR, grunt-inshoot tizimi, statik yuklanish, Plaxis 3D, qurilish maydonlarining seysmikligi, zilzila.

**Kirish. Grunt-inshoot tizimining o‘zaro ta’sirlashuvi** – bu zilzila va boshqa dinamik yuklanishlar vaqtida poydevor va uning atrofidagi gruntning birgalikdagi xatti-harakatlarini o‘rganishga qaratilgan muhim geotexnik va muhandislik konsepsiyasi. “Grunt-inshoot” tizimlar o‘rtasidagi energiya almashinuvi va seysmik to‘lqinlarning tarqalishini tahlil qilinadi, bu esa inshootning zilzila paytidagi barqarorligi va xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyat kasb etadi. “Grunt-inshoot” tizimi effektini tadqiq qilish va zilzila ta’sirini kamaytirish tufayli bino va inshootning (gidrotexnika, AES, IES, ko‘p qavatli binolar, me’moriy yodgorliklar, ijtimoiy obyektlar) ekpluatatsiya qilish davrini sezilarli darajada oshirish va kelajakda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan talofatlarni oldini olishga imkon beradi [1]. “Grunt-inshoot” tizimining o‘zaro ta’sirini keng ma’noda ikkita hodisaga bo‘lish mumkin (1-rasm): 1) *kinematik o‘zaro ta’sir*; 2) *inertial o‘zaro ta’sir*.




**1-rasm. “Grunt-inshoot” tizimi.**
**Fig. 1. The “Soil-construction” system.**

Zilzila gruntni “erkin maydon harakati” deb ataluvchi siljishiga olib keladi. Biroq, gruntga o‘rnatilgan poydevor erkin maydonning harakatiga ergashmaydi. Poydevorning bu erkin maydon harakati bilan mos kelmasligi **kinematik o‘zaro ta’sirni** keltirib chiqaradi. Boshqa tomondan, inshootning massasi inersiya kuchini gruntga o‘tkazib, gruntning keyingi deformatsiyasiga olib keladi, bu esa **inertial o‘zaro ta’sir** deb ataladi [1]. Grunt tebranishlarining past darajasida kinematik ta’sir ko‘proq ustunlik qiladi. Ammo, kuchli tebranishlar boshlanishi bilan maydon grunt modulining buzilishi va grunt-inshoot (poydevor) orasidagi bo‘shliqni cheklanaydi, hamda inertial o‘zaro ta’sir dominant bo‘ladi. Bu o‘z navbatida to‘plangan ortiqcha siljishlar va egilish deformatsiyalarini keltirib chiqaradi va yer yuzasi yaqinida qoziq shikastlanishiga olib keladi.

Imiy tadqiqot ishi bo‘yicha ma’lumotlar tahlili – H.B.Seedning “Zilzilaning grunt - inshoot tizimlariga ta'siri” maqolasi zilzila ta'sirida grunt-poydevor tizimlarining xatti-harakatini o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, seysmik jarayonlar va grunt o‘zgarishlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni chuqur tahlil qiladi. Ushbu maqola *Poydevor muhandisligi bo'yicha qo'llanma* sida chop etilgan va unda H.B.Seed gruntning tiksotropik xususiyatlari, grunt qatlamlari orasidagi harakat, hamda poydevorlar va inshootlar orasidagi o‘zaro ta’sirni chuqur tahlil qilgan. H.B.Seed zilzila paytida poydevorlarning qanday sharoitlarda tabiiy strukturasini yo’qotishi, hamda gruntlarning tebranishlarga qanday ta’sir qilishini o‘rganib chiqgan. Bu tadqiqotlar zilzilalar ta’sirida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan zararlarni kamaytirish bo‘yicha muhim tavsiyalarni o‘z ichiga oladi.

Shuningdek, H.B.Seed va I.M.Idriss birgalikda seysmik ta’sir paytida grunt qatlamlarining javobini baholash bo‘yicha tadqiqotlar olib borgan. Ularning “Gorizontal grunt qatlamlarining seysmik reaktsiyasi” va “Gruntlarni quyqalanish potentsialini baholashning soddalashtirilgan tartibi” kabi maqolalari bu sohada katta ahamiyatga ega. Ushbu maqolalarda ular grunt qatlamlari orasidagi seysmik tebranishlarni va ularning poydevorga ta’sirini tahlil qilib, seysmik xavfini baholash uchun soddalashtirilgan usullar taklif qilishga.

**Tadqiqot usullari.** *Ob’yekt haqida ma’lumot.* Tadqiqot ob’yekti sifatida 26 qavatli “U-Tower” turar-joy majmuasi tanlangan. Ushbu majmuada avtoturargoh uchun to'xtash joyi 2 qavatli yer osti qismi, tijorat uchun birinchi ikki qavat, turar-joy uchun 4 dan 26 gacha bo'lgan kvartiralari joylashgan. Binoning poydevori uzunligi 30 m va diametri 1,2 m bo'lgan 218 ta burg‘ulama armaturali qoziqlardan iborat bo'lib, ular toshsimon lyoss gruntlarga mustahkam o'rnatilgan. Keyinchalik bu qoziqlarga og'irligi 9370 t. bo'lgan 76×25×2 m bo'lgan poydevor quyildi. Binoning balandligi poydevor tagidan taxminan 100,3 m ni tashkil qiladi.

Grunt-inshoot va erkin yuza tizimlarining seysmik tebranishlar ostidagi xatti-harakatlarini tahlil qilish va baholash, zilzila ta’sirini kamaytirish strategiyalarini ishlab chiqishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada ushbu ikki tizimning o‘zaro ta’sirlashuvini baholash uchun bir nechta usullar qo‘llanildi va natijalari solishtirildi. Quyida ushbu baholash usullari va ularning asosiy xulosalari keltiriladi.

### *1. H/V Spektrlari va uning qiymatlari bo‘yicha taqqoslash*

Grunt-inshoot va erkin yuzadagi tebranishlarning xarakteristikalarini baholash uchun HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) spektrlari ishlatildi. Har ikkala tizimda ham H/V spektrlari orqali olingan dominant chastotalar va kuchaytirish koeffitsiyentlari taqqoslandi. Natijalar grunt-inshoot tizimining tebranishlarni yutish xususiyatlari tufayli erkin yuzaga nisbatan pastroq tebranish amplitudalariga ega ekanligini ko'rsatdi.

### *2. Past Tebranishli amplitudalar bo‘yicha taqqoslash*

Past tebranish amplitudalarini taqqoslash orqali grunt-inshoot tizimining tebranishlarga qanday javob berishi tahlil qilindi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, poydevor va uning atrofidagi grunt birgalikda tebranishlarni yutish va past amplitudali tebranishlar paytida seysmik energiyani samarali yutish qobiliyatiga ega.

### *3. Mikrotremor yozuvlari asosida Vp va Vs tezliklarni hisoblash orqali taqqoslash*

Grunt-inshoot va erkin yuza tizimlaridagi seysmik tebranishlar paytida mikrotremor yozuvlari asosida Vp (bosim to‘lqini tezligi) va Vs (kesish to‘lqini tezligi) qiymatlari hisoblandi. Bu parametrlar har ikkala tizimda ham zilzila paytidagi tebranishlarning tarqalish xususiyatlarini baholashga yordam berdi.

Grunt-inshoot tizimida Vs tezligi nisbatan yuqori bo‘lib, bu tizimning yuqori qatlamlari bilan solishtirganda tebranishlarni yutish qobiliyatini oshirishga imkon berdi.

### *4. Plaxis 3D Dasturi yordamida modellashtirish orqali taqqoslash*

Ikkala tizim uchun Plaxis 3D dasturi yordamida uch o‘lchovli modellar qurildi va tahlil qilindi. Modellashtirish natijalari grunt-inshoot tizimida tebranishlar tarqalishi va ularning amplitudasi erkin yuzaga nisbatan kamayishini ko‘rsatdi. Bu grunt va inshoot o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir tufayli poydevor tomonidan tebranish energiyasining yutilishi bilan bog‘liqdir.

Yuqoridagi baholashlar natijasida grunt-inshoot tizimi zilzila ta’sirini kamaytirish va seysmik xavfsizlikni oshirishda samarali ekanligi aniqlangan. Bu natijalar seysmik xavfga duchor bo‘lgan hududlarda inshootlarning barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot ob’yekti sifatida tanlangan bino joylashgan maydonda cho‘kuvchan lyoss gruntlarining tarqalgan bo‘lib ularning fizik-mexanik xossalari qurilishdan oldingi muhandislik qidiruv izlanishlari natijalaridan olingan (1-jadval).

*1-jadval*

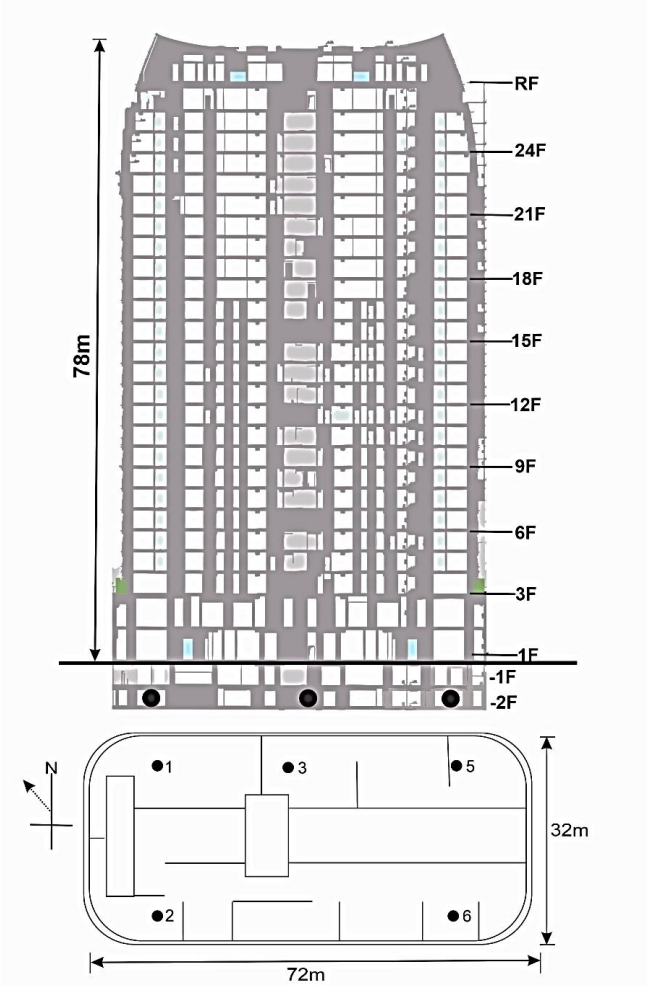
**Qurilish maydonchasining muhandis-geologik tavsifi**

| № | Muhandis geologik element - 1 | O‘lchov birligi | Son qiymatlar |
|---|---|---|---|
| 1 | Qatlam qalinligi: | m | 0-13,1 |
| 2 | Grunt zichligi: | t/m$^3$ | 1,86 |
| 3 | Gruntning skeleti zichligi: | t/m$^3$ | 1,57 |
| 4 | Bog‘lanish kuchi: | KPa | 17,6 |
| 5 | Ichki ishqalanish burchagi: | gradus | 23 |
| 6 | Deformatsiya moduli: | MPa | 12 |
| 7 | Puasson koeffitsienti: | υ | 0,35 |
| № | Muhandis geologik element - 2 | O‘lchov birligi | Son qiymatlar |
| 1 | Qatlam qalinligi: | m | 13,1-33,3 |
| 2 | Grunt zichligi: | t/m$^3$ | 1,99 |
| 3 | Gruntning skeleti zichligi: | t/m$^3$ | 1,61 |
| 4 | Bog‘lanish kuchi: | KPa | 17,9 |
| 5 | Ichki ishqalanish burchagi: | gradus | 26 |
| 6 | Deformatsiya moduli: | MPa | 16 |
| 7 | Puasson koeffitsienti: | υ | 0,30 |
| № | Muhandis geologik element - 3 | O‘lchov birligi | Son qiymatlar |
| 1 | Qatlam qalinligi: | m | 33,3-40 |
| 2 | Grunt zichligi: | t/m$^3$ | 2,10 |
| 3 | Gruntning skeleti zichligi: | t/m$^3$ | 1,75 |
| 4 | Bog‘lanish kuchi: | KPa | 28,1 |
| 5 | Ichki ishqalanish burchagi: | gradus | 36 |
| 6 | Deformatsiya moduli: | MPa | 50 |
| 7 | Puasson koeffitsienti: | υ | 0,26 |

Tadqiqotda instrumental seysmometrik tadqiqotlardan foydalanilgan. ***Nakamura usuli*** (yoki HVSR – Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio) mahalliy grunt sharoitlarini tadqiq qilishda qo‘llaniladigan oddiy va samarali usul hisoblanadi. Ushbu usul gruntning rezonans chastotasini aniqlashga yordam beradi va yer yuzasi yaqin grunt qatlamlarining dinamik xususiyatlarini baholashda ishlatiladi. Nakamura usulining asosiy tamoyillari: 1. Asosiy printsip: HVSR usulida seysmik to'lqinlar natijasida yuzaga keladigan tebranishlarning gorizontal va vertikal komponentlari o'lchanadi. Gorizontal komponentlarning vertikal komponentlarga bo'lgan spektral nisbati o'rganiladi. 2. Rezonans chastotasi: Bu usul yer yuzasidagi yumshoq qatlamlarning qattiq jinslar bilan chegaradosh qismlarida seysmik to'lqinlar qanday yutilishini baholashga yordam beradi. Gorizontal va vertikal tebranishlarning nisbati eng yuqori bo'lgan nuqta rezonans chastotasini beradi, bu gruntning qalinligini va seysmik xavf omillarini baholashda muhimdir. 3. HVSR usuli ko'pincha zilzilalarga qarshi xavfsizlikni ta’minlash, infratuzilma loyihalarini barqarorligini aniqlash, shahar sharoitida grunt sharoitlarini tadqiq qilishda qo'llaniladi [2, 54-64 bet].

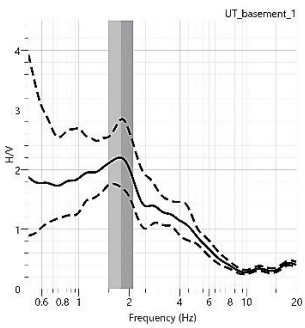
Qurilish maydonining seysmik paramertlarini aniqlash maqsadida bino poydevorining 5 nuqtasida mikrotremorlarni qayd qilish ishlari olib borildi (2-rasm). Bundan ko‘zlangan asosiy maqsad, bino zamin gruntining amplituda-chastota ko‘rsatkichlarini baholashdan iborat. Chunki bino poydevori va 1 qavatdagi tebranishlarda grunt tebranish parametrlari yuqori ko‘rsatkichlarda bo‘ladi. Yuqori qavatlarda esa binoning xususiy tebranishlari ustunlik qiladi [2, 54-64 bet]. O‘lchov ishlarining sifatini va samaradorligini oshirish maqsadida, tadqiqotlar asosan tungi vaqtlarda olib borildi. Olingan natijalar 3-rasmda keltirilgan.

Quyida qayd qilingan mikrotremor ma’lumotlari asosida HVSR grafiklari qurildi (3-rasm).

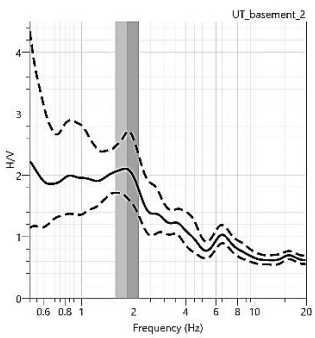



**2-rasm. “U-Tower” turar-joy majmuasidagi mikrotremorlarni qayd qilish nuqtalar.**
**Fig. 2. Microtremor registration points in the U-Tower residential complex.**

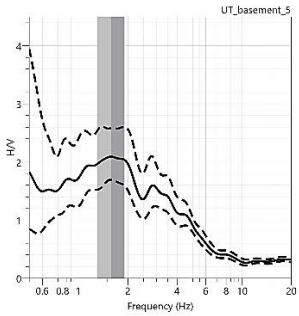
.



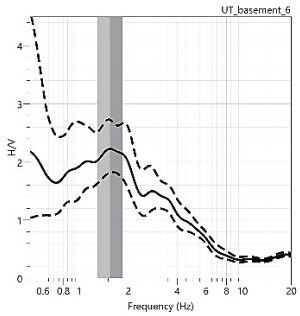

HVSR spektri 1-o‘lchov (poydevorda)



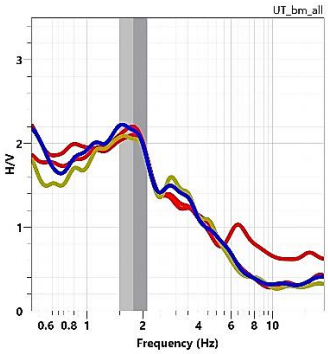

HVSR spektri 2-o‘lchov (poydevorda)



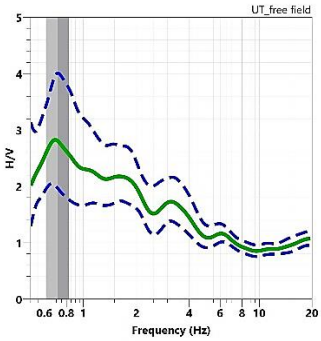

HVSR spektri 3-o‘lchov (poydevorda)




HVSR spektri 4-o‘lchov (poydevorda)



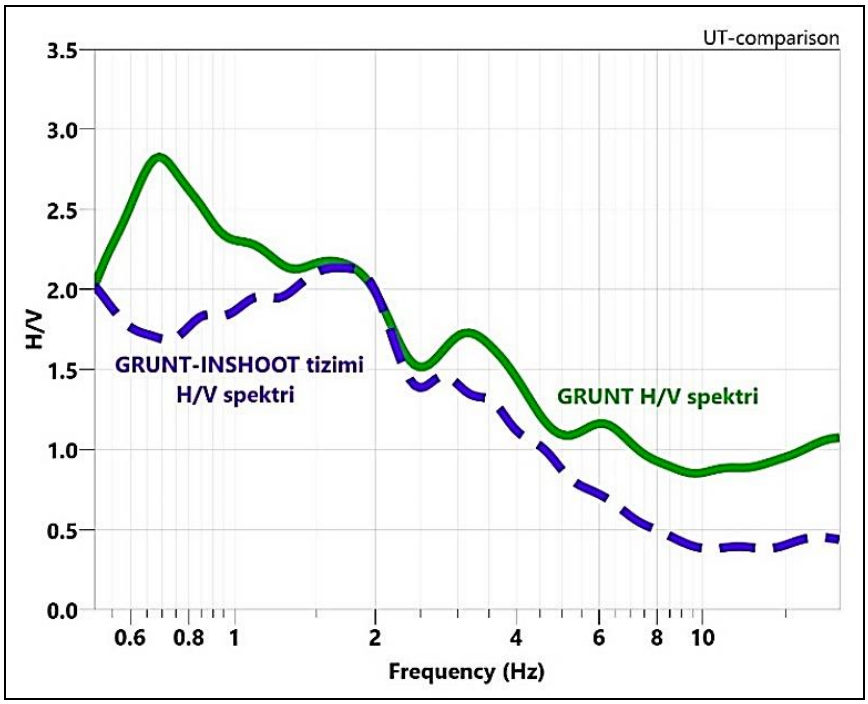

Poydevordagi o‘rta HVSR spektri




HVSR spektri o‘lchov (gruntda)

**3-rasm. O‘lchov nuqtalarining HVSR grafiklari.**
**Fig. 3. HVSR graphs of measurement points.**

Quyidagi grafikda grunt va poydevor uchun hisoblangan HVSR spektrlarining o‘zaro farqlari keltirilgan (4-rasm).




**4-rasm. HVSR qiyosiy grafigi.**
**Fig. 4. HVSR Comparison Chart.**

Grunt-inshoot va erkin yuza tizimlarining HVSR spektrlarining o'zaro qiyoslash natijasida quydagilar aniqlandi. 0,5-1 Gs oralig'ida grunt-inshoot tizimining HVSR spektri erkin yuza HVSR spektriga nibatan maksimal – 59,6%, 1,5-2 Gs oralig'ida esa minimal – 0,3% kamayishini kuzatish mumkin. O'rtacha kamayish 28,6% ni tashkil qildi.

Ikki holat uchun qurilgan HVSR spektr natijalari ham o'zaro taqqoslandi (2-jadval). Ushbu natijalar asosida seysmik zaiflik indeksi (K), seymik jaddalik orttirmasi (ΔI) va rezonans xavfi hisoblandi. Bunga ko'ra barcha holatlarda grunt-inshoot tizimidagi natijalar grunt (erkin yuza) natijalariga ko'ra kamayishi kuzatildi. H/V – kuchaytirish koeffitsiyenti qiymati 0,68 ga, dominant chastota qiymati 0,93 ga, zaiflik indeksi 8,3 ga va seymik jaddalik orttirmasi esa 0,23 ga kamaygani aniqlandi. Ushbu ikki tizim rezonans hodisasiga uchramaslik ehtimoli 130% tashkil qildi.

*2-jadval*

**HVSR spektrlaridan olingan natijalar**

| № | HVSR | Δ HVSR | $F_0$ | $\Delta F_0$ | K | ΔK | ΔI | ΔI farq | Rezonans xavfi |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruntdagi | 2,81 | **0,68** | 0,71 | **0,93** | 11,1 | **8,3** | 0,10 | **0,23** | **130%** |
| Grunt-inshoot tizimidagi | 2,13 | | 1,64 | | 2,8 | | -0,13 | | |

Bunga asosiy sabab, binodan tushayotgan yuk ta'sirida asos gruntlarning fizik-mexanik xossalarining oshganligi bilan izohlanadi. Bino og'irligi ta'sirida 2-MGE qatlamlarining faol zichlanish zonasidagi gruntlar xossalari asosiy omil sifatida ko'rilgan. Bu o'z navtida asos gruntlarining tebranish amplitudalari kamayishiga va shunga mos ravishda so'nish koeffitsientlari λ qiymati ham pasayadi.

Grunt-inshoot tizimida, shuningdek erkin yuzada o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida past amplitudali tebranishlar qayd etildi (4-rasm). Ushbu o'lchovlar orqali erkin yuzadagi tebranishlarning amplituda qiymatlari grunt-inshoot tizimiga nisbatan yuqoriroq ekanligi aniqlandi. Ya'ni, grunt-inshoot tizimida qayd etilgan tebranish amplitudalari erkin yuzadagi qiymatlarga qaraganda sezilarli darajada kamaygani kuzatildi. Bu esa grunt va inshoot o'zaro ta'sirida poydevor tomonidan seysmik energiyaning yutilishi, asos gruntining zichligi oshganligi va tebranishlar inshoot orqali tarqalishining samaradorligini anglatadi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, grunt va poydevor orasidagi kuchlanishlar zilzila ta'sirini qisman kamaytirish imkoniyatiga ega bo'lib, bu esa inshoot barqarorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Ushbu tahlillar grunt-inshoot tizimining zilzilaga chidamliligini oshirish va xavfsizligini ta'minlash uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

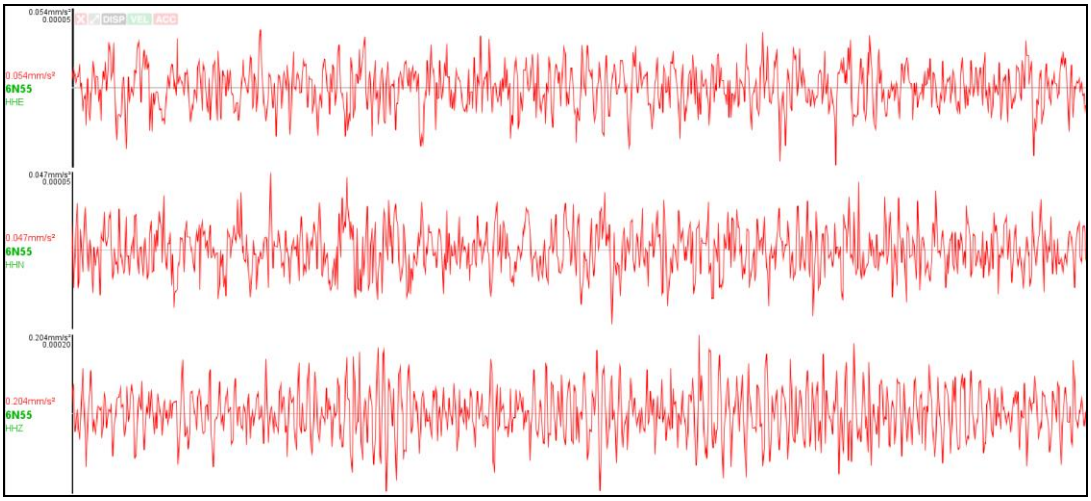
Seysmik to'lqinlarning kinematik elementlarini ko'rib chiqishda seysmik ta'sir elementlarining (tezlik, tezlanish va siljish) vektor qiymatlari eng aniq va to'liq ma'lumot beradi. Ushbu maqsadda grunt-inshoot va erkin yuza tizimlarida qayd qilingan tezlik qiymatlari asosida tezlanish va siljish qiymatlari aniqlanib, har bir elementning vektor qiymatlari hisoblandi hamda ikkala tizim uchun o'zaro taqqoslandi (3-jadval, 5-rasm). Maksimal vektor tezligi X, Y, Z komponentlarini hisobga olgan holda quyidagicha aniqlanadi:

$$\bar{U}_{x,y,z} = \left|\sqrt{U_x^2 + U_y^2 + U_z^2}\right| \qquad (1)$$

*3-jadval*

**Mikrotremor orqali aniqlangan kinematik elementlar vektor qiymatlari**

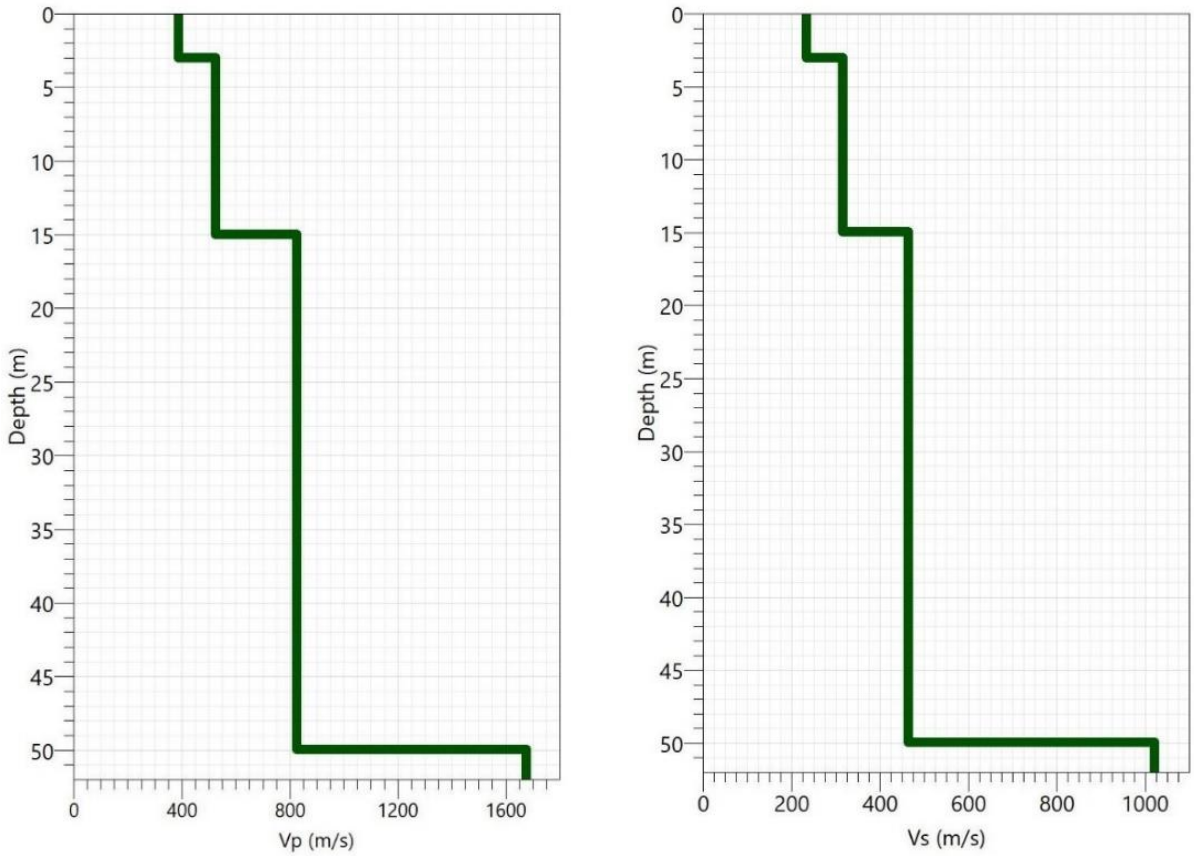
| Grunt-inshoot | Erkin yuza | Farqi | Foiz miqdorda | Grunt-inshoot | Erkin yuza | Farqi | Foiz miqdorda | Grunt-inshoot | Erkin yuza | Farqi | Foiz miqdorda |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tezlik (*μm/s*)** | | | | **Tezlanish (*μm/s²*)** | | | | **Siljish (*nm*)** | | | |
| $\bar{v}_{x1}$ | $\bar{v}_{x2}$ | $\Delta\bar{v}_x$ | $\Delta\bar{v}_x(\%)$ | $\bar{a}_{x1}$ | $\bar{a}_{x2}$ | $\Delta\bar{a}_x$ | $\Delta\bar{a}_x(\%)$ | $\bar{u}_{x1}$ | $\bar{u}_{x2}$ | $\Delta\bar{u}_x$ | $\Delta\bar{u}_x(\%)$ |
| 2,88 | 7,1 | **4,83** | **62,6** | 181,4 | 590,1 | **408,7** | **69,3** | 106,6 | 236,3 | **129,7** | **54,9** |




**5-rasm. Mikrotremor yozuvi.**
**Fig. 5. Microtremor recording.**

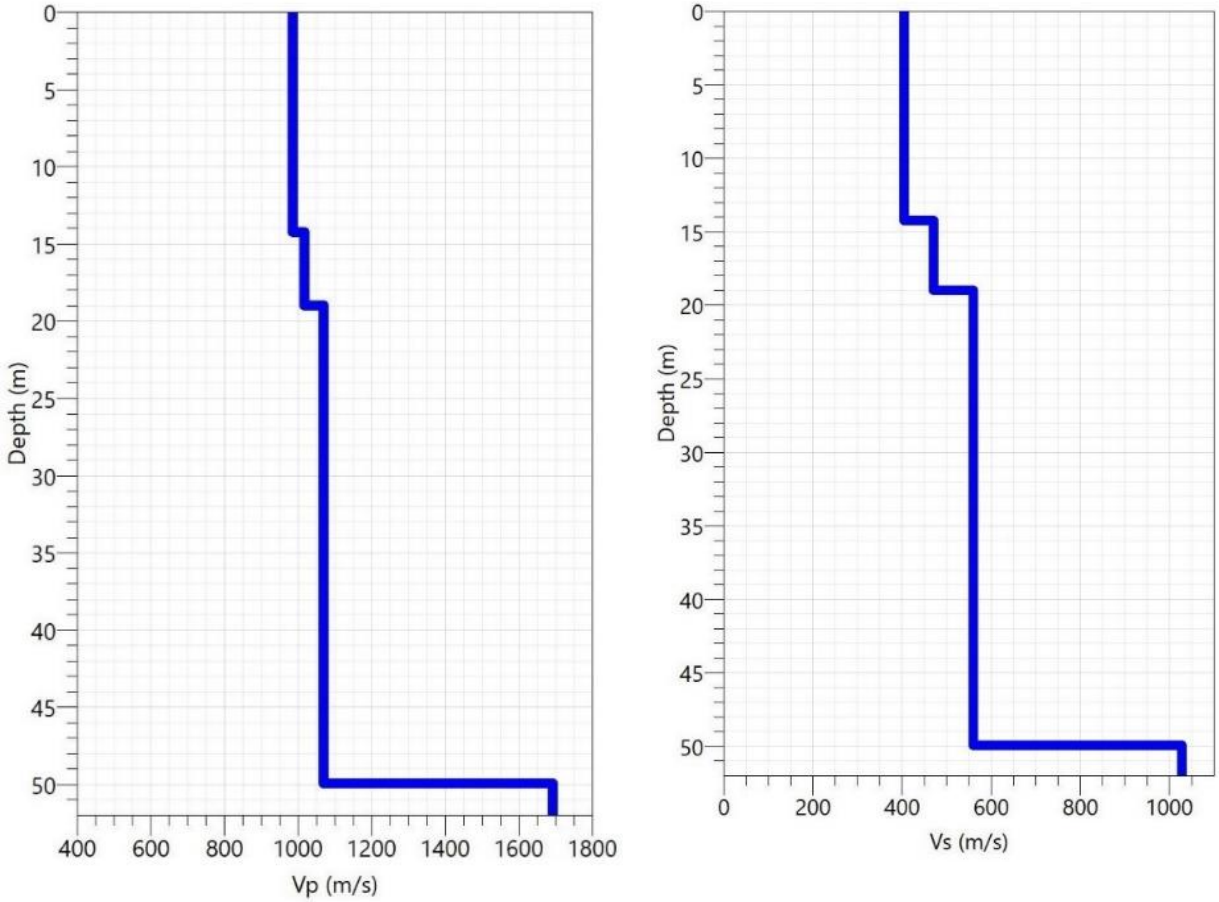
Geopsy Dinver – mikrotremorlarini tahlil qilish va grunt qatlamlari xususiyatlarini o‘rganish uchun ishlatiladigan ochiq manbali dasturiy vosita. Bu dastur GEOPSY dasturiy to‘plamining bir qismi bo‘lib, u gruntning geologik tuzilishini aniqlash uchun HVSR usulidan foydalanadi. Dinver moduli seysmik tebranishlarni tahlil qilishda qatlamlarning qattiqligi, Vp va Vs kabi parametrlarni hisoblash imkonini beradi.

Dinver yordamida Mikrotremor yozuvlari asosida grunt qatlamlari xususiyatlarini tahlil qilishda qatlamlarning Vs va Vp tezliklarini aniqlashga yordam beradi (6-rasm).




**6-rasm. “Grunt-inshoot” tizimida chuqurlik bo‘yicha Vp va Vs qiymatlarining o‘zgarish grafigi.**
**Fig. 6. Graph of changes in Vp and Vs values by depth in the “Soil-structure” system.**

Maqoladagi tadqiqotlarda grunt-inshoot va erkin yuza tizimlarining muhandis-geologik sharoitlarini hisobga olgan holda Dinver moduli orqali seysmik tebranishlarning o‘tish tezliklari aniqlandi va o‘zaro solishtirildi. Grunt qatlamlarining fizik xususiyatlari, ya'ni Vs va Vp qiymatlari Dinver moduli yordamida o‘lchangan HVSR spektral ma'lumotlariga asoslanib hisoblab chiqildi. Ushbu tahlillar orqali




**7-rasm. “Grunt-inshoot” tizimida chuqurlik bo‘yicha Vp vaVs qiymatlarining o‘zgarish grafigi.**
**Fig. 7. Graph of changes in Vp vavs values by depth in the “Soil-structure” system.**

erkin yuzada va grunt-inshoot tizimida olingan tezlik qiymatlari o‘rtasidagi farqlar aniqlangan bo‘lib, ular qatlamlar qalinligi, zichligi, va gruntning elastik xususiyatlari bilan bog‘liq ekanligi ko‘rsatildi (4-jadval, 7-rasm).

*4-jadval*

**Gruntdagi va grunt-inshoot tizimidagi Vp30 va Vs30 tezliklar farqlari**

| № | Vs30 (m/s) | **ΔVs30 (m/s)** | Vp30 (m/s) | **ΔVp30 (m/s)** |
|---|---|---|---|---|
| Gruntdagi | 347 | **104** | 593 | **407** |
| Grunt-inshoot tizimidagi | 451 | | 1000 | |

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, grunt-inshoot tizimida Vs va Vp qiymatlari erkin yuzaga nisbatan sezilarli farq qiladi, bu esa grunt qatlamlarining poydevor bilan o‘zaro ta’sirini va ularning seysmik tebranishlarga qanday javob berishini aks ettiradi. Dinver moduli yordamida olingan qiymatlar tizimlarning zilzila paytidagi barqarorligini tahlil qilishda muhim ahamiyat kasb etadi, chunki bu ma'lumotlar poydevorning tebranish energiyasini yutish qobiliyatini va qatlamlarning zilzila kuchlariga qanday ta’sir qilishini baholashga imkon beradi.

Poydevor va grunt xususiyatlari munosabatida “Grunt-inshoot” o‘zaro ta’sirini aniqlashda poydevor materiali, uning shakli va joylashishi, shuningdek, grunt qatlamlarining qattiqligi va qalinligi katta ahamiyatga ega.

Zilzila paytida “grunt-inshoot” o‘zaro ta’sirining modeli: (SSI) odatda chekli elementlar usuli (ChEU) orqali modellashtiriladi. Bu usullar zilzila vaqtida grunt va inshoot o‘rtasidagi kuchlanish va deformatsiyalarni o‘rganishga yordam beradi. Tadqiqot ishida biz ushbu masalani yechishda Plaxis 3D kompleks dasturidan foydalandik. Plaxis 3D kompleks dasturi yordamida tanlangan shartli maydonlarning 3D modellarini yaratishda quyida 1-jadvalda keltirilgan ma’lumotlardan foydalanilgan. Cheksiz yarim fazoda seysmik to‘lqinlarning tarqalishi haqidagi masalani yechishga sonli usullarni to‘g‘ridan to‘g‘ri qo‘llab bo‘lmaydi. Ushbu vazifani amalga oshorish uchun cheksiz yarim fazoni bizni qiziqtirgan sohasini cheklangan parallelepiped bilan almashtiramiz. Shu bilan birga, parallelepipedning davomi tashlab yuborilgan tomonlarining yuzlariga tashlab yuborilgan qismining ta’sirini ifodalovchi, ya’ni chegaraga tushgan to‘lqinlarni qaytarmasdan o‘tkazib yuboruvchi quyidagi ko‘rinishdagi chegaraviy shartlar qo‘yiladi.

$$\left.\begin{aligned}\sigma_x &= a\rho V_p\dot{u}\\ \tau_{yz} &= b\rho V_s\dot{u}\\ \tau_{zy} &= b\rho V_s\dot{w}\end{aligned}\right\}\quad \left.\begin{aligned}\sigma_y &= a\rho V_p\dot{v}\\ \tau_{xz} &= b\rho V_s\dot{w}\\ \tau_{zx} &= b\rho V_s\dot{u}\end{aligned}\right\}\quad \left.\begin{aligned}\sigma_z &= a\rho V_p\dot{w}\\ \tau_{xy} &= b\rho V_s\dot{u}\\ \tau_{yx} &= b\rho V_s\dot{v}\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Bunda σ va τ – normal va urinma kuchlanishlar; $u$ va $w$ – chegaraviy nuqtalar tezliklarini o‘qlardagi proeksiyalari; $V_P$ va $V_S$ – P va S to‘lqinlarning tezliklari; α va β – o‘lchamsiz parametrlar; ρ – materialning zichligi.

Geometrik munosabatlarni quyidagicha shakllantirish mumkin:

$$\varepsilon = Lu \qquad (3)$$

$L^T$-bu differensial operatorning transponirlangani bo‘lib, u quyidagicha aniqlanadi

$$L^T = \begin{bmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z}\\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0\\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x}\end{bmatrix} \qquad (4)$$

Materialning fizik-mexanik xususiyatlarini hisobga olgan holda gruntdagi hosil bo‘lgan tugunlarning harakati va tezligi va tezlanishini aniqlaymiz.

Dinamik yuk ta’sirida tizimning harakatlanish vaqtiga bog‘liq bo‘lgan asosiy tenglamalar sistemasi quyidagicha ifodalanadi:

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F\}, \qquad (5)$$

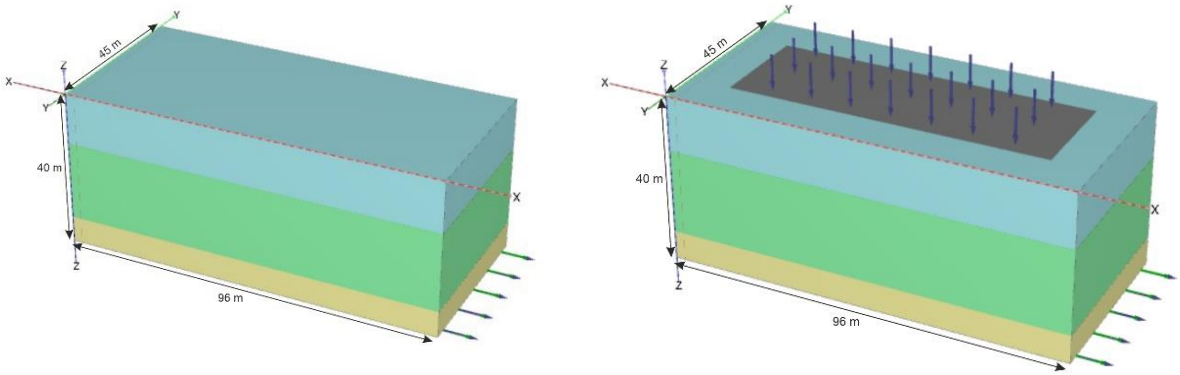
bunda differensial tenglamalar tizimining tartibi 36693, $[M]$ – massalar maritsasi, $\{u\}$ – siljish vektori, $[C]$ – so‘ndiruvchi matritsa, bu chegara shartlarini ham hisobga oladi, $[K]$ – matritsa qattiqligi, $\{F\}$ – yuk vektori. Ko‘chish $\{u\}$, tezlik $\{\dot{u}\}$ va tezlanish $\{\ddot{u}\}$ $lar$ vaqt o‘tishi bilan o‘zgarishi mumkin.

Bu yerda chiziqli elastiklik nazariyasi asoslari qo‘llangan. Biroq, prinsipial jihatdan, barcha modellar dinamik tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin. Muammoni raqamli ravishda amalga oshirish uchun biz Plaxis 3D dasturiy ta’minot kompleksidan foydalanamiz, unda materialning fizik tenglamalarining mumkin bo‘lgan variantlari mavjud.

Matritsa $[M]$ materiallarning massasini hisobga oladi (grunt+suv+har qanday tuzilmalar). Dinamik jarayonni raqamli ko‘rinishida hisoblashni shakllantirishda vaqt bo‘yicha iterasiyasining barqarorligi va aniqligi muhim omil hisoblanadi.

Tadqiqot obyekti Toshkent shahri Shayxontohur tumani, Bunyodkor Shox ko‘chasida joylashgan “U-Tower” turar-joy majmuasi model sifatida tanlab olingan. Tadqiqot maydonida qalinligi 30 m dan ortiq bo‘lgan prolyuvial lyossimon gruntlaridan iborat (pQIIts).

**Natijarlar.** Ushbu masalada ikki holatda: 1 – holatda eni *45 m*, uzunligi *96 m*, chuqurligi *40 m* bo‘lgan grunt massivi 2 – holatda esa huddu shu grunt massivi ustiga binoning fundamenti va binodan tushayotgan yuk qismi joylashtirilgan model tanlab olinib, Plaxis 3D kompleks dasturi natijalar olindi hamda solishtirishlar orqali narijalarga ishlov berildi. Masalada yer osti suvlarining ta’siri hisobga olinmagan. Bino ostidagi grunt uch qatlamdan iborat (8-rasm).

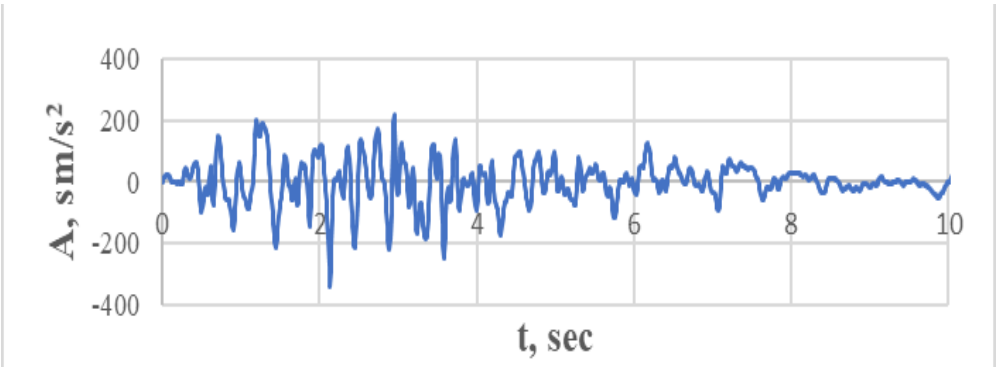



*a)* Grunt *b)* Grunt-inshoot

**8-rasm. Tanlangan maydonchaning tabiiy va bino ekspluatatsiyasi davri uchun yaratilgan 3D modellari.**
**Fig. 8. 3D models of the selected site created for the natural and construction period of operation.**

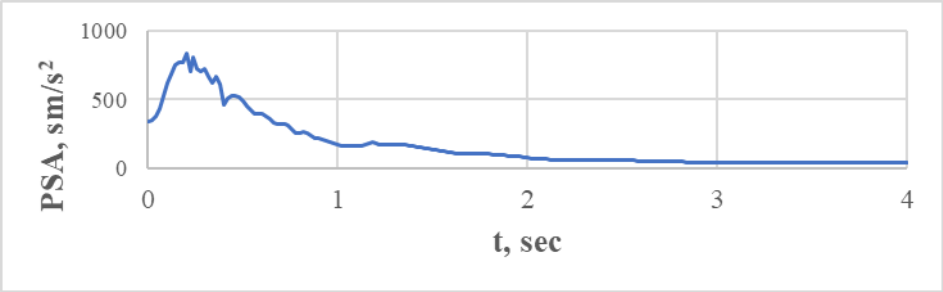
CHEU qo‘llash natijasida doimiy mexanik tizim diskret tizimga almashiriladi. O‘rganilayotgan hudud a) grunt modelida 10002 ta tugunlar va 4157 ta chekli elementlarga bo‘lingan, b) grunt-inshoot modelida 12081 ta tugunlar va 5063 ta chekli elementlarga bo‘lingan (5-rasm). Chekli elementlarning shakllari noto‘g‘ri tetraedr sifatida tanlangan. Masalani yechishning keyingi bosqichda dasturga tabiiy holatdagi va grunt-inshoot parametrlari kiritilgan (1-jadval).

Grunt parametrlari kiritilgandan so‘ng tanlab olingan bir xil o‘lchamli ikkala model uchun seysmik ta’sir sifatida sintetik akselerogramma kiritilgan. M = 5,2 magnitudali (8, 9-rasmlar). Hosil bo‘lgan ikkinchi tartibli chiziqli, differensial tenglamalar soni a) grunt modelida 30006 ta, grunt-inshoot modelida 36243 tani tashkil qilgan (10, 11-rasm). Plaxis 3D kompleks dasturi yordamida hisoblash ishlaridan so‘ng biz istalgan tugunlardagi seysmik ta’sirning istalgan vaqtidagi tezlik, tezlanish va siljish qiymatlarini aniqlab olishimiz mumkin bo‘ladi. Quyida seysmik ta’sirning eng yuqori qiymatga erishgandagi natijalari keltirib o‘tilgan.

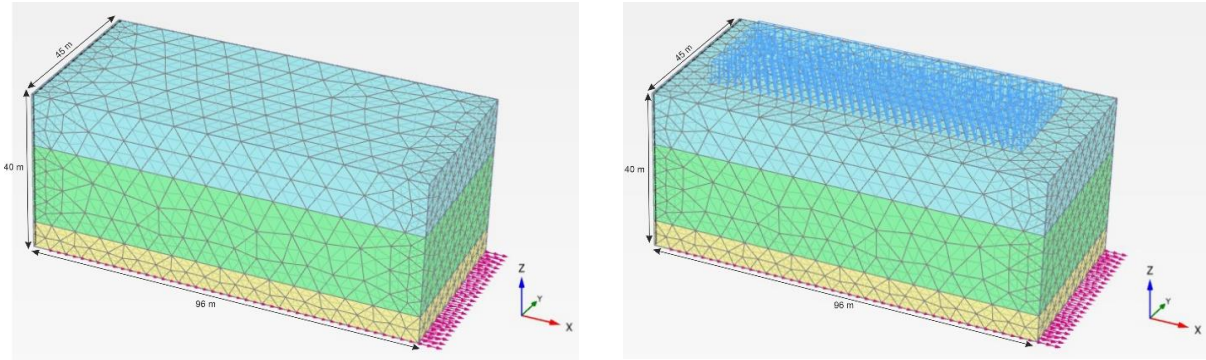



**9-rasm. Plaxis 3D dasturiga kiritilgan sintetik akselerogramma.**
**Fig. 9. Synthetic accelerogram included in the Plaxis 3D software.**

Sintetik akselerogrammalar bino va inshoot poydevor qismining holati uchun umumlashtirilgan spektrlar asosida yaratilgan. Shuningdek yaratilgan sintetik akselerogrammalar grunt seysmik sharoitlariga mos ravishda to‘g‘ri talqin qilinishi bilan ahamiyatli hisoblanadi. Quyida sintetik akselerogramma tezlanishlari spektri keltirilgan [8, 39-42 bet].




**10-rasm. Plaxis 3D dasturiga kiritilgan sintetik akselerogramma spektri.**
**Fig. 10. Synthetic accelerogram spectrum included in the Plaxis 3D program.**




*a)* Grunt *b)* Grunt-inshoot

**11-rasm. Tanlangan maydonchaning tabiiy va bino ekspluatatsiyasi davri uchun yaratilgan modellarining chekli elementlarga bo‘lingan 3D ko‘rinishi.**
**Fig. 11. 3D view of the models of the selected site, created for the natural and construction period of operation, divided into final elements.**

Plaxis 3D yordamida qo‘yilgan masalani yechishda HS small model turidan foydalaniladi.

### *HS small modeli haqida tushuncha*

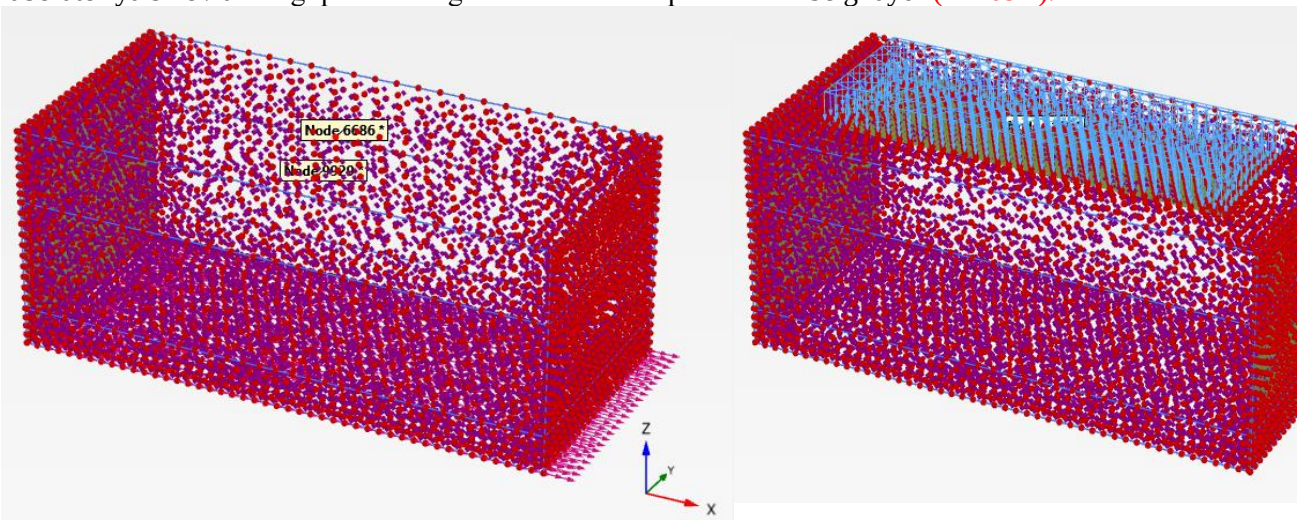
HS small modeli kichik deformatsiyalarda gruntlarning qattiqligini oshiradi. Past deformatsiya darajasida ko‘pgina gruntlar muhandislik deformatsiyasi darajasiga qaraganda yuqori qattiqlikni namoyon qiladi va bu qattiqlik deformatsiyaga qarab chiziqli bo‘lmagan holda o‘zgaradi. Ushbu xususiyat HS small modelida qo‘shimcha kuchlanish parametri va ikkita qo‘shimcha material parametrlari, ya’ni $G_{ref}$ va $\gamma_{0.7}$ yordamida tasvirlangan. $G_{ref}$ – kichik deformatsiyaning kesish moduli va $\gamma_{0.7}$ – deformatsiya darajasi, bunda kesish moduli kichik deformatsiyaning kesish modulining taxminan 70% gacha kamayadi. HS small modelining ilg‘or xususiyatlari ish yuki sharoitida eng aniq ko‘rinadi. Bu holatda HS small modeli HS modeliga qaraganda ko‘proq ishonchli ko‘chish qiymatlarini beradi.

Kichkina deformatsiyaning qattiqligi (HS small) bo‘lgan qattiqlashtiruvchi grunt modeli gruntning yuklanish va deformatsiyaga bog‘liq qattiqlikni o‘z ichiga olganligi sababli, u ma’lum darajada siklik yuklanishni modellashtirish uchun ishlatilishi mumkin. Biroq, u siklik yuklash paytida asta-sekin yumshatilishni o‘z ichiga olmaydi, shuning uchun yumshatish rol o‘ynaydigan siklik yuklash muammolari uchun mos kelmaydi. HS modelida gruntning ichki yon tomonga kengayishi va bog‘lanish ta’siridan kelib chiqqan yumshatish ham hisobga olinadi. Bundan tashqari, HS small qaytarilmas hajmli kuchlanishning to‘planishini va siklik yuklanish bilan quyqalanishni o‘z ichiga olmaydi. HS small modelidan foydalanish, odatda uzoqroq vaqt talab qiladi.

HS asl modeli yukni tushirish va qayta yuklash paytida materialning elastik harakatini nazarda tutadi.

Biroq, gruntni chinakam elastik deb hisoblash mumkin bo‘lgan, ya’ni qo‘llaniladigan kuchlanishdan deyarli to‘liq tiklanadigan deformatsiya diapazoni juda kichik. Deformatsiya

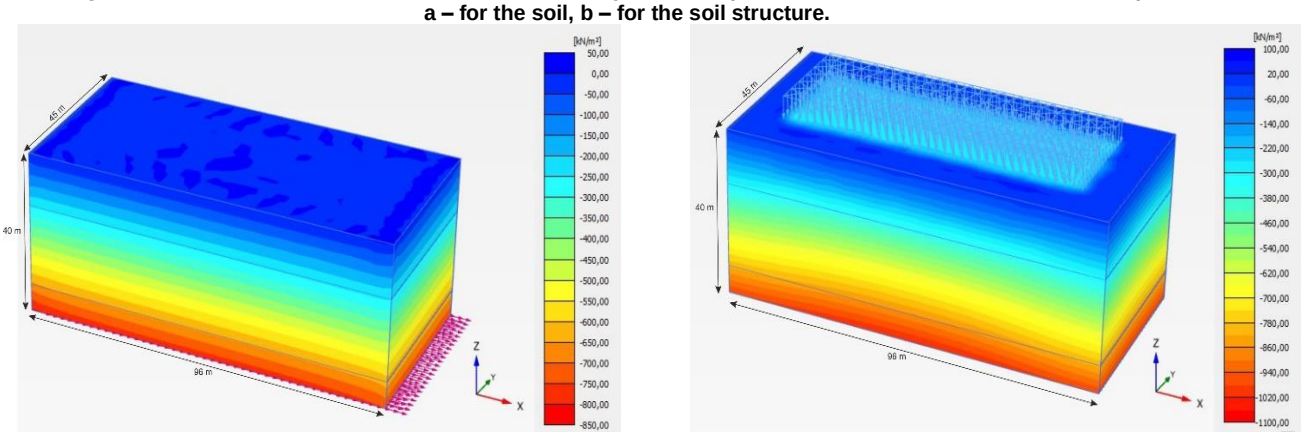
amplitudasining ortishi bilan gruntning qattiqligi nochiziqli ravishda pasayadi. Gruntning qattiqligini deformatsiyaga nisbatan chizish xarakterli S-shaklidagi qattiqlikni kamaytirish egri chiziqlarini beradi. Shuningdek, u geotexnik inshootlar yaqinida o‘lchanadigan xarakterli siljish deformatsiyalarini va laboratoriya sinovlarining qo‘llaniladigan kuchlanish diapazonlarini belgilaydi (12-rasm).




*a)* Grunt *b)* Grunt-inshoot

**12-rasm. Tanlab olingan tugunlar koordinatalari x = 20, y = 19, z = 0) nuqtaga nisbatan natijalar olingan a – grunt uchun, b – grunt-inshoot uchun.**

**Fig. 12. The coordinates of the selected nodes x = 20, y = 19, z = 0) the results are obtained relative to the point a – for the soil, b – for the soil structure.**




*a)* Grunt *b)* Grunt-inshoot

**13-rasm. Statik yuklar ta’siridan Z o‘qi bo‘yicha zo‘riqish a – grunt uchun, b – grunt-inshoot uchun.**

**Fig. 13. The stress on the Z axis from the effects of static loads a – for the soil, b – for the soil structure.**

**HS modeli** elastik-ideal modeldan farqli o’laroq, gruntni mustahkamlovchi elastoplastik modelning oquvchan yuzasi asosiy kuchlanishlar bo’shlig’ida mustahkamlanmaydi va plastik deformatsiyalar tufayli kengayishi mumkin. Mustahkamlashning ikkita asosiy turi mavjud: Siljishdagi mustahkamlash va siqilishdagi mustahkamlash. Siljishdagi mustahkamlash birlamchi deviator yuklanishi natijasida paydo bo’ladigan qaytmas deformatsiyalarni modellashtirish uchun qo’llaniladi; siqilishdagi mustahkamlash esa qaytmas plastik deformatsiyalarni modellashtirish uchun ishlatiladi, bu odometrik va izotropik yuklanishdagi birlamchi siqilish bilan bog’liq. Taklif etilgan model har ikki turdagi mustahkamlashni o’z ichiga oladi.

Gruntni mustahkamlash bilan elastoplastik model bo‘shoq va mustahkam gruntlarning harakatlarini modellashtirish uchun mo‘ljallangan modeldir (Schanz, 1998). Boshlang‘ich deviatorli yuklanishda gruntning qattiqligi qaytarilmas plastik deformatsiyalarning bir vaqtda rivojlanishi bilan kamayadi. Gruntning drenajlangan uch o‘qli siqish sinovlarining maxsus holatida, bo’ylama deformatsiyalar va deviatorli kuchlanishlar o‘rtasidagi kuzatilgan bog‘liqlik giperbolla yordamida yetarlicha aniq yaqinlashtirilishi mumkin. Bunday bog‘liqlik birinchi marta Kondner (Kondner, 1963) tomonidan ifodalangan va keyinchalik yaxshi ma’lum giperbolik modelda qo‘llanilgan

(Duncan & Chang, 1970). Ammo qo‘llanilayotgan gruntni mustahkamlash bilan elastoplastik model giperbola modeldan shubhasiz ustundir. Birinchidan, unda elastiklik nazariyasi emas, plastiklik nazariyasi qo‘llaniladi; ikkinchidan, gruntning dilatansiyasi hisobga olinadi va uchinchidan, modelga yarim sferik oquvchanlikning yuzasi kiritilgan. Modelning asosiy xususiyatlari quyida keltirilgan:

| | |
|---|---|
| Kuchlanishlarga bog‘liq bo‘lgan qattiqlik, kuchning darajaviy qonuni bo‘yicha: | Kirish parametri $m$ |
| Birlamchi deviatorli yuklash bilan yuzaga kelgan plastik deformatsiya: | Kirish parametri $E_{50}^{ref}$ |
| Birlamchi siqilish bilan yuzaga kelgan plastik deformatsiya: | Kirish parametri $E_{oed}^{ref}$ |
| Elastik bo‘shashish/qayta yuklash: | Kirish parametri $E_{ur}^{ref}$ , $v_{ur}$ |
| Mor-Kulon mezoni bo‘yicha buzilish: | Parametrlar $c$, $\varphi$ va $\psi$ |

Taqdim etilgan mustahkamlanayotgan gruntning elastoplastik modelining asosiy o‘ziga xosligi gruntning qattiqligi kuchlanishlarga bog‘liqligidadir. Odometrik kuchlanish va deformatsiya sharoitlarida model $E_{oed} = E_{oed}^{ref}(\sigma/p^{ref})^m$ bog‘liqligini o‘z ichiga oladi. Bo’shoq gruntlar holatida $m$ = 1 qiymatini qo‘llash maqsadga muvofiqdir. Bunday vaziyatlarda, shuningdek, bo’shoq grunt modeli uchun ishlatiladigan modifikatsiyalangan siqilish koeffitsienti $\lambda^*$ va odometrik modul o‘rtasida oddiy bog‘liqlik mavjud.

$$E_{oed} = \frac{p^{ref}}{\lambda^*}, \qquad (5)$$

bu yerda:

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{(1+e_0)} \qquad (6)$$

bu yerda $p^{ref}$ – etalon bosimni anglatadi. Bu yerda ma’lum bir etalon bosim $p^{ref}$ qiymatida o‘tkazilgan tangensial odometrik modul ko‘rib chiqiladi. Demak, boshlang‘ich yuklanishdagi qattiqlik modifikatsiyalangan siqilish koeffitsienti $\lambda^*$ yoki Cam-Clay modelida ishlatiladigan standart siqilish koeffitsienti $\lambda$ bilan bog‘liqdir.

Xuddi shunday tarzda, bo‘shashish/qayta yuklash moduli modifikatsiyalangan shishish koeffitsienti $\kappa^*$ yoki Cam-Clay modelida ishlatiladigan standart shishish koeffitsienti $\kappa$ bilan bog‘liqdir. Quyidagi yaqinlashtirilgan bog‘liqlik mavjud:

$$E_{oed}^{ref} = \frac{2p^{ref}}{\kappa^*}, \qquad (7)$$

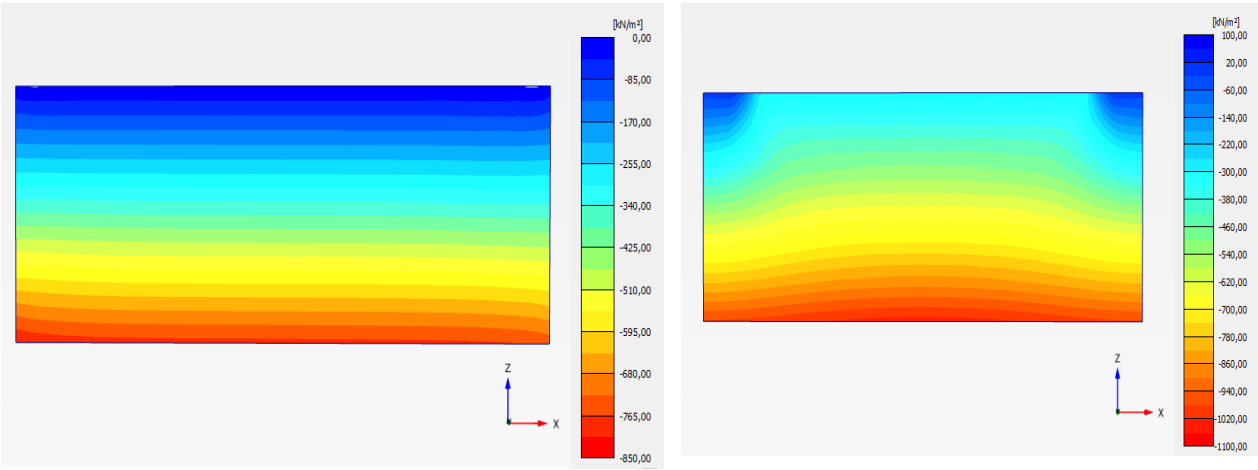
bu yerda:

$$\kappa^* = \frac{\kappa}{(1+e_0)}, \qquad (8)$$

bu bog‘liqlik $m$ = 1 kirish qiymati bilan birgalikda qo‘llaniladi.

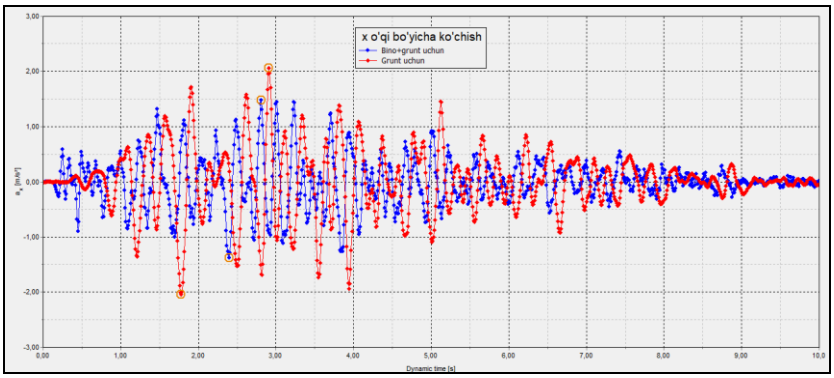
Tadqiqot ishida statik yuklanish ta’sirida Z o‘qi bo‘yicha zo‘riqish o‘z og‘irligi ta’sirida tabiiy 40 m grunt qatlamda maksimal $\sigma_z$ = 850 KPa qiymatga erishgan. Binodan tushayotgan statik yuk (50 000 t) ta’sirida 40 m li qatlam uchun maksimal zo‘riqish $\sigma_z$ = 1100 KPa ni tashkil qilgan. Ikkala holat uchun farqalar qiymati $\Delta\sigma_z$ = 250 KPa. 12 va 13 – rasmlarda bino poydevori ostida zo‘riqishning tarqalish izobaralari tasvirlangan.

**Tahlil.** Yuqorida keltirilgan ma’lumotlarga asoslanib, gruntda to‘lqin tarqlishi kabi dinamik masalalarni yechishda grunt parametrlarini statikadagi o‘zgarmas qiymatlarini emas, balki, HS modelidagi deformatsiyaga bog‘liq ravishda o‘zgaruvchi parametrlardan foydalanish ancha aniqroq natijalarni olishga imkon beradi. Plaxis 3D kompleks dasturi yordamida hisoblash ishlaridan so‘ng biz istalgan tugunlardagi seysmik ta’sirning istalgan vaqtidagi tezlik, tezlanish va siljish qiymatlarini aniqlab olishimiz mumkin bo‘ladi. Quyida seysmik ta’sirning eng yuqori qiymatga erishgandagi tezlanishlar natijalari keltirib o‘tilgan (14-rasm).




*a)* Grunt *b)* Grunt-inshoot

**14-rasm. Statik yuklar ta’siridan Z o’qi bo’yicha zo‘riqishlarning 2D modellari.**
**Fig. 14. 2D models of Z-axis stresses from static loads.**




**15-rasm. Tabiiy grunt sharoitidagi va grunt-inshoot holatidagi tanlangan tugundagi tezlanishlar grafigi.**
**Fig. 15. Acceleration graph at the selected node in natural soil conditions and in the condition of the soil structure.**

Ikkala holat uchun X o‘qi bo‘yicha t = 2,8 c vaqdagi olingan koordinatalari x = 48, y = 22,5 z = 0 tugundagi maksimal tezlanishlar farqini ko‘rib chiqilgan. Tabiiy holatda berilgan seysmik ta’sir natijasida erishilgan eng katta tezlanish $a_{x1}$ = 206,8 sm/s$^2$ ni tashkil qilsa, bino-inshoot holatda eng yuqori tezlanish $a_{x2}$ = 148,5 sm/s$^2$ qiymatga erishgan. Demak tezlanishlar farqi $\triangle a_x$ = 58,3 sm/s$^2$ kamaygan.

Tabiiy grunt massivida va grunt-inshoot tizimida gruntlardagi o‘zgarishlar ya’ni nafaqat tezlanishlarda, balki statik yuklar ta’sirida deformatsiyalar va Z o‘qi bo‘yicha siljishlardaham kuzatiladi.

## XULOSA

O‘tkazilgan instrumental seysmometrik tadqiqotlar asosida HVSR – kuchaytirish koeffitsiyenti qiymati 0,68 ga, dominant chastota qiymati 0,93 ga, zaiflik indeksi 8,3 va seymik jaddalik orttirmasi esa 0,23 ga kamaygani aniqlandi.

Ushbu maqsadda grunt-inshoot va erkin yuza tizimlarida qayd qilingan tezlik qiymatlari asosida tezlanish va siljish qiymatlari aniqlanib, har bir elementning vektor qiymatlari hisoblandi. Bunga ko‘ra tezlik amplitudalari vektori $v_x$ = 4,83 $\mu m/s$ ga, tezlanish vektori $a_x$ = 408,7 $\mu m/s^2$ qiymatga va siljish vektori esa $u_x$ = 129,7 *nm* ga kamaygan. Dinver moduli orqali seysmik tebranishlarning o‘tish tezliklari aniqlandi va o‘zaro solishtirildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, grunt-inshoot tizimida Vs va Vp qiymatlari erkin yuzaga nisbatan sezilarli farq qilgan. Ko‘ndalang to‘lqinlar tarqalish tezliklari bo‘yicha farq ΔVs30 = 104 m/s ni, bo‘ylama to‘lqinlar tarqalish tezliklari bo‘yicha esa ΔVp30 = 407 m/s ni tashkil qilgan. Qurilish maydonlarining seysmiklik holati tabiiy holatdagi gruntlar uchun va bino-inshootlarni ekspluatatsiya qilish davrida seysmik holatning o‘zgarish xususiyatlari quyidagi omillarga bog‘liq ekanligi aniqlandi. Binolarni ekspluatatsiya qilish davrida, binolardan tushayotgan statik yuk ta’sirida zamin gruntlarning fizik-mexanik va seysmik xossalari faol zichlanuvchi qatlam qalinligi bo‘yicha o‘z xossalarini o‘zgartirgan (bu yerda muhandislik tayyorlanganlik qatlam qalinligining parametrlari ham hisobga olingan). Ko‘rilayotgan tadqiqot ishida binodan grunt massiviga 50 000 t. yuk statik ravishda ta’sir qiladi. Bu esa gruntlarning mustahkamlik xossalarini deyarli 26,8% gacha ortishiga olib kelgan. Binodan tushayotgan yuk natijasida birinchi muhandis geologik elementlarda (Birinchi va ikkinchi muhandis geologik elementlarda-qatlam qalinligi 13,1 m va 20, 2 m ni tashkil qiladi) cho‘kish yuqoridan pastga tomon 1 sm < h < 5,6 sm oraliqda o‘zgargan. Bino poydevori ostida bu ko‘rsatkichning maksimal qiymati 5,6 sm ga yetgan. Bizga ma’lumki seysmik ta’sirning kuchiga qarab grunt-inshoot tizimida jarayonlarning ustunlik qilishi turlicha bo‘ladi. Masalan kuchsiz seysmik ta’sir vaqtida grunt-inshoot tizimida inertial jarayon ustunlik qiladi. Agarda seysmik ta’sir kuchli bo‘lganda grunt-inshoot tizimida kinematik jarayon ustunlik qiladi. Biz seysmik ta’sir sifatida dasturga kiritilgan sintetik akselerogrammaning maksimal tezlanishi a = 343,06 sm/s$^2$ ni tashkil qiladi. Demak ushbu tadqiqot ishida grunt-inshoot tizimida kinematik jarayon ustunlik qilgan.

**Adabiyotlar**


1. *Gomez-Masso A., Lysmer J., Chen J., Seed H.B.* Soil-structure interaction with Rayleigh waves // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. - 1983. - № 11. - P. 567-583.
2. *Исмаилов В.А.* Научные методические основы количественной оценки сейсмического риска точечных объектов // Проблемы сейсмологии. - 2019. - № 2. - С. 54-64.
3. *Ismailov V., Oripov N., Yanbukhtin I., Bozorov J.* Evaluation of resonance risk and strength of a high-rise building using the microtremor method // Мат-лы Междунар. конф. Механика, сейсмостойкость, машиностроение. «Обеспечение сейсмической безопасности сейсмостойкости зданий и сооружений, прикладные задачи механики». I том. - Т., 2024. - С. 205-211.
4. *Ismailov V.A., Yuldashev Sh.S., Bozorov J.Sh., Boytemirov M.B.* Qurilish maydonlarida grunt to‘shamasidan oldingi va keyingi modellari uchun ChEU yordamida tezlanish, tezlik va ko‘chish qiymatlari o‘zgarishini baholash // Me’morshilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal). - 2023. - № 3. - S. 155-159.
5. *Ismailov V.A., Bozorov J.Sh., Boytemirov M.B., Yadigarov E.M., Aktamov B.U.* Muhandislik tayyorgarlikdan oldingi va keyingi holatda gruntlarda seysmik to‘lqinlar xususiyatlari o‘zgarishini Plaxis 3D dasturi yordamida baholash // Me’morshilik va qurilish muammolari (ilmiy-texnik jurnal). - 2023. - № 3. - S. 163-167.
6. *Ismailov V.A., Yuldashev Sh.S., Bozorov J.Sh., Yuldashev F.Sh.* Plaxis 3D dasturi yordamida lyoss gruntlari tarqalgan qurilish maydonlarida temirbetonli qoziqlarni qoqish orqali seysmik ta’sir va seysmik effekt o‘zgarishini baholash // Arxitektura, qurilish va dizayn (ilmiy amaliy jurnall). - 2023. - № 3. - S. 315-321.
7. *Bozorov J.Sh., Oripov N.K., Yadigarov E.M., Xusomiddinov A.S.* Assessment of seismic impact change through engineeringtechnical reinforcement of loess soils // Мат-лы Междунар. конф. Механика, сейсмостойкость, машиностроение. «Обеспечение сейсмической безопасности сейсмостойкости зданий и сооружений, прикладные задачи механики». I том. Т., 2024. - С. 168-176.
8. *Raxmatov A., Bozorov J.* Evaluation of synthetic accelerograms created using various technologies based on soil models // International Journal of Geology, Earth & Environmental Sciences. - 2024. - Vol. 14. - P. 62-70.
9. *Raxmatov A.* Jizzax shaxri uchun umumlashgan spektr asosida sintetik akselerogramma yaratish // Geologiya va mineral resurslar. - 2024. - № 4. - 39-42 b.


**Изменение сейсмических воздействий на здания со свайными фундаментами**

**Н.К. Орипов, Ж.Ш. Бозоров**

**Аннотация.** Рассматриваются инструментальные сейсмометрические полевые исследования на свободной поверхности и свайном фундаменте здания для оценки сейсмичности строительных площадок.

На основе полученных результатов строились спектры HVSR и сравнивались для обоих случаев. Элементы сейсмических колебаний рассчитаны как векторы скорости, ускорения и смещения. В исследовательской работе сравнивались скорости распространения поперечных и продольных волн на свободной поверхности и в системе грунт-конструкция через модуль Dinver. Также была использована программа Plaxis 3D при решении задачи с теоретической стороны, т. е. при вычислении методом конечных элементов. Сейсмичность строительной площадки оценивалась для естественных грунтовых условий и с учетом изменения параметров грунтового массива при эксплуатации здания. Проведены исследования на основе собственных параметров грунтов и показателей, изменяемых в результате напряжений в грунтах за счет весовой нагрузки, падающей со здания.

**Ключевые слова:** HVSR, система грунт-сооружение, статическая нагрузка, Plaxis 3D, сейсмичность строительных площадок, землетрясение.

**Changing seismic effects on a building with pile foundations**

**N.K. Oripov, J.Sh. Bozorov**

**Abstarct.** The article discusses instrumental seismometric field studies on the free surface and pile foundation of a building to assess the seismicity of construction sites. Based on the results obtained, the HVSR spectra were constructed and compared for both cases. In addition, the elements of seismic vibrations were calculated as vectors of velocity, acceleration and displacement. In the research work, the propagation velocities of transverse and longitudinal waves on a free surface and in the soil-structure system through the Dinver module were compared. Also in the research work, the Plaxis 3D program was used to solve the problem from the theoretical side, that is, when calculating by the finite element method. The seismicity of the construction site was assessed for natural ground conditions and taking into account changes in the parameters of the soil mass during the operation of the building. That is, studies were conducted based on the soil's own parameters and indicators that change as a result of stresses in the soil due to the weight load falling from the building.

**Key words:** HVSR, soil-structure system, static load, Plaxis 3D, seismicity of construction sites, earthquake.

# SEYSMIK XAVFSIZLIK

## СИМУЛЯЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**С.З. Мирзаев[1], В.А. Исмаилов[1], Б.А. Тулаганов[2], Ш.И. Ёдгоров[1], А.Н. Пайзуллаев[1]**

*[1]Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан*
*[2]Ташкентский архитектурно-строительный университет*

**Аннотация.** Сейсмическая безопасность является важной проблемой для Узбекистана, особенно для его столицы Ташкента, который расположен в зоне высокой сейсмической активности. Землетрясения могут привести к значительным экономическим и социальным потерям, что делает необходимым разработку эффективных методов оценки рисков и их минимизации. В статье представлен новый мегапроект, направленный на создание научно обоснованной модели для оценки экономического ущерба от землетрясений. Модель включает инженерно-сейсмологические условия, типы строительных конструкций и их сейсмическую уязвимость, что позволяет всесторонне оценить сейсмостойкость города.

Сейсмическая безопасность является важной проблемой для Узбекистана, особенно для его столицы Ташкента, который находится в зоне высокой сейсмической активности, поскольку землетрясения могут привести к значительным экономическим и социальным потерям. Ташкент пережил несколько значительных сейсмических событий: землетрясения магнитудой (M) 6,5, 6,7 и 5,3, 4,6, 5,2, зарегистрированные в 1868, 1886, 1924, 1929 и 1966 годах, а также Назарбекское землетрясение в 1980 г. (M = 5,3) и заметное событие в 2008 г. (M = 4,8). Из-за постоянного движения тектонического разлома Каржантау, который пересекает территорию Ташкента в юго-западном направлении, происходят сильные землетрясения. Неизбежные сильные землетрясения с магнитудой M = 5,0 и более, а также интенсивностью 7, 8 и 9 баллов по шкале MSK-64, вызовут экономический ущерб для города.

Согласно данным Агентства по статистике, по состоянию на 1 января 2023 г. в Ташкенте проживает 981331 семья (2 978 200 человек) в 11258 многоквартирных домах и 196700 частных домовладениях. Эти числа увеличиваются с каждым годом. Недавние сильные землетрясения в зарубежных странах (землетрясения с M = 7,8 и M = 7,6 в Турции 6 февраля), а также различные потери, вызванные тектоническими сдвигами земных плит, ускоряют работу по обеспечению сейсмической безопасности в Узбекистане. Быстрое развитие экономики, демографический рост и расширение промышленного и гражданского строительства увеличивают сейсмический потенциал региона. Широкое использование современных симуляционных моделей для выявления убытков служит комплексным подходом к решению задач по защите населения и территорий от сейсмических рисков.

Исследования, связанные с симуляционными моделями сильных землетрясений, оценкой сейсмических рисков и прогнозированием, активно проводятся ведущими экспертами по всему миру. В США, Японии и Западной Европе на протяжении многих лет разрабатывались различные технологии моделирования землетрясений различных магнитуд и масштабов. Анализ существующих подходов показывает, что все они основываются на использовании больших многомерных баз данных и вероятностных карт сейсмической опасности. Особое внимание уделяется влиянию местных геологических условий, которые играют ключевую роль не только в оценке сейсмических рисков, но и в определении уязвимости инфраструктуры, зданий и сооружений. Исследования включают изучение разломов Земли, эрозии почвы, оползней, увлажнения и проседания грунта. Оцениваются повреждения и слабые места различных типов конструкций, количество и плотность населения, а также потери при различных сценариях землетрясений. Создаются оцифрованные модели с использованием географических информационных систем (ГИС) для выявления социально-экономических данных и других факторов, участвующих в оценке рисков.

Термин «симуляционная модель» трактуется по-разному в научно-технической литературе. Симуляционная модель представляет модель реального явления или процесса, созданную с использованием цифровых технологий, что позволяет проводить симуляционные эксперименты для получения новых знаний об изучаемом объекте. Эти модели используются для компьютерных экспериментов при проектировании, анализе и оценке поведения объекта. Существует несколько типов симуляционных моделей [1-3].

• Дискретно-событийное моделирование: предложено Джеффри Гордоном в 1960-х годах, этот подход учитывает только ключевые события моделируемой системы и идеально подходит для моделирования производственных процессов.

• Системная динамика: разработана Джейем Форрестером в 1950 г., эта парадигма включает построение графических диаграмм причинно-следственных связей во времени и глобального влияния одних параметров на другие, что помогает понять непрерывные причинно-следственные связи между объектами и событиями. Этот тип моделирования используется для создания моделей бизнес-процессов, городского развития, динамики населения, экологии и эпидемий.

• Агентное моделирование: относительно новое направление (1990-2000-е годы), используется для изучения децентрализованных систем, где глобальные правила и законы являются результатом индивидуальных действий участников группы. Агентные модели помогают понять общее поведение системы и взаимодействие ее активных объектов.

Рассмотрим несколько примеров успешных исследований, где используются симуляционные модели для оценки экономического ущерба от землетрясений:

• HAZUS: модель, разработанная Федеральным агентством по чрезвычайным ситуациям (FEMA) США. HAZUS используется для оценки потенциальных потерь от различных природных и техногенных катастроф, включая землетрясения. Модель учитывает данные о зданиях, инфраструктуре и населении для прогнозирования экономического ущерба.

• CAPRA: система моделирования рисков, разработанная в Латинской Америке при поддержке Всемирного банка. Она позволяет оценивать риски и потенциальные потери от землетрясений и других природных катастроф с использованием вероятностных методов.

• OpenQuake: проект, управляемый Global Earthquake Model (GEM), предоставляющий инструменты для оценки сейсмических рисков и потерь. Платформа включает набор моделей и данных, которые можно использовать для оценки экономического ущерба от землетрясений на разных уровнях – от местного до глобального.

• RADIUS: инициатива, направленная на разработку инструментов для оценки рисков и потерь в городских районах. Проект поддерживается ООН и включает методы оценки ущерба от землетрясений.

Эти проекты демонстрируют разнообразие подходов и методов, используемых для моделирования и оценки экономических последствий землетрясений. Каждому из этих проектов присущи свои сильные и слабые стороны, а выбор конкретной модели зависит от условий и потребностей региона или организации, которые будут ее использовать.

1. **HAZUS**

- **Преимущества**:
  - широкое применение в США для планирования и управления в чрезвычайных ситуациях;
  - многофункциональность: оценивает не только последствия землетрясений, но и других катастроф, таких как наводнения и ураганы;
  - наличие данных: поддерживается большим количеством данных о зданиях, инфраструктуре и населении.
- **Недостатки**:
  - ограниченная географическая применимость: в основном используется в США, что делает модель менее пригодной для других стран без адаптации;
  - сложность в использовании: требует значительных знаний и навыков для правильной настройки и применения.

2. **CAPRA**

- **Преимущества**:
  - международная поддержка: разработана при поддержке Всемирного банка и используется в Латинской Америке;
  - вероятностный подход: учитывает вероятностные оценки, что повышает точность прогнозов.
- **Недостатки**:
  - требует большого объема данных: эффективность модели зависит от наличия качественных данных;
  - сложная реализация: модель может быть трудной для внедрения в странах с ограниченными ресурсами и данными.
  -

3. **OpenQuake**
   - **Преимущества**:
     - открытый доступ: бесплатная платформа с открытым исходным кодом;
     - масштабируемость: применима для оценки рисков на местном и глобальном уровнях;
     - активное сообщество: поддерживается сообществом ученых и экспертов.
   - **Недостатки**:
     - требует технических навыков: пользователям необходимо владеть навыками работы с программным обеспечением и данными;
     - зависимость от ввода данных: качество результатов зависит от качества и точности вводимых данных.
     -
4. **RADIUS**
   - **Преимущества**:
     - фокус на урбанизации: специально разработана для оценки рисков в городских районах;
     - поддержка ООН: пользуется поддержкой и признанием на международном уровне.
   - **Недостатки**:
     - ограниченная функциональность: сосредоточена только на городских территориях, что может быть недостатком для оценки рисков в сельских или пригородных зонах;
     - требует локализации: эффективное использование требует адаптации к специфическим условиям каждого города.

Город Ташкент расположен в восточной части Республики Узбекистан. Структурно город находится в переходной зоне между эпиплатформенным орогеном Тянь-Шаня и Туркестанской плитой. Сейсмическая активность района непосредственно связана с тектоникой региона и проявляется вдоль сейсмогенных разломов, которые были реактивированы на современном этапе геологического развития. Местные проявления сейсмической активности обусловлены современной геодинамической активностью структуры Каржантау. Система разломов Каржантау простирается от западных отрогов Чаткальского хребта в юго-западном направлении, переходя в Ташкентскую зонально-разломную флексуру вблизи Ташкента. Эта зона является переходной между Полторацко-Сырдарьинской антиклинальной и Чирчикско-Голодностепской синклинальными зонами. В настоящее время эти структуры испытывают дифференциальные движения в противоположных направлениях. Районы, расположенные к северо-западу от Ташкентской зонально-разломной флексуры, поднимаются, тогда как зоны, расположенные к юго-востоку, опускаются. Ташкент находится в пределах Пскем-Ташкентской сейсмогенной зоны с северо-восточным направлением. К востоку от Ташкента система разломов Нуреката, также с северо-восточным направлением, выявлена на основе сейсмотектонических данных. Значительные сейсмические воздействия в Ташкенте также происходят в результате сильных землетрясений в пределах Северо-Ангренского и Южно-Ангренского разломов с северо-восточным направлением, объединенных Р.Н.Ибрагимовым в Ангренскую сейсмогенную зону, а также сейсмических событий, происходящих в Северо-Ферганской и Южно-Ферганской сейсмически активных зонах и в районе Чаткальского хребта [4].

Наиболее значительные сейсмические воздействия среди указанных землетрясений были зафиксированы в следующих сейсмических событиях: исторические землетрясения 1868 и 1886 годов с магнитудами M = 6,5 и M = 6,7, которые произошли на расстояниях 30 и 19 км от города соответственно; Чаткальское землетрясение 1946 г. с магнитудой M = 7,6, произошедшее на расстоянии примерно 200 км от города; Ташкентское землетрясение 1966 г. с магнитудой M = 5,2, которое произошло прямо в центре города; Таваксайское землетрясение 1977 г. с магнитудой M = 5,3, примерно в 45 км от города; Назарбекское землетрясение 1980 г. с магнитудой M = 5,3, произошедшее на расстоянии 15-20 км от Ташкентской сейсмостанции. Землетрясение в Алтын-Тюбе в 1987 г. с магнитудой M = 5,1 произошло на расстоянии около 70-80 км от города. Землетрясения несколько меньшей интенсивности, происходящие в пределах Ангренской сейсмогенной зоны, также вызывают толчки в Ташкенте. Во время землетрясения в Туябугузе 25 мая 2013 г. с магнитудой M = 5,6, которое произошло на расстоянии около 55 км от города, сейсмическое воздействие на строительной площадке оценено в 5-6 баллов по шкале MSK-64.

Сильные землетрясения, как наиболее разрушительные природные катастрофы, могут за несколько секунд привести к значительным человеческим жертвам и экономическим потерям. Недавние землетрясения в Турции и Сирии служат яркими примерами. На сегодняшний день не существует технологий, которые могли бы точно предсказать время возникновения сильных землетрясений. Однако их последствия можно смягчить за счет повышения сейсмостойкости зданий и сооружений, обучения населения правильным действиям во время землетрясений и внедрения других мер.

Цель проекта – создание научно обоснованной симуляционной модели для оценки экономического ущерба от землетрясений, которые могут произойти в Ташкенте. Проект организован в пяти исследовательских группах, каждая из которых занимается определенной темой: анализ сейсмической опасности, влияние на здания, сейсмостойкость сооружений, моделирование землетрясений и анализ результатов [5-12].

### *Основные задачи проекта*

• *Анализ сейсмической опасности территории:* определение сейсмотектонического состояния региона (геологические структуры, анализ глубоких тектонических разломов, идентификация сейсмогенных зон и их сейсмический потенциал). Оценить сейсмический риск территории (построить логическое дерево, оценить сейсмический риск с использованием вероятностных и детерминированных методов, определить параметры максимально возможного землетрясения для проектирования).

• *Анализ сейсмического воздействия на здания и сооружения:* изучение сейсмических характеристик слоев грунта, свойства распространения сейсмических волн, коэффициенты усиления сейсмической интенсивности, резонансные свойства грунта, проведение анализа ликвации и несущей способности грунта. Смоделирование реакции слоев грунта на сейсмическое воздействие.

• *Анализ сейсмостойкости существующих зданий и сооружений:* определение типа, высоты, контуры, двухмерные модели и расположение зданий, изучить движения системы «грунт-здание» во время сильных землетрясений. Проведение визуального осмотра, определение коэффициентов повреждений и уязвимости зданий, оценка индивидуальных вибраций (табл. 1).

• *Разработка модели сильного землетрясения:* смоделирование движения тектонических разломов, формирование землетрясения, выделение энергии из тектонических плит и миграции очагов землетрясений. Смоделировать распространение сейсмических волн, включая поперечные, продольные и поверхностные волны.

• *Анализ результатов на основе симуляционной модели:* создание уравнения для оценки вибраций грунта и зданий при землетрясениях разной магнитуды и их затухания с расстоянием. Оценить характеристики движения грунта и построить синтетические акселерограммы для каждой точки территории. Оценить сейсмическую уязвимость зданий и сооружений, создать и интегрировать функции уязвимости для различных типов строительных конструкций в базу данных.

Проект направлен на решение ключевых задач обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий, требующих детального изучения с помощью симуляционной модели сильных землетрясений.

*Таблица 1*

**Методы экспресс-оценки сейсмической устойчивости железобетонных зданий** [13-18]

| | **Stage Assessment AURAP** | **Methods DURTES** | **P25** | **HASSAN & SOZEN** | **METU** | **FEMA-154** | **Данный проект** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Количество этажей | + | + | + | + | + | + | + |
| Сечения колонн/срезных стен | + | + | + | + | - | - | + |
| Чистая высота колонн | - | - | + | - | - | - | + |
| Расположение колонн | - | - | - | - | - | - | - |
| Высота этажей | + | + | + | - | - | - | + |
| Площадь плана | + | + | + | + | - | - | + |
| Прочность бетона на сжатие | + | + | + | - | - | - | - |
| Класс арматуры | + | + | - | - | - | - | - |
| Коэффициент продольной арматуры | - | - | - | - | - | - | - |
| Шаг и диаметр поперечной арматуры | + | + | + | - | - | - | + |
| Детали поперечной арматуры колонн | - | - | - | - | - | - | + |
| Коррозия | - | - | + | - | - | - | + |
| Зоны усиления | + | + | - | - | - | - | - |
| Неровности | + | + | + | - | + | + | + |
| Сейсмичность | + | + | + | - | + | + | + |
| Класс грунта | + | + | + | - | + | + | + |
| Год постройки | + | + | - | - | - | + | + |
| Тип перекрытий | + | + | - | - | - | - | + |
| Тип фундамента | + | + | + | - | - | - | - |
| Размеры заполненных стен | + | + | + | + | - | - | - |
| Деформационные швы | - | + | - | - | - | - | - |
| Свесы и площадь | + | + | + | - | + | - | - |
| Укрепленная конструкция | + | - | - | - | - | + | + |
| Различные уровни этажей в соседних зданиях | + | + | + | - | + | + | + |
| Проблема угловых колонн | + | - | - | - | - | - | - |
| Назначение здания | + | + | - | - | - | - | + |
| Максимальная длина пролета | + | + | - | - | - | - | - |
| Наличие чертежей | + | + | - | - | - | - | - |
| Подвалы | + | + | - | - | - | - | - |
| Непрерывные рамы | + | + | - | - | - | - | - |
| Разница в высоте на одном этаже | + | - | + | - | - | - | - |
| Ликвация (просадка грунта) | - | - | + | - | - | + | + |
| Короткие колонны | + | + | + | - | + | - | + |
| Визуальное качество | - | - | - | - | + | - | + |
| **Общее количество параметров** | **24** | **24** | **18** | **4** | **8** | **8** | **19** |

В рамках данного мегапроекта будут достигнуты следующие конечные результаты:

1. **Определение очагов сильных землетрясений**. Будут определены координаты, глубина, магнитуда и механизмы движения очагов сильных землетрясений, которые могут произойти в Ташкенте и его окрестностях. С использованием ГИС-технологий будут созданы карты максимального ускорения грунта (PGA), спектры амплитуд колебаний, спектры отклика и изосейсмальные карты с учетом условий грунта (Vs30).

2. **Моделирование колебаний и распространения сейсмических волн**. Будет разработано уравнение для оценки колебаний грунта и зданий при землетрясениях различной магнитуды с учетом затухания колебаний с увеличением расстояния. Будут созданы модели изменения параметров распространения волн на различных расстояниях.

3. **Оценка ущерба и сейсмической уязвимости зданий**. Будет проведена оценка степени повреждения и сейсмической уязвимости зданий при землетрясениях магнитудой 5 и выше. Будут определены функции уязвимости и прямой экономический ущерб для каждого типа конструкций зданий. На основе полученных результатов будет создана база данных.

4. **Научные исследования и практические рекомендации**. Будут рассмотрены научные проблемы и обсуждения, связанные с сейсмической безопасностью, такие как землетрясения и сейсмический риск, сейсмостойкое проектирование и строительство, разработка генеральных планов и влияние на население и инфраструктуру. На основе научно обоснованных выводов будут созданы карты и диаграммы колебаний грунта, а также анимированные видеоролики, демонстрирующие процессы моделирования землетрясений в различных цветах и масштабах.

5. **Оценка ущерба и разработка рекомендаций по его снижению**. Будет определен ущерб, нанесенный населению города при землетрясениях различной магнитуды. Будет проведена оценка ущерба экономическим и социальным объектам, а также инфраструктуре. Будут разработаны рекомендации по снижению и смягчению последствий землетрясений в зонах высокого ущерба.

6. **Создание научно обоснованной симуляционной модели**. Будет разработана симуляционная модель для оценки экономического ущерба от землетрясений магнитудой 5 и выше с учетом инженерно-геологических условий Ташкента и типов конструкций зданий и сооружений.

7. **Создание синтетической акселерограммы**. Для каждой точки Ташкента на основе параметров очага землетрясения будет создана синтетическая акселерограмма.

8. **Оценка сейсмического риска**. Будет проведена оценка сейсмического риска очагов землетрясений, которые с высокой вероятностью могут произойти в Ташкенте.

9. **Программа методов и рекомендаций**. Будет разработана программа методов, рекомендаций и оценок с учетом мирового опыта по определению сейсмической уязвимости зданий и сооружений и уровней их повреждений при воздействии сильных землетрясений.

10. **Определение условий сейсмостойкости зданий и сооружений**. Будут предоставлены результаты по определению условий сейсмостойкости зданий и сооружений, построенных в разные периоды в Ташкенте, при землетрясениях магнитудой 5 и выше. Будет проведена оценка уровней повреждений для каждого типа конструкций зданий, а также созданы образцы паспортов оценки сейсмического состояния.

11. **Тестирование симуляционной модели**. Будут представлены и проанализированы результаты тестирования созданной симуляционной модели.

12. **Создание базы данных по сейсмостойкости**. Будет создана база данных по сейсмостойкости для каждого типа конструкций зданий и сооружений, построенных в Ташкенте, и она будет размещена на платформе ГИС.

Эти результаты будут способствовать повышению сейсмической безопасности Ташкента и позволят разработать эффективные меры по снижению ущерба от землетрясений.

**Первый год:**

**1. Оценка сейсмического риска и разработка карты зонирования**. На основе сейсмологических исследований и анализа недавних землетрясений будет проведена оценка сейсмического риска для различных регионов. Результаты будут использованы для создания детализированной карты зонирования.

**2. Обоснованные выводы.** Ожидаемые научные результаты исследования будут сопоставлены с данными, полученными другими учеными. Методы моделирования сильных землетрясений и разработанные технологии структурной защиты для различных регионов имеют свои особенности и не идентичны. Это связано с различиями в геологической структуре, тектонических условиях, формировании и развитии геодинамических процессов, гидрогеологических и климатических условиях, а также этно-демографическими и социально-экономическими особенностями региона, которые уникальны для каждой территории.

В ходе исследования будут разработаны и адаптированы специфические технологии моделирования землетрясений с учетом местных условий Узбекистана. Это позволит создать уникальную симуляционную модель, которая превосходит существующие аналоги по следующим аспектам:

1. **Точность моделирования**. Модель учитывает специфические инженерно-геологические условия Ташкента, включая местные условия грунта (Vs30), что позволяет более точно предсказывать параметры землетрясений и их влияние на здания и инфраструктуру.
2. **Комплексный подход**. Разработка включает создание уравнений для оценки колебаний грунта и зданий, их затухания с расстоянием, а также моделирование изменений параметров распространения волн на различных дистанциях. Это обеспечивает более полное понимание процессов, происходящих во время землетрясения.
3. **Оценка уязвимости и ущерба**. Модель предоставляет детальную оценку степени повреждений и сейсмической уязвимости зданий при землетрясениях различной магнитуды. Определяются функции уязвимости и прямой экономический ущерб для каждого типа конструкций зданий, что позволяет создавать базы данных для более эффективного планирования снижения рисков.
4. **Применение ГИС-технологий**. Использование географических информационных систем для создания карт пикового ускорения грунта (PGA), спектров амплитуд колебаний и других параметров позволяет визуализировать результаты исследований и делает их доступными для широкого круга пользователей.
5. **Анимированные модели и визуализация**. Разработанные анимированные модели и визуализация процессов землетрясений в различных цветах и масштабах помогают лучше понять и представить возможные сценарии землетрясений, что является важным инструментом для подготовки специалистов.

В результате созданная модель симуляции землетрясений для города Ташкента и его окрестностей обеспечивает более высокую точность предсказаний и позволяет разрабатывать более эффективные меры по снижению сейсмических рисков, превосходя существующие зарубежные аналоги по нескольким ключевым аспектам.

Перспективы дальнейших исследований в области симуляционных моделей для оценки экономического ущерба от землетрясений включают несколько ключевых направлений.

- **Интеграция больших данных и искусственного интеллекта**. Использование методов больших данных и машинного обучения может значительно повысить точность прогнозирования ущерба. Большие объемы данных о землетрясениях, повреждениях зданий и инфраструктуры могут быть использованы для обучения моделей, что позволит более точно предсказывать последствия будущих землетрясений.
- **Разработка новых методов моделирования**. Создание новых симуляционных моделей, которые учитывают не только физические параметры зданий, но и социально-экономические аспекты, такие как плотность населения, уровень готовности к землетрясениям и экономическая активность. Это позволит проводить более комплексную оценку ущерба.
- **Улучшение существующих моделей**. Непрерывное улучшение и валидация существующих моделей, таких как HAZUS и OpenQuake, с использованием новых данных и технологий. Это может включать обновление баз данных и алгоритмов, используемых для оценки ущерба, с учетом последних научных достижений и изменений в инфраструктуре.
- **Междисциплинарные исследования**. Сочетание знаний из различных областей, таких как геофизика, инженерия, экономика и социальные науки, для создания более точных и детализированных моделей ущерба. Это поможет лучше понять сложные взаимодействия между различными факторами, влияющими на ущерб от землетрясений.
- **Адаптация к изменениям климата**. Исследование влияния изменений климата на частоту и интенсивность землетрясений и разработка моделей, учитывающих эти изменения. Это важно для долгосрочного планирования и подготовки к возможным будущим катастрофам.
- **Разработка инструментов быстрого реагирования**. Создание инструментов и систем для быстрой оценки ущерба сразу после землетрясения. Такие системы могут использовать данные сейсмографов и других датчиков для мгновенной оценки ущерба и организации спасательных операций и восстановления.
- **Участие сообщества и обучение**. Вовлечение местных сообществ в процесс оценки рисков и их обучение использованию симуляционных моделей. Это поможет повысить уровень готовности и снизить ущерб в случае землетрясений.

- **Глобальное сотрудничество**. Укрепление международного сотрудничества в исследованиях и обмене данными для улучшения глобальных моделей и методологий оценки ущерба. Это особенно важно для стран, которые не имеют ресурсов и технологий для самостоятельной разработки таких моделей.

Практическое применение результатов нашего исследования по моделированию ущерба от землетрясений охватит несколько ключевых областей:

1. **Градостроительство и строительство**. Результаты исследования помогут градостроителям и архитекторам разрабатывать более устойчивые здания и инфраструктуру. Модели симуляции позволяют прогнозировать, какие типы зданий и в каких районах более уязвимы к землетрясениям, что позволяет принять меры для их укрепления или реконструкции.
2. **Страхование и управление рисками**. Страховые компании могут использовать эти модели для оценки рисков и расчета страховых премий. Более точные прогнозы ущерба позволяют страховщикам лучше оценивать свои обязательства и разрабатывать более адекватные страховые продукты для защиты от землетрясений.
3. **Экстренное реагирование и управление чрезвычайными ситуациями**. Системы быстрого реагирования могут использовать симуляционные модели для оперативной оценки ущерба сразу после землетрясения. Это помогает спасательным службам и государственным учреждениям быстро определить наиболее пострадавшие районы и направить ресурсы в наиболее затронутые регионы.
4. **Политика и регулирование**. Правительства могут использовать результаты исследований для разработки и внедрения более строгих строительных норм и правил, учитывающих сейсмическую активность региона. Это способствует снижению ущерба и повышению безопасности населения.
5. **Образование и информированность**. Результаты исследований могут быть использованы для повышения информированности населения о рисках землетрясений. Образовательные программы, основанные на данных симуляционных моделей, помогут людям лучше подготовиться к землетрясениям и знать, как действовать в случае катастрофы.
6. **Экономическое планирование и развитие**. Результаты симуляционных моделей могут быть использованы для экономического планирования и оценки долгосрочных последствий землетрясений для экономики региона. Это позволит правительствам и бизнесам разрабатывать стратегии восстановления и планы устойчивого развития после катастроф.
7. **Международное сотрудничество и помощь**. Результаты исследований могут быть использованы для разработки международных программ помощи соседним странам, подверженным землетрясениям. Совместные проекты и обмен опытом между странами помогают улучшить глобальные подходы к оценке и снижению ущерба от землетрясений.

Эти области практического применения не только улучшают прогнозирование и оценку ущерба от землетрясений, но и способствуют эффективному управлению рисками, повышая устойчивость и безопасность общества. Проект поддерживается и финансируется Агентством инновационного развития при Министерстве высшего образования, науки и инноваций, а также Фондом поддержки сейсмологии, сейсмостойкости сооружений и сейсмической безопасности при Кабинете Министров Узбекистана.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Banks J., Carson J., Nelson B., Nicol D.* Discrete Event System Simulation (Pearson, 2009).
2. *Lu X., Guan H.* Earthquake Disaster Simulation of Civil Infrastructures. From Tall Buildings to Urban Areas (Science Press and Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017).
3. *Taylor R., Coll Besa M., Forrester J.* Stockholm environment institute working paper No. 2016-12 (2016).
4. *Ahmedzhanov M.A., Borisov O.M., Ibragimov R.N., et al.* Key Structures of the Pratashkent District // “Tashkent Earthquake.” - Tashkent, 1971. - P. 248-258.
5. *Scaini C., Tamaro A., Adilkhan B., Sarzhanov S., Ismailov V., Umaraliev R., Safarov M., Belikov V., Karayev J., Faga E.* Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 24, 929-945, (2024).
6. *Coccia G., Ceresa P., Bussi G., Denaro S., Bazzurro P., Martina M., Fagà E., Avelar C., Ordaz M., Huerta B., Garay O., Raimbekova Z., Abdrakhmatov K., Mirzokhonova S., Ismailov V., Belikov V.* Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/nhess-2023-157, in review, (2023).
7. *Poggi V., Parolai S., Silacheva N., Ischuk A., Abdrakhmatov K., Kobuliev Z., Ismailov V., Ibragimov R., Karayev J., Ceresa P., Bazzurro P.* Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/nhess-2023-131, in review, (2023).
8. *Ismailov V.A., Yodgorov S.I., Khusomiddinov A.S., Yadigarov E.M., Aktamov B.U., Avazov S.* Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss. [preprint], https://doi.org/10.5194/nhess-2023-105, in review, (2023).

9. *Ismailov V. A., Khusomiddinov A. S., Yodgorov Sh.I., Yadigarov E.M., Aktamov B.U., Avazov Sh.B.* News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences, 2, 114-130, (2024).
10. *Ismailov V.A., Yodgorov S.I., Khusomiddinov A.S., Yadigarov E.M., Botirovich A.S., Aktamov B.U.* Geomechanics and Geoengineering, 1-21. https://doi.org/10.1080/17486025.2023.2296975 (2023).
11. *Ismailov V.A., Yodgorov S.I., Allayev S.B., Mamarozikov T.U., Avazov S.B.* Soil Dyn. Earthq. Eng. 152, 107045. https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.107045 (2022).
12. *Ismailov V., Khusomiddinov S., Khusomiddinov A., Yodgorov S., Aktamov B., Avazov S.* Seismic risk assessment of Jizzakh region. In: Proceedings of the 2021 Asia-Pacific Conference on Applied Mathematics and Statistics, Chiangmai, Thailand, p. 030035. https://doi.org/10.1063/5.0089664 (2022).
13. *Kaplan O., Guney Y., Topcu A., Çelikors Y.* Bull. Earthq. Eng. 16 (2), 889-915 (2018).
14. *Temur R.* Istanbul Üniversitesi, Istanbul, 2006 (in Turkish).
15. *Bal I., Gülay F., Gökçe T., Çelik N.* In: 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, Trabzon, Turkey, P. 1-10 (2010).
16. *Hassan A.F., Sozen M.A.* ACI Struct. J. 94 (1), 31-39 (1997).
17. FEMA Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook, Third Edition, FEMA 154, prepared by the Applied Technology Council for the Federal Emergency Management Agency 2015 Washington D.C.
18. *Sucuoğlu H., Yazgan U., Yakut A.* International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol. 56, 102143 (2021).

**Simulation model for assessing the economic impact of strong earthquakes**

**S.Z. Mirzaev, V.A. Ismailov, B.A. Tulaganov, Sh.I. Yodgorov, A.N. Payzullaev**

**Abstract.** Seismic safety is a critical concern for Uzbekistan, particularly for its capital, Tashkent, which lies in a high seismic activity zone. Earthquakes can result in significant economic and social losses, making it essential to develop effective risk assessment and mitigation methods. This paper presents the content of a new megaproject aimed at creating a scientifically grounded simulation model for assessing economic damage from earthquakes. The model incorporates engineering and seismological conditions, structural types of buildings, and their seismic vulnerabilities to enhance the city's seismic resilience.

**Kuchli zilzilalarning iqtisodiy ta'sirini baholash uchun simulyatsion model**

**S.Z. Mirzaev, V.A. Ismailov, B.A. Tulaganov, Sh.I. Yodgorov, A.N. Payzullaev**

**Annotasiya.** Sezismik xavfsizlik O‘zbekiston uchun, ayniqsa, uning yuqori seysmik faoliyat zonasida joylashgan poytaxti Toshkent uchun muhim masala hisoblanadi. Zilzilalar sezilarli iqtisodiy va ijtimoiy yo‘qotishlarga olib kelishi mumkin, shuning uchun xavfni baholash va kamaytirish usullarini ishlab chiqish zarur. Ushbu maqolada zilzilalardan kelib chiqadigan iqtisodiy zararlarni baholash uchun ilmiy asoslangan simulyatsion model yaratishga qaratilgan yangi megaproject mazmuni taqdim etiladi. Model shaharni seysmik barqarorligini oshirishga yordam berishga qaratilgan muhandislik va seysmologik shartlarni, binolarni qurilish turlarini va ularning seysmik zaifliklarini o‘z ichiga oladi.

**УДК 539.3+624.21**

# ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ПО СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

**Д.А. Бекмирзаев, Н.А. Нишонов, М.Ж. Бердибаев, Н.И. Ботабаев**

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева*
*Академии наук Республики Узбекистан*
E-mail: mars.berdibaev@mail.ru

**Аннотация.** Рассмотрена последовательность проведения оценки сейсмостойкости и паспортизации транспортных сооружений на основании электронных технических паспортов. Основные задачи данного исследования заключаются в следующем: во-первых, оценка технического состояния транспортных сооружений находящихся в распоряжении министерств и ведомств на основе результатов диагностики;

во-вторых, включение в платформу информации, полученной по результатам технической диагностики; в-третьих, на основе введенных данных классификация транспортных объектов на типы по сейсмическому статусу; в-четвертых, формирование электронного технического паспорта.

**Ключевые слова:** землетрясение; транспортное сооружение; техническая диагностика, техническое состояние; конструкция; электронный технический паспорт.

**Введение.** Землетрясение происходит в сейсмически опасных районах всегда с определенной вероятностью. Предотвратить его невозможно, но можно снизить опасные последствия землетрясений, применяя антисейсмические мероприятия в зданиях и сооружениях.

По данным международного геофизического справочника, каждый год в сейсмически опасных районах земного шара в среднем возникает около 700 землетрясений с магнитудой не менее 5, около 90 – с магнитудой не менее 6 и свыше 12 – с магнитудой 7 и более.

Сильные землетрясения с магнитудой от 5 до 8,5 приводят к большим разрушениям и человеческим жертвам. За всю историю человечества около 80 млн. человек погибло от землетрясений и их последствий (пожаров, цунами, обвалов и др).

За первую четверть XX в. в период пяти разрушительных землетрясений – в Сан-Франциско и Арецано (1901 г.), Мессине (1908 г.), Кансю (1920 г.) и Токио (1923 г.) погибло около полумиллиона человек. За последующие 25 лет от землетрясений погибало ежегодно в среднем 15 тыс. человек, а материальный ущерб составлял сотни миллионов американских долларов.

К примеру, только Токийское землетрясение 1923 г. в Японии, магнитуда которого 8,2, унесло 143 тыс. человеческих жизней. При этом землетрясении было разрушено 1286261 зданий, 447128 зданий сгорело, 268 зданий смыло морской волной, были зарегистрированы сотни аварий в трубопроводах, разрушены многие мосты и 2270 речных судов. Ущерб, причиненный землетрясением Токио и его окрестностям, составил 3 млрд. долларов в ценах на 1923 г. Землетрясение в Сан-Фернандо 1971 г. (США), магнитуда которого 6,6, нанесло ущерб примерно на 1 млрд. долларов [1-3].

Первый толчок Ташкентского землетрясения произошел в 5 ч 22 мин 26 апреля 1966 г. Интенсивные колебания продолжались 6-7 секунд и сопровождались подземным гулом и световыми вспышками. Очаг находился непосредственно под центром города на глубине всего 8 км, т. е. эпицентр землетрясения, сила которого составила здесь 8 баллов, совпал с городским центром, который и пострадал более всего. Было разрушено большое количество жилых домов, особенно саманных старой постройки. Естественно, первый утренний толчок застал жителей города в постелях, что привело к человеческим жертвам. Разрушены были школы, фабрики, больницы и другие здания. Основной толчок сопровождался афтершоками, которые регистрировались еще 2 года, и их общее количество превысило 1100. Самые сильные (до 7 баллов) отмечались в мае-июле 1966 г., а последний 24 марта 1967 г. [4-5].

В настоящее время в связи с ростом населения и развитием городов строительство автомобильных дорог в городах значительно увеличилось. Мосты являются важной частью дорожных сетей и играют важную роль в снижении транспортной нагрузки. Мосты, а также другие конструкции в сейсмических регионах должны обладать способностью противостоять силам землетрясений.

Мост Нишиномия в Японии – один из самых длинных мостов в мире, его длина составляет 252 м, а высота – 42 м. Цельнометаллический арочный мост был построен в 1993 г. и весит около 8000 тонн. Во время землетрясения 1995 г. в префектуре Хёго (город Кобе) пирс и мосты, построенные возле залива Осака, были сильно повреждены и обрушились. Причиной аварий стали условия местности. Во-первых, фундаменты мостов были построены на гравийно-песчано-глинистых отложениях (аллювиальных отложениях) на глубине менее 10 м, что привело к повышенной вибрации фундамента [6]. Кроме того, на многих участках из-за водонасыщения и уплотнения грунта необратимая деформация опор привела к обрушению промежуточных устройств (рис. 1).

**Рис. 1. Разрушение транспортной эстакады во время землетрясения в Кобе (Япония).**
**Fig. 1. The destruction of a transport overpass during the earthquake in Kobe (Japan).**

Третья линия скоростной автомагистрали Хансин в Кобе была построена в период с 1965 по 1970 г., а пятая линия – в середине 1990-х годов. Пятый ряд более устойчив, чем третий, несмотря на пустые грунтовые условия, – сломан только один пролет. Напротив, в направлении третьего маршрута 637 опор получили средние и тяжелые повреждения, более 1300 промежуточных устройств были повреждены, около 50 промежуточных устройств требовали замены (рис. 2) [6, 7].

**Рис. 2. Повреждение моста в Хигисина во время землетрясения в префектуре Хёго Нанбу (Япония, 1995 г.).**
**Fig. 2. Damage to the bridge in Hygiene during the earthquake in Hyogo Prefecture on the NBU (Japan, 1995).**

Чили находится в одной из самых активных зон субдукции в мире. Фактически за последние 8 лет произошли три крупных землетрясения с моментной магнитудой более Mw = 8,0: в Мауле в 2010 г. (Mw = 8,8), в Икике в 2014 г. (Mw = 8,2) и в Ильяпеле в 2015 г. (Mw = 8,3). В частности, во время землетрясения в Мауле в 2010 г. были сильно повреждены и даже обрушены автодорожные мосты, являющиеся важными сооружениями для транспорта и связи между регионами. Большая часть повреждений и обрушений чилийских мостов наблюдалась в неразрезных многопролетных балочных мостах из предварительно напряженного железобетона, опирающихся на опоры посадочного типа.

После землетрясения в Мауле 2010 г. около 300 мостов были повреждены и некоторые из них даже рухнули (Buckle et al., 2012). Большинство мостов, поврежденных во время землетрясения, – это многопролетные балочные мосты из предварительно напряженного сборного железобетона [8]. Повреждения, наблюдаемые на этих мостах, были вызваны большими смещениями надстройки относительно подземного строения, в результате чего на большом количестве мостов остались остаточные смещения настилов, повреждения шпонов, подшипников и стенок сборных балок (рис. 3).

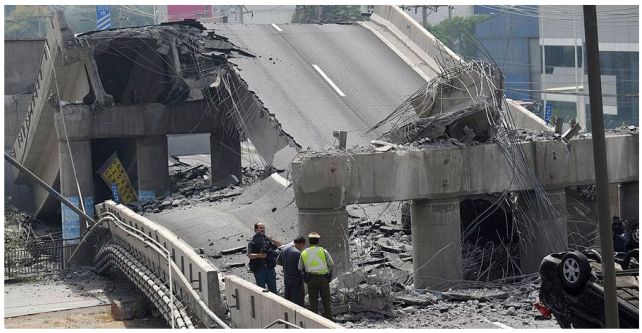


**Рис. 3. Разрушение путепровода при землетрясении в Чили.**

**Fig. 3. The destruction of the overpass in the earthquake in Chile.**

Республика Узбекистан не имеет прямого выхода к морским портам, здесь нет судоходных рек, в то же время на территории страны имеется несколько горных хребтов, препятствующих развитию железнодорожных и трубопроводных транспортных систем. Узбекистан – одна из двух стран мира, которым необходимо пересечь границу двух стран, чтобы выйти на берег моря или океана. Он расположен в центре Средней Азии и имеет самое большое население среди всех стран Центральной Азии. По причинам, указанным выше, важность сети автомобильных дорог (ARN), железных дорог и трубопроводов трудно переоценить. По результатам инвентаризации, на автомобильных дорогах страны на начало 2019 г. насчитывается 14331 мостовых сооружений. Из них 7628 (53,2%) расположены на дорогах общего пользования, а 6703 (46,8%) – на городских дорогах, в селах и внутрихозяйственных дорогах [9-13].

На автомобильных дорогах общего пользования Республики Узбекистан эксплуатируется более 7 тыс. автодорожных мостов (в т. ч. железобетонных и каменных мостов – 93%, металлических – 7%). Износ большинства мостов составляет 40-70%, более 300 автодорожных мостов находится в аварийном и предаварийном состояниях. С учетом мостов на внутрихозяйственных автомобильных дорогах, дорогах и улицах городов и кишлаков их количество достигает более 15 тыс. [14, 15].

Узбекистан расположен в одной из самых активных зон субдукции в Центральной Азии. В связи с этим проектирование, строительство и общая сейсмичность гражданской инфраструктуры постоянно проверяются. Территория Республики Узбекистан разделена на регионы с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов (МСК-64) (рис. 4). Поэтому возможные землетрясения влияют на рабочее состояние систем жизнеобеспечения, в т. ч. мостовые сооружения. Землетрясение вызывает различные опасные прогибы и напряжения в конструкциях транспортных сооружений, и если в процессе эксплуатации в конструкциях мостов возникнут различные повреждения, это снизит их сейсмостойкость. Поэтому в случае землетрясения, обеспечив техническое состояние транспортных объектов, можно предотвратить возможные повреждения, а также заранее оценить риск возможных землетрясений, при этом большое значение имеет разработка мер по их защите [12-18].

**Методы.** Для проведения анализа уязвимости мостов необходима их инвентаризация, которая должна включать информацию, касающуюся характеристик каждого моста. В последние годы большое внимание уделяется научно-техническому обеспечению и контролю напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкций при строительстве и последующей эксплуатации [23, 24].

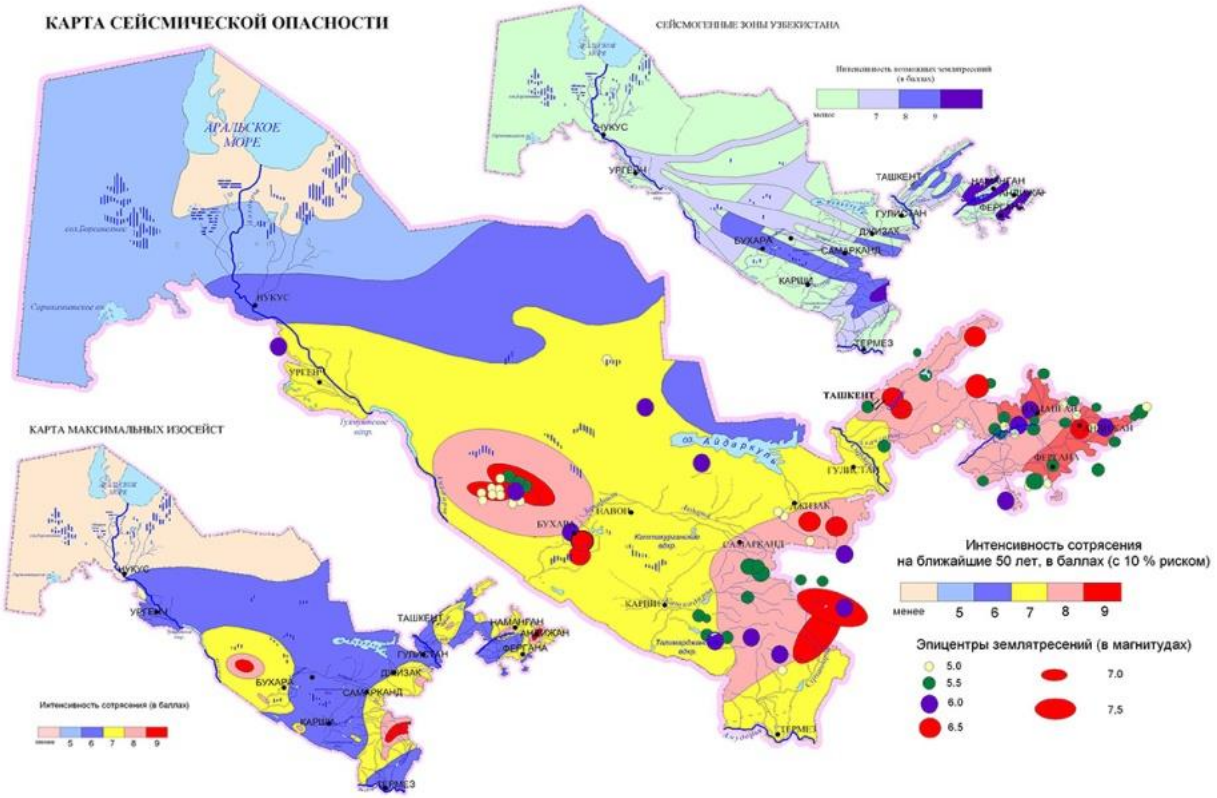



**Рис. 4. Общая карта сейсмической опасности территории Республики Узбекистан [18, 19].**

**Fig. 4. General seismic hazard map of the territory of the Republic of Uzbekistan [18, 19].**

Основные цели данного исследования заключаются в следующем:

• определение необходимости реализации первостепенных мероприятий по учету сейсмического риска, предупреждению социально-экономических потерь, для обеспечения безопасности и повышения качества жизни населения, устойчивого социально-экономического развития;

• создание условий для устойчивого функционирования основных объектов социальной инфраструктуры, систем жизнеобеспечения и транспортных сооружений в Узбекистане;

• достижение приемлемого уровня сейсмической безопасности транспортных сооружений в Узбекистане;

• снижение возможного экономического, социального и экологического ущерба от сейсмических воздействий;

• создание паспортов обследования на сейсмостойкость транспортных сооружений (мосты, путепроводы, эстакады) в Узбекистане;

Для достижения этих целей необходимо выполнить следующие задачи:

• визуальный осмотр и инструментальное обследование транспортных сооружений;

• выявление сейсмически уязвимых сооружений, в отношении которых, в первую очередь, следует разработать мероприятия по снижению их сейсмического риска до приемлемого уровня для дальнейшей эксплуатации;

• выявление наиболее сейсмоопасных сооружений, требующих первоочередного сноса или укрепления;

• разработка рекомендаций по дальнейшей эксплуатации, сейсмическому усилению или сносу транспортного сооружения;

• оценка ожидаемой степени повреждения сооружений в зависимости от их проектных решений, износа и сейсмостойкости при максимальных сейсмических воздействиях;

• оценка экономического и социального ущерба от последствий возможных землетрясений, оценка экономических затрат на сейсмоусиление по степени повреждения конструкций при возможных расчетных землетрясениях;

• подготовка научно-технического отчета [25].

Мониторинг мостовых сооружений – это система наблюдений за состоянием мостовых сооружений, включающая все виды обследования (обмерные, геодезические, инженерные, специальные) и инструментальные измерения.

В результате мониторинга определяется техническое состояние мостового сооружения, устанавливаются причины нарушения его несущей способности, а также определяются пути и сроки решения о реконструкции или ремонте мостового сооружения.

Мониторинг технического состояния транспортных сооружений – это длительный контроль за параметрами, характеризующими напряженно-деформированное состояние мостовых конструкций, для выявления негативных изменений на ранней стадии, как на этапе строительства, так и во время эксплуатации.

Визуальные обследования являются непременным условием выполнения работ по обследованию и испытанию мостов, позволяют фиксировать видимые разрывы отдельных элементов конструкции, различные дефекты поверхностного слоя вследствие влияния коррозионных процессов или механических статических и динамических нагрузок. Особое внимание уделяется осмотру несущих узлов, при необходимости используются увеличительные приборы.

Инструментальные обследования позволяют выявить возможные отклонения отдельных элементов конструкций от заданных первоначальных положений, изменение расстояний между ними и нарушения линейности поверхностей вследствие деформации конструкции. Для инструментальных обследований используются специальные приборы и приспособления, все полученные данные сверяются с первоначальным проектом сооружения. Проверяются все основные несущие элементы и конструкции.

Приёмочные обследования и испытания мостов проводят для всех новых объектов с индивидуальными конструкциями пролётных строений и опор. Перед началом проведения работ разрабатывается программа испытаний моста, учитывающая специфику его реальной работы. Далее по утверждённой Заказчиком Программе испытаний выполняются все необходимые работы. Помимо натурных замеров и испытаний, производится проверочный расчёт по программе испытаний для сравнения натурных показателей с теоретическими значениями.

**Результаты и обсуждение.** Паспортизация транспортных сооружений является первым этапом работы по обеспечению необходимого и экономически обоснованного уровня сейсмической безопасности, действующих объектов строительства, в условиях морального, физического и сейсмического износа сооружений, изменения сейсмической опасности и норм проектирования и строительства в сейсмических районах. Паспортизация транспортных сооружений в сейсмических районах преследует две основные цели: а) сравнительную оценку фактической сейсмостойкости зданий с расчетной сейсмичностью территории (оценка дефицита сейсмостойкости); б) выявление наиболее сейсмоопасных объектов, требующих первоочередного усиления, изменения назначения или сноса здания (сейсмический мониторинг состояния строительного фонда). Важной задачей является также оценка уязвимости транспортных сооружений или вероятной степени их повреждения при сейсмических воздействиях различной интенсивности, что используется при расчете сейсмического риска. Известно, что достоверность расчетов зависит не столько от выбранной модели сейсмического риска, сколько от полноты и достоверности результатов сертификации транспортных сооружений, что является одним из звеньев методической цепочки: сейсмическая опасность – паспортизация – уязвимость – сейсмический риск.

Для разработки электронных технических паспортов транспортных сооружений необходима следующая информация (таблица).

**Информация, необходимая для формирования электронного технического паспорта транспортного сооружения**

| № | I. Общая информация | |
|---|---|---|
| 1 | Дата заполнения электронного технического паспорта транспортного сооружения | |
| 2 | Виды транспортных сооружений | |
| 3 | Год постройки транспортного сооружения | |
| 4 | Организация, сформировавшая электронный технический паспорт транспортного сооружения | |
| 5 | Местоположение транспортного сооружения (область, район или город) | |
| 6 | Категория дороги, на которой расположено транспортное сооружение | |
| 7 | Дорога, по которой расположено транспортное сооружение (км, пк.) | |
| 8 | Шифр транспортного сооружения | |
| 9 | Контактная информация (телефон, электронная почта, сайт и т. д.) | |
| 10 | Координаты геолокация транспортного сооружения (получены из глобальной информационной сети с помощью программы Google Map с использованием мобильной связи) | |
| 11 | Водный бассейн, на котором расположено транспортное сооружение (река, канал, канава, нет) | |
| | **II. Технические параметры транспортных сооружений** | |
| 12 | Типы по функциям, выполняемые транспортным сооружением | |
| 13 | Виды транспортного сооружения по статической схеме | |
| 14 | Типы транспортных сооружений по длине | |
| 15 | Сейсмичность строительной площадки (получена из паспортного документа или карты сейсмического районирования 6, 7, 8, 9, 9*) | |
| 16 | Конструктивное решение пролетного строения транспортного сооружения | |
| 17 | Конструктивное решение опоры транспортного сооружения | |
| 18 | Количество пролетных строений транспортного сооружения | |
| 19 | Длина пролетного строения | |
| 20 | Конструкция опорной части | |
| 21 | Габаритные размеры транспортного сооружения | |
| 22 | Самая высокая точка транспортного сооружения | |
| 23 | Ремонт транспортного сооружения | |
| 24 | Год реконструкции | |
| 25 | Укреплен во время реконструкции | |
| 26 | Техническое состояние транспортного сооружения на день заполнения паспорта | |
| 27 | Техническое состояние основных несущих конструкций транспортного сооружения | |
| 28 | Состояние транспортного сооружения изменилось из-за землетрясений | |
| 29 | Паспортно-диагностические документы транспортного сооружения | |
| 30 | Фотографии общего состояния транспортного сооружения (всего две стороны: фасад, общая двигательная часть) | |
| 31 | Поврежденные участки (повреждения основных несущих конструкций) | |
| 32 | Информация о проведении укрепляющих работ в транспортном сооружении | |
| 33 | Итоговое заключение (I сейсмостойкость – средняя, II сейсмостойкость – удовлетворительная, III сейсмостойкость – неудовлетворительная, требуется инструментально-техническое обследование, IV сейсмостойкость требуются усиления, в предаварийном состоянии, в аварийном состоянии) | |

Информация в таблице получена по результатам технической диагностики. После полного внесения этой информации в платформу транспортный объект разделяется на сейсмостойкий, требующий инструментального технического обследования, и уязвимый.

Информация о транспортных объектах вводится в платформу и распределяется по типам в зависимости от их сейсмического состояния. На рис. 5 показан обзор платформы.

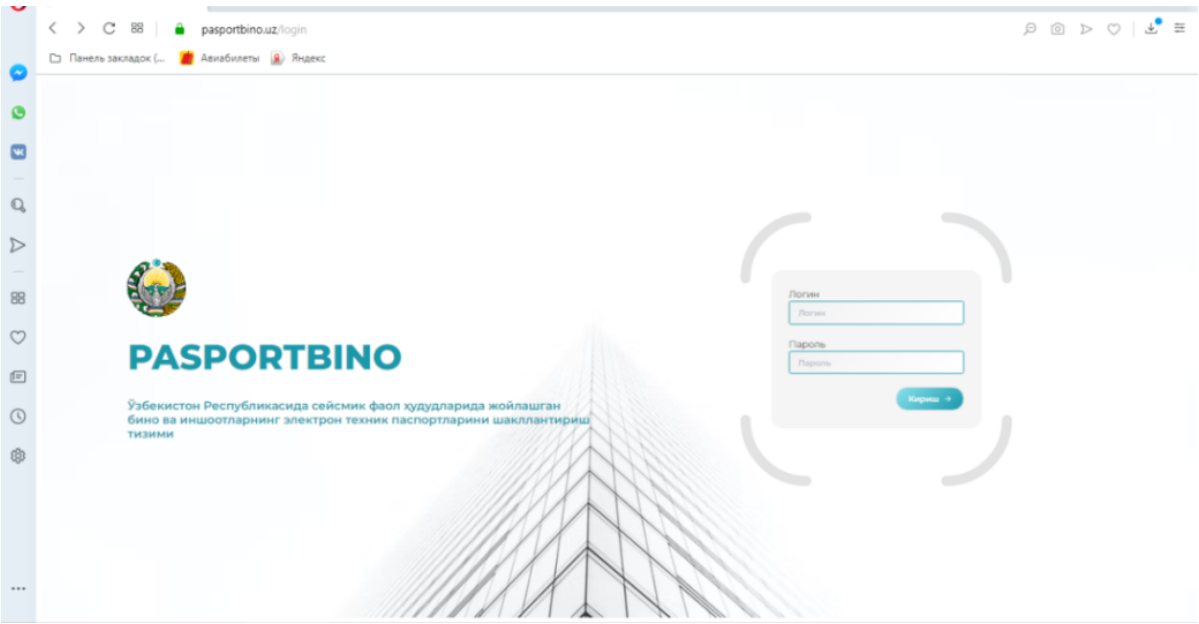



**Рис. 5. Общий вид платформы.**
**Fig. 5. General view of the platform.**

На основе электронных технических паспортов, включенных в платформу, транспортные объекты делятся на типы по сейсмоуязвимости для оценки их технического состояния. То есть они делятся на сейсмостойкие, требующие инструментального технического обследования, и уязвимые транспортные сооружения (рис. 6).

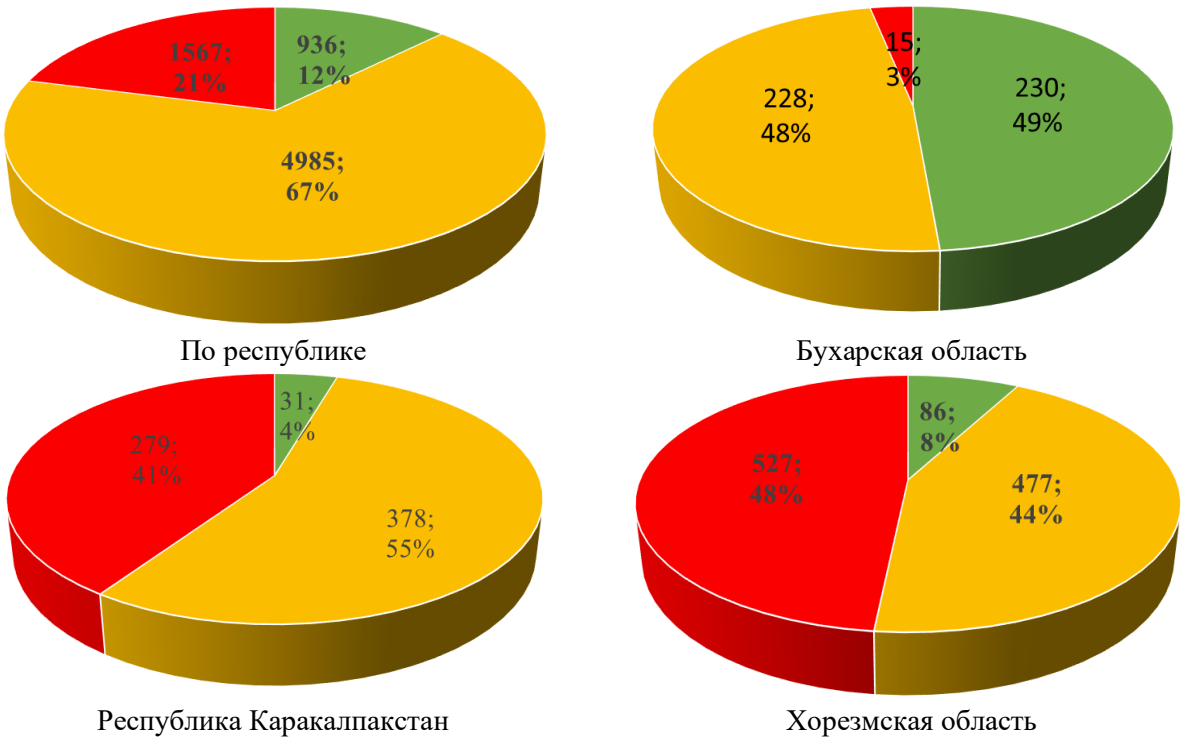



**Рис. 6. Распределение транспортных сооружений по сейсмическому состоянию в разрезе республики и территорий.**
**Fig. 6. Distribution of transport facilities by seismic condition in the context of the republic and territories.**

## Заключение

В статье представлены результаты исследований, которые были проведены для определения сейсмической уязвимости существующих транспортных сооружений в Узбекистане. Данные о мостах и их конструктивных системах собраны посредством диагностических и структурных мониторинговых обследований. Все транспортные объекты республики по сейсмическому состоянию разделены на сейсмостокие, требующие инструментального технического обследования, и уязвимые. На основании полученных результатов сформирован электронный технический паспорт по сейсмостойкости транспортных объектов.

Результаты паспортизации позволили выявить сейсмоопасные транспортные сооружения, назначить первоочередные объекты по их сейсмоусилению или сносу, определить объемы затрат на усиление сейсмоопасных транспортных сооружений и снос ветхих сооружений. По полученным данным паспортизации откорректированы государственные программы в Узбекистане. Старые транспортные сооружения сносятся и вместо них строятся новые сейсмостойкие транспортные сооружения. Составлена классификация строительных сооружениях на основе сейсмической шкалы МСК-64.

На основании результатов паспортизации созданы электронные паспорта обследованных транспортных сооружений с оценкой их сейсмической уязвимости. По итогам паспортизации создана электронная база данных по сейсмической уязвимости транспортных сооружений Узбекистана, что позволит повысить надежность функционирования систем жизнеобеспечения, снизить ущерб, наносимый транспортным сооружениям, и уменьшить потери населения от разрушительных землетрясений.

## ЛИТЕРАТУРА


1. *Апсеметов М.Ч., Мурзакматов Д.К., Женишбеков Э.Э., Шекеев А.О.* Исследование повреждения дорожных сооружений при сильных землетрясениях // Известия ОшТУ. - 2017. - № 3.
2. *Жунусов Т.Ж.* Основы сейсмостойких сооружений. - Алма- Ата, 1990.
3. *Жунусов Т.Ж., Аубакиров А.Т. и др.* Повреждение зданий и сооружений в Джамбуле при землетрясениях 10 мая 1971 года. - Алма-Ата, 1974. - 139 с.
4. Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года / - Т.: Фан, 1971. - 672 с.
5. *Сывороткин В.Л.* Землетрясения // Пространство и время. - 2011. - 2 (4).
6. *Chung R. et al.* The January 17, 1995 Hyogoken-Nanbu (Kobe) Earthquake, NIST Special Publication 901, National Institute of Standards and Technology, July 1996. - 544 p.
7. EERI, Earthquake Engineering Research Institute, The Hyogo-Ken Nanbu Earthquake, January 17, 1995, Preliminary Reconnaissance Report, Feb. 1995. - 116 p.
8. *Ramiro Bazaez and Alberto Vega*. Seismic Assessment of Repaired Bridges in Chile. The 2018 Structures Congress (Structures 18), Songdo Convensia, Incheon, Korea, August 27-31, 2018.
9. *Rashidov T., Baybulatov K., Bekmirzayev D., Takhirov S., Gayibov J., Nishonov N.* Comprehensive Program on Structural Assessment of Bridges in Uzbekistan. Vol. 3542. 2020 (Sendai, Japan: The 17th World Conference on Earthquake Engineering)..
10. *Мардонов Б.М., Байбулатов Х.А., Бердибаев М.Ж.* Расчет балочных автодорожных мостов на сейсмические нагрузки с учетом взаимодействия опор с грунтом // Проблемы механики. - Т., 2021. - № 2. - С. 54-64.
11. *Мардонов Б.М., Нишонов Н.А., Бердибаев М.Ж.* Расчет двухпролетного автодорожного балочного моста на воздействие сейсмической волны // Проблемы механики. - Т., 2021. - № 4. - С. 3-12.
12. *Berdibaev Mars, Mardonov Batir, Nishonov Nematilla.* Calculation of beam road bridges for seismic loads taking into account the interaction of supports with the ground // Cite as: AIP Conference Proceedings 2612, 040017 (2023); https://doi.org/10.1063/5.0113617. Published Online: 15 March 2023.
13. *Berdibaev Mars, Mardonov Batir, Nishonov Nematilla, Baybulatov Khayrilla.* The effect of a seismic wave on a two-span beam on rigid supports interacting with the ground // E3S Web of Conferences 401, 03070 / CONMECHYDRO - 2023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340103070
14. *Байбулатов Х.А., Бердибаев М.Ж.* Влияние коррозии на несущую способность железобетонных мостовых конструкций // Проблемы механики. - Т., 2020. - № 1, 2. - С. 39-44.
15. *Байбулатов Х.А., Бердибаев М.Ж.* Усиление сжатых элементов опор автодорожных

железобетонных мостов // Проблемы архитектуры и строительства (научно-технический журнал). - Самарканд, 2021. - № 2. - С. 133-137.
16. *Erdik M., Rashidov T., Safak E., Turdukulov A.* Assessment of seismic risk in Tashkent, Uzbekistan and Bishkek, Kyrgyz Republic // Soil Dynamics and Earthquake Engineering, August 2005. - P. 473-486.
17. *Ismailov V.A., Yodgorov S.I., Allayev Sh.B., Mamarozikov T.U., Avazov Sh.B.* Seismic microzoning of the Tashkent territory based on calculation methods // Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2022.
18. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Kuchkarov K.I., Mirzaev M.A.* Quantitative assessment of seismic hazard for the territory of Uzbekistan according to the estimated maximum ground oscillation rates and their spectral amplitudes // Geodynamics & Tectonophysics published by the Institute of the earth's crust siberian branch of Russian Academy of sciences. - 2018. - Vol. 9. - Issue 4. - P. 1173-1188.
19. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A., Artikov M.T.* Revealing the seismicity increase in interrelationships in various seismic zones in Uzbekistan as a case study // Geodesy and Geodynamics. - 2015. - Vol. 6. - № 5. - С. 351-360.
20. *Artikov T.U., Ibragimov R.S., Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.* Complex of general seismic zoning maps OSR-2017 of Uzbekistan // Geodesy and Geodynamics. - 2020. - № 11. - С. 273-292.
21. *Ismailov V.A., Yodgorov Sh.I., Mamarozikov T.U.* Seismic risk mapping for Uzbekistan // SSRN Electronic Journal. - 2022.
22. *Kishanov R., Bekmirzaev D., Nishonov N., Rakhmanov U., Ismailova G.* Response of underground polymer pipelines considering viscoelastic interaction under seismic impact. AIP Conference Proceedings 2612, 040032. https://doi.org/10.1063/5.0113061. 15 March 2023.
23. *Shermukhamedov U.Z., Karimova A.B., Zakirov B.S.* Calculation of continuous reinforced concrete bridges and overpasses inseismically hazardous areas. E3S Web of Conf. Vol. 401 // V International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO - 2023). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101078.
24. *Shermukhamedov U., Mirzaev I., Karimova A., Askarova D.* Calculation of the stress-strain state of monolithic bridges on the action of real seismic impacts. E3S Web of Conferences 401, 05080. CONMECHYDRO – 2023. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105080.
25. *Кулбаев Б.Б., Шокбаров Е.М.* Паспортизация зданий и сооружений существующей застройки города Алматы // Наука та будівництво, 29(3). - С. 24-28. https://doi.org/10.33644/2313-6669-14-2021-3.

**Formation of electronic technical passports on seismic resistance of transport structures**

**D.A. Bekmirzaev, N.A. Nishonov, M.Zh. Berdibaev, N.I. Botabaev**

**Abstract.** The article considers the sequence of seismic resistance assessment and certification of transport structures based on electronic technical passports. The main objectives of this study are as follows: firstly, an assessment of the technical condition of transport facilities at the disposal of ministries and departments based on diagnostic results; secondly, the inclusion in the platform of information obtained from the results of technical diagnostics; thirdly, based on the data entered, the classification of transport facilities into types according to seismic status; fourth, the formation of an electronic technical passport.

**Key words:** earthquake; transport facility; technical diagnostics, technical condition; construction; electronic technical data sheet.

**Transport inshootlarining zilzilaga chidamliligi bo ' yicha elektron-texnik pasportlarni shakllantirish**

**D.A. Bekmirzayev, N.A. Nishonov, M.J. Berdibayev, N.I. Botabayev**

**Annotatsiya.** Maqolada zilzilaga chidamliligini baholash va elektron texnik pasportlar asosida transport inshootlarini pasportlashtirish ketma-ketligi ko'rib chiqiladi. Ushbu tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat: birinchidan, diagnostika natijalari asosida vazirlik va idoralar ixtiyorida bo'lgan transport inshootlarining texnik holatini baholash; ikkinchidan, texnik diagnostika natijalari bo'yicha olingan ma'lumotlarni platformaga kiritish; uchinchidan, kiritilgan ma'lumotlar asosida transport ob'ektlarini seysmik holati bo'yicha turlarga tasniflash; to'rtinchidan, elektron texnik pasportni shakllantirish.

**Kalit so'zlar:** zilzila; transport tuzilishi; texnik diagnostika, texnik holat; dizayn; elektron texnik pasport.

**UDK 614.461**

# ZILZILA SHAROITIDA YUZAGA KELADIGAN EPIDEMIOLOGIK FAVQULODDA VAZIYATLARNI OLDINI OLISHDAGI SANITARIYA-EPIDEMIOLOGIK ZARARSIZLANTIRISH TADBIRLARI

**T.J. Turagalov,** *t.f.n., dotsent, Fuqaro muhofazasi instituti kafedra professori*
**E.G‘. Abdug‘opurov,** *Fuqaro muhofazasi instituti 1-bosqich magistri*

**Annotatsiya.** Zilzila sharoitida favqulodda vaziyatlar natijasida aholi o‘rtasida epidemiologik vaziyat rivojlanishi buning oqibatida sanitariya holatning yomonlashuvi kuzatiladi. Bunday sharoitda aholi va hududlarni epidemiologik favqulodda vaziyatlardan muhofazalash tadbirlarini olib borishni tashkil etishni o‘ziga xos hususiyatlari jumladan zararsizlantirish tadbirlari mavjud bo‘lib, maqolada ushbu xususiyatlar, epidemik vaziyatlarda yuzaga keladiganda o‘ziga xos tizimni yaratish, zilzila bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlarda epidemiologik tadbirlarni samaradorligini oshirish bo‘yicha tavsiyalar berilgan.

**Kalit so‘zlar:** favqulodda vaziyat, zilzila, epidemiya, yuqumli kasallik manbasi, bemor inson, virus, bakteriya, zararsizlantirish, sanitariya holat, tashib yuruvchi, epidemiologik ta’minot, epidemik tadbirlar, tibbiy muassasalar.

Mamlakatimizning iqlimiy va geografik joylashuv xususiyatlariga ko‘ra va so‘ngi yillardagi aholining demografik ko‘rsatkichlarining tez suratlarda oshib borayotganligi, shaharlar aholisining ortib borishi ya’ni Andijon, Namangan, Farg‘ona, Samarqand, Qashqadaryo, Surxandaryo, Toshkent viloyatlari markazlari hamda Toshkent shahri aholisining zich joylashuvi, zilzila bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlar yuzaga kelganda ichimlik suvlari hamda oqova suv tarmoqlari tizimlari infrastrukturalaridagi buzilishi, epidemik o‘choqlarning aholi yashash hududida yoki ularga yaqin joylashganligi zilzila sharoitida va uning oqibatlari (tuproq ko‘chishi, suv toshqinlari, sel toshqini va boshqa tabiiy ofatlar) natijasida o‘ta havfli yuqumli kasalliklar qo‘zg‘atuvchilarining faollashuvi yuzaga kelishi, uy hayvonlari, daydi hayvonlar hamda boshqa turdagi jonzotlarning qo‘shilishi yoki ularning jasadlarining o‘z vaqtida zararsizlantirib ko‘mish choralarining ko‘rishdagi muammolarning mavjudligi, yuqumli kasalliklarning tarqalib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik va zararsizlantirish o‘chog‘ini bartaraf etishga qaratilgan qat’iy tartib-qoidalarga rioya etilmaganligi, ichimlik suvining tanqisligi va ifloslanishning o‘ziga xosligi sanitariya talofatlarini yuzaga keltirib chiqaradi.

Shuningdek, epidemiyani paydo bo‘lishi va tarqalish havfini quyidagi omillar kuchaytiradi:

• aholining zichligi, zilzila oqibatlarini bartaraf etish maqsadida evakuatsiya qilinganda aholining bir-birlariga bevosita yaqin bo‘lishi, aholini yuqumli kasalliklar tarqalishi yuzasidan oldindan muhofazalanmaganligi, ichimlik suv ta’minoti, oqova suv tizimi, elektr tarmoqlari, sanitariya-gigiena infrastrukturasi talab darajasida tashkil etilmaganligi yoki umumiy miqdori va qo‘llash jadalligiga mos kelmasligi, aholining ko‘chib yurishi bunda ko‘chirilgan aholi o‘rtasida ham mahalliy aholi o‘rtasida ham infeksiyalarini paydo bo‘lishi;

• zilzila oqibatida sog‘liqni saqlash muassasalari zarar yetishi, ularning ish qobiliyatini yo‘qotganligi, mavjud shifoxonalarning uzoq masofada ekanligi, tibbiy hodimlarning yetishmasligi, aholini profilaktik emlash kalendari doirasida emlash tadbirlarini joylarda xavfsiz tashkil etish va vaksinalarni joriy etilgan talablar asosida saqlash hamda tashish imkoniyatining vaqtincha yomonlashganligi, yuqumli kasalliklarni yashirin davrda o‘tishi yoki zaruriy ta’sir ko‘rsatish uchun tashkiliy choralarning yetarli darajada tashkil etilmasligi;

• zaruriy ta’minot zaxirasi, zilzila oqibatida oziq-ovqat, ichimlik suvi, zaruriy dori-darmon, sanitariya-gigienik va zararsizlantiruvchi vositalari yetishmasligi yoki ularning tarqatishning chegaralanganligi. Bunday salbiy holatlar epidemiologik vaziyatni kengayib, oqibatlarini kuchayishiga olib keladi.

Aholining ko‘chirishning yana bir xavfli omili, zilziladan keyin odamlar orasida yuqumli kasalliklarning paydo bo‘lishi, avj olib borishi va tarqalishi – epidemik vaziyat hisoblanib, har qanday yuqumli kasalliklarning paydo bo‘lishi, avj olib borishi va tarqalishi uchun uchta omil

bo‘lishi shart:
1) kasallik yuqtiradigan manba; 2) kasallikning yuqish va tarqalish yo‘llari; 3) kasallikga beriluvchan (imuniteti pas, kasalliklarga qarshi emlanmagan shaxslar) insonlar bo‘lishi [1].

Yuqoridagi holatlarning ko‘lamining kengayib borishi va talofatlar ko‘rsatkichlarining jaddallashuvi sanitariya-epidemiologik zararsizlantirish tadbirlarining olib borishdagi mavjud muammolar hamda soxa hodimlarining yetishmasligi, shuningdek aholining sanitariya-gigiena talablarining bilmasliklari yoki bilib turib ham rioya etmasliklaridir.

2004-yilda Indoneziya, Shri-Lanka va Hindistonda sodir bo‘lgan sunami, 2005-yilda Pokistonda va 2010-yilda Gaitidagi zilzila kabi ko‘plab yirik falokatlar jiddiy yuqumli kasalliklar bilan birga bo‘lgan. Jumladan:

Ma’lumotlarga qaraganda, Pokistonda sodir bo‘lgan zilzila natijasida 87 mingdan ortiq insonlar vafot etgan, 2,8 million aholi vaqtinchalik yashash hududiga evakuatsiya qilingan. Pokistonning shimolida 2000 insonga mo‘ljallangan lagerda suv taminoti hamda oqova suv tizimi rejalashtirilmaganligi, sanitariya – gigiena talablari judda yomon holatda bo‘lganligi natijasida lagerda diareya, virusli gepatit Ye, qizamiq kabi yuqumli kasalliklar aholi orasida keng tarqalgan. Vaksinatsiya tadbirlari olib borilmagan yoki past ko‘rsatkichli aholi yashash hududlarda yuqumli kasalliklarni tarqalishi yuqori bo‘lgan. 2008-yilda sodir bo‘lgan zilziladan keyin ham viruslar qo‘zg‘atadigan o‘tkir respirator kasalliklar, kelib chiqishi bir-biriga o‘xshash o‘tkir infeksion kasalliklar tarqalishi kuzatilgan. Shuningdek teri – tanosil kasalliklari ham qayd etilgan [2].

Gaitida yuz bergan zilzila oqibatlarini baholash natijalariga qaraganda, zilzila natijasida 250 ming insonlar vafot etgan, 300 mingga yaqin insonlar tan jaroxati olgan. Zilzila hududidan 5 million aholi vaqtinchalik yashash hududiga evakuatsiya qilingan. Zilzila jiddiy zarar keltirib, infrastruktura va umumiy sanitar tizimning kuchsizligi natijasida yuqumli kasalliklarni tarqalishi ushun sharoit yaratishi ortidan epidemiologik favqulodda vaziyatni yuzaga keltirgan. Zilziladan keyin 9 oy o‘tib 2010-yil 20-oktabrda Gaiti tarixida ilk bor kasallikning klinik belgisidan ko‘p ich ketishi va qayt qilish natijasida organizmning keskin suvsizlanishi va hayotiy muhim organlar faoliyatining buzilishi bilan ifodalanadigan og‘ir holatlar bilan kechuvchi, o‘ta xavfli yuqumli kasalliklar guruhiga kiruvchi, aholi orasida qisqa muddat ichida keng tarqalishi, shiddatli o‘tishi va ayrim hollarda og‘ir asoratlarni keltirib chiqarish xususiyatiga ega bo‘lgan Vabo (xolera) o‘tkir yuqumli kasalligi tarqaldi. Buning oqibati butun dunyoda Vabo epidemiyasi tarqalishiga olib keldi. Epidemiya o‘n yillab davom etib, oxirgi holat 2019-yil yanvar oyida tasdiqlangan. Epidemiya vaqtida 820 ming insonlarda Vabo yuqumli kasalligiga tashxis qo‘yilgan, kasallangan insonlarning 10 mingdan ortig‘i vafot etgan.

Gaitida vabo zilziladan bir necha kun o‘tib, bu joyga barqarorlashtirish uchun BMT missiyasiga qo‘shilgan tinchlikparvar kuchlarning yangi kontingenti kirib kelgandan so‘ng aniqlangan. Nepal tinchlikparvar kuchlari o‘z mamlakatidan kelganda kasallikning o‘xshash shtamini olib kelgan. Ko‘pchilik kasallik tarqalishi patogen bo‘lmagan vabo vibrioni Gaiti suvlarida aniqlangan bo‘lib, atrof muxitda patogen shtammga aylanishi uchun qulay sharoit yaratilgan deb tasdiqlaydilar. Ilmiy ma’lumotlar ko‘pchilik holatlarda shuni ko‘rsatadiki, Nepal tinchlikparvarlarining kelishi kasallik tarqalishi boshlanishi bilan bir-biriga bog‘liq deb hisoblaydilar [4].

Yana bir holatda, 2023-yil 6-fevral kuni Turkiya (1, 2-rasmlar) va Suriyada to‘qqiz soatlik interval bilan ikkita katta zilzila sodir bo‘ldi. Ularning epitsentri bir-biriga yaqin joylashgan Gaziantep va Kahramanmarash shaharlari bo‘ldi. Sodir bo‘lgan zilzila 7,7 va 7,6 magnitudali silkinishlar 1939-yildan beri eng kuchli bo‘ldi. Keyin Turkiyaning Sharqiy qismidagi Erzinjon shahri yaqinida 7,8 magnitudali zilzila natijasida qariyb 33 ming kishi halok bo‘ldi [2].

Fojia qurbonlari, 2023-yilning 14-fevral holatiga ko‘ra, 36 mingdan ortiq kishi (Turkiyada 31,9 ming va Suriyada 5 mingga yaqin) bo‘lgan. 80 mingdan ortiq odam zarar ko‘rdi, tabiiy ofat zonasidan boshqa mintaqalarga deyarli 200 ming kishi ko‘chib o‘tdi [3].

Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) Evropa mintaqaviy byurosi direktori Xans Kluge tomonidan 26 millionga yaqin odam gumanitar yordamga muhtoj ekanligini o‘rganilib aniqlanganligi ma’lum bo‘lgan. Turkiyadagi zilzila tabiiy ofat epitsentrida ham, butun dunyoda ham xavfli kasalliklarning tarqalishiga olib kelishi mumkinligini yuqumli kasalliklar bo‘yicha olimlar ma’lumot sifatida takidlab o‘tdilar. Ularning so‘zlariga ko‘ra, suv ta’minoti va sanitariya me’yorlariga rioya qilish bilan bog‘liq muammolar mavjud bo‘lgan infratuzilmasi buzilgan hududlarda oshqozon-ichak kasalliklari, SARS (Og‘ir o‘tkir nafas olish sindromi koronavirusi 2 (inglizcha Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)) faol ravishda tarqaladi va koronavirusning yangi shtammlari paydo bo‘lishi mumkin. Shuningdek, vayron qilingan qoramol qabristonlarining yemirilishi kuydirgi sporalarining tashqariga chiqishiga olib kelaganligi. JSST mutaxassislari zilzila oqibatlaridan biri yangi vabo epidemiyasi bo‘lishi mumkinligi haqida ogohlantirgan edi.

Zilzilalardan keyin darhol emas, balki birozdan keyin paydo bo‘ladigan yana bir jiddiy infektsiya – bu kuydirgi. Chorvachilik qabristonlarining vayron bo‘lishi uning sporalari paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin, bu esa o‘nlab yillar davomida yerda saqlanib qolishi mumkin.

**1-rasm. 2023-yil 6-fevral kuni Turkiyada sodir bo‘lgan zilzila oqibatlari.**
**Fig. 1: Impacts of the earthquake that occurred in Turkey on February 6, 2023**

**2-rasm. 2023-yil 6-fevral kuni Turkiyada sodir bo‘lgan zilzila oqibatlari.**
**Fig. 2. Impacts of the earthquake that occurred in Turkey on February 6, 2023.**

Sog‘liqni saqlash mutaxassislari Turkiya va Suriyadagi zilzilaning ikkinchi darajali oqibatlari xavfi haqida ogohlantirgan. Xavf ostida, birinchi navbatda, fojia markaziga tushgan mintaqalar, ammo infektsiyalar butun dunyoga tarqalishi mumkin. Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti (JSST) mutaxassislarining ta‘kidlashicha, ta’sirlangan hududlarning infratuzilmasini yo'q qilish darajasini hisobga olgan holda, Turkiyaning janubi-sharqida vabo tarqalishining yana bir epitsentri bo‘lishi mumkinligi, ushbu kasallikning avj olishi 18 mamlakatda allaqachon qayd etilgan vaziyatda, JSST vaboning butun dunyo bo‘ylab tarqalishi xavfini “juda yuqori” deb hisoblaydi [4].

Yuqorida ko‘rsatib o‘tilgan zilzila sharoitida yuzaga keladigan epidemiologik favqulodda vaziyatlar ko‘lamining kengayib borishi va talofatlar ko‘rsatkichlarining jaddallashuvi sanitariya-epidemiologik zararsizlantirish tadbirlarining olib borishdagi mavjud muammolar hamda soxa hodimlarining yetishmasligi sabab bo‘lgan. Masalan:

Turkiyada juda ko‘p xavf omillari mavjudligi, zilzila sodir bo‘lgan vaqtda hovo haroratining sovuqligi, yo‘llarning vayron bo‘lganligi, vabodan tashqari, tabiiy ofat sharoitida ham bakterial, ham virusli ichak kasalliklari tarqalalishi.

Tabiiy ofat kanalizatsiya tozalash inshootlarining vayron bo‘lishiga olib keladi, shuning uchun iflos suvni iste’mol qilish bilan bog‘liq infektsiyalar tez-tez uchraydi. Ular epidemiyalarni keltirib chiqaradi.

Zilzila natijasida uy-joyidan mahrum bo‘lgan odamlar maxsus lagerlarga joylashtirilishi, u erda katta olomon, yuqori namlik kuzatiladi bu esa koronavirus infektsiyasining tarqalishiga ham ta’sir qilishi mumkin.

Tahlillardan shuni bilish mumkinki zilziladan jabrlangan aholining lagerlarda, yoki boshqa vaziyatlar natijasida to‘planishlari yuqumli kasalliklarning va shaxslararo kontaktning ko‘payishiga olib kelgan. Shuningdek, shifoxonalarga aholi tomonidan noyuqumli va yuqumli kasalliklar yuzasidan murojatlarning keskin ortishi, hududda infeksiyaning yuqori cho‘qqiga chiqishi ham sog‘liqni saqlash tizimi infratuzilmalariga katta miqdordagi yuklamaning tushishi, sanitariya-epidemiologik zararsizlantirish tadbirlarining olib borishdagi mavjud muammolar va yordam ko‘rsatish miqdori pasayib talofatlar ko‘payishiga olib keladi.

Yuqoridagilardan shuni xulosa qilish mumkinki, zilziladan so‘ng sodir bo‘ladigan epidemiologik favqulodda vaziyatlarni oldini olish, sodir bo‘lganda epidemiologik barqarorlikga erishish uchun quydagi tadbilarni amalga oshirish muxim xisoblanadi, jumladan:

- epidemik tadbirlarni olib borish uchun shtabni umumiy faoliyatini rejalashtirish va oldindan tashkillashtirish;
- hududlarda tashkil etilgan tezkor guruhlarning aloqasining o‘z vaqtida va sifatli kashkil etish;
- bir-biridan ma’lum masofada uzoqlikda bo‘lgan joylarda, birdaniga bir necha joylarda epidemiyaga qarshi kurashish tadbirlarini olib borish, aholi o‘rtasida yuqumli kasalliklar paydo bo‘lishiga yo‘l qo‘ymaslikka qaratilgan rejimli cheklash choralari ko‘rish, favqulodda vaziyatlar ko‘lamiga qarab kuzatish (observatsiya) yiki karantin choralarini ko‘rish;
- prognozlashda tuman, shahar, respublika miqyosida favqulodda vaziyatning, vayronkorlik xarakterini, hududiy joylashuvi va boshqa mavjud omillarni inobatga olgan holda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan epidemik vaziyatni, jabirlanuvchilar sonining eng yuqori miqdorini bashoratlash;
- karantin rejimi hududidan asosiy chiqish joylariga soqchilar qo‘yib, aylanasi bo‘ylab qurshab, falokat o‘chog‘ini batamom ajratish, kirish va chiqish keskin cheklanib, xatto qurollangan maxsus kuchlardan foydalanish oziq-ovqat maxsulotlari bilan ta’minlashning maxsus tizimi joriy etiladi. Bu cheklash choralarining amal qilishi eng so‘ngi kasal inson topilgan vaqtdan boshlab kasallikning inkubatsiya davri davom etish vaqtiga teng muddat o‘tgandan so‘nggina tugatiladi;
- favqulodda vaziyat oqibatlarini bartaraf etishda ishtirok etayotgan tibbiyot muassasalar boshqaruv punkitlari bilan tuzilmalar o‘rtasida aloqalarni yuqori saviyada tashkil etish;
- toza ichimlik suvi bilan ta’minlash, normal sanitariya sharoitlarinin yaratish, shaxsiy gigiena qoidalariga rioya qilish, sanitariya-gigiena vositalari bilan taminlash choralarini ko‘rish va zaxirasini yaratish;

• yuqumli kasalliklar tarqalib ketishiga yo‘l qo‘ymaslik va zararlanish o‘chog‘ini bartaraf etishga qaratilgan qat’iy tartib-qoidalar, epidemiyaga qarshi ma’muriy va sanitariya choralarini ko‘rish;

• o‘ta xavfli infektsiyalarni tuproqdan chiqqandan so‘ng, patogen ham yovvoyi, ham qishloq xo‘jaligi hayvonlari tomonidan faol ravishda tarqatilishi, shuningdek, ot pashshalari va qushlar virusni zararlangan hududdan tashqariga chiqishni oldini olish choralarini ko‘rish;

• zilzila hududida, fuqaro muhofazasi muhandislik-himoya inshoatlariga yoki boshqa joylarga ko‘chirilgan aholini vaqtinchalik joylashrirish hududida dezaktivatsiya, degazatsiya, dizenfeksiya tadbirlarini olib borish;

• bemorlar bilan mashg‘ul bo‘lgan tibbiyot hodimlari va zararsizlantirish tadbirlariga jal etilgan hodimlar hamda ko‘ngillilarni zaruriy ximoya vositslari bilan taminlash choralarini oldindan tashkillashtirish.

## ADABIYOTLAR

1. *Majidov V.M.* “Yuqumli kasalliklar” o‘quv adabiyoti, Ibn Sino nomidagi nashriyot-matbaa birlashmasi. - 1993. - 14 bet.
2. *Raximov S.Sh.* “Kuchli zilzila bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlarning oldini olish muammolari va ularni hal etish yo‘llari” mavzusida Respublika ilmiy-amaliy anjuman materiallari to‘plami. 200 bet.
3. https://daryo.uz/.
4. https://kun.uz/ru/news/.

**Санитарно-эпидемиологические мероприятия по дезинтоксикации при предупреждении эпидемиологических чрезвычайных ситуаций, возникающих в условиях землетрясения**

**Т.Ж. Турагалов, Е.Г. Абдугопуров**

**Аннотация.** Развитие эпидемиологической обстановки среди населения в результате чрезвычайных ситуаций в условиях землетрясений способствует ухудшению санитарного состояния. В статье изложены особенности организации и проведения мероприятий по защите населения и территорий от чрезвычайных эпидемиологических ситуаций, в т. ч. и дезинфекционные мероприятия. Даны рекомендации по созданию конкретной системы при возникновении эпидемиологических ситуаций, повышению эффективности мероприятий при чрезвычайных ситуациях, связанных с землетрясениями.

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, землерясение, эпидемия, источник инфекционного заболевания, пациент–человек, вирус, бактерии, дезинфекция, санитарный статус, перевозчик, эпидемиологическая поддержка, эпидемические события, медицинские учреждения.

**Sanitary and epidemiological measures for detoxification in the prevention of epidemiological emergencies arising in earthquake conditions**

**T.J. Turagalov, E.G‘. Abdug‘opurov**

**Abstract.** The development of the epidemiological situation among the population as a result of emergency situations in earthquake conditions, as a result, deterioration of the sanitary condition. In these conditions, the specifics of organizing measures to protect the population and territories from epidemiological emergencies, including disinfection measures, are set out in the article, these features are given, recommendations are given for creating a specific system in case of epidemic situations, increasing the effectiveness of epidemiological measures in emergency situations related to earthquakes.

**Key words:** emergency, earthquake, epidemic, source of infectious disease, the patient is human, virus, bacteria, disinfection, sanitary status, carrier, epidemiological support, epidemic events, medical institutions.

**УДК 550.343**

# AHOLINI ZILZILA VAQTIDA TO'G'RI HARAKAT QILISHGA TAYYORLASH MASALALARI

**Sh.D. Samandarov**
*FVV fuqaro muxofazasi instituti*

**Annotatsiya.** Maqolada zilzila natijasida yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan vaziyatlar, zilzilaning inson hayotiga va atrof muhitga tahdidi, Yaponiya, Tayvan, Xitoy hamda O‘zbekistonda sodir bo‘lgan ba’zi zilzilalar, ular oqibatida yetkazilgan talofatlar, shuningdek, ushbu davlatlarda aholini zilzilaga tayyorlash va ularning tahlili yoritilgan.

**Kalit so‘zlar**: zilzila, magnituda, favqulodda vaziyat, seysmik, tabiiy ofatlar, tabiiy ofat hududi, tabiiy ofatlarga tayyorgarlik ko‘rish aholini tayyorlash, ta’lim muassasalari.

Zilzila bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlar nafaqat insoniyatga xavf solib qolmay, balki jamiyatga, davlatga, atrof-muhitga va butun borliqqa tahdid soladi. Bu tabiiy ofat joy, vaqt tanlamaydi, bir necha soniya ichida yuzlab, minglab insonlarning qurbon bo‘lishiga va katta hududlarning vayron bo‘lishiga, katta miqdordagi iqtisodiy talofatlarga olib kelishi mumkin. Shuning uchun ham, aholini zilzilaga tayyorlash, zilzila bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlarning yetkazizshi mumkin bo‘lgan talofatlarni imkon qadar kamaytirish va oqibatlarini bartaraf etish tadbirlari nafaqat mutasaddi tashkilotlar, balki butun insoniyatning, davlat hamda dunyo hamjamiyatini qiziqtiradigan, hal qilish zarur bo‘lgan dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolaveradi.

Odatda kuchli zilzilalar odamlarni o‘ldirmaydi, balki odamlar bunday vaziyatlarda to‘hri harakat qilish tartiblarini bilmasliklari, ya’ni ular tomonidan individual qurilgan antiseysmik bino va inshootlar, amalga oshirilgan noto‘g‘ri hatti-harakatlar turli ayanchli fojiyalarga sabab bo‘lishi mumkin. Halokatli va kuchli zilzilalar yuz minglab odamlarning qurbon bo‘lishiga, imorat va inshootlarning vayron bo‘lishiga, yong‘inlar va turli texnogen avariyalarga olib kelishi mumkinligi tarixiy manbalardan ma’lum [3].

Yaponiya seysmik nuqtai nazardan Turkiyadan ham og‘ir ahvolda. Chunki u yerda regional yoriqlar ko‘p va to‘rtta plitaning harakati mavjud.

Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, u yerda sodir bo‘lgan zilzilalar dunyodagi zilzilalarning 20 foizini tashkil qiladi. 2011 yildagi Sinday provinsiyasidagi Fukusima zilzilasi 9 balldan oshiq magnitudada bo‘lgan. Yaponiyada zilzilalar juda ko‘p sodir bo‘lganligi sababli, yapon xalqi zilzilalarga moslashgan, shuning uchun u yerda binolarni mustahkam qurishga e’tibor kuchli, odamlarni zilzilalar va sunamilarga yoshligidan, maktabdan tayyorlashadi. Yaponiyada binolar ostiga elastik fundamentlar qilinadi. Buning natijasida zilzila qisman bo‘lsada so‘nadi. Bino platformada turaveradi, ostki qismi esa qimirlayveradi”.

Yaponiyada qurilayotgan binolarda 800-1000 markali sementlar ishlatiladi.

“O‘sha beton bino qurishdan oldin sinab ko‘riladi. Sinov davrida beton zilziladan kattaroq kuchlanishga bardoshli bo‘lishi talab etiladi.

Shuningdek, yapon xalqi bolalarni maktab davridan zilzilaga tayyorlab boradi, shu sababli bu yerda zilzila qancha ko‘p, qancha kuchli bo‘lmasin, aholining barcha qatlamlarining bunday vaziyatga tayyorgarligi va shahar infratuzilmalarining, barcha turdagi binolarining zilzilaga moslashtirilganligi deyarli talofat ko‘rilmasligiga zamin yaratadi [4].

Tayvan tarixidagi eng kuchli zilzila 1999 yilda sodir bo‘lganligi va unda katta talofat ko‘rganligi ko‘pchilikka ma’lum. 2024 yil 3 aprel tongida Tayvanda yuz bergan yer silkinishi 1945 yil 6 avgustda Qo‘shma Shtatlar tomonidan Yaponiyaning Xirosima shahriga tashlagan “Kichik bola” atom quroliga o‘xshash 32 ta yadroviy bomba portlash kuchiga teng bo‘lgan. Bu zilzila Tayvanda oxirgi 25 yil ichida sodir bo‘lgan eng kuchli zilzila deya qayd etilgan va butun orolni larzaga keltirgan [5].

*Lekin Tayvandagi ushbu* 7,4 *magnitudali kuchli zilzila juda katta vayronagarchilik va qurbonlarga olib kelmadi. Xo‘sh, bunga qanday erishildi*? *degan tabiiy savol tug‘iladi.*

*Bu bejiz emas. Tektonik plitalarning tutashgan joyi yaqinida joylashgan va zilzilalar ko‘p uchraydigan orol ma’muriyati,* 1999 *yildagi zilziladan keyin tabiiy ofat oqibatlariga oldindan puxta tayyorgarlik ko‘rgan edi*.

Tayvanda so‘nggi 25 yildagi 7,4 magnitudali eng kuchli zilzila kamida to‘qqiz kishining hayotiga zomin bo‘ldi va 700 nafardan ortiq kishi jarohat oldi. Ammo bunday kuchli tabiiy ofat uchun vayronagarchiliklar ko‘lami, eng muhimi, insonlar qurbonlari soni nisbatan kam. Nega?

5 mingdan ortiq binolarni vayron qilgan va 2,4 mingdan ortiq odamning o‘limiga sabab bo‘lgan 1999 yildagi zilzila (21 sentyabrda sodir bo‘lgani sababli orolda «Zilzila 921» deb nomlangan) hukumatni avvalo qurilish me’yorlari va tabiiy ofatlarni boshqarish qonunlarini qayta ko‘rib chiqish asnosida bunday tabiiy ofatga oldindan tayyorgarlik ko‘rib borishga majbur qildi.

21 sentyabrda Tayvan bo‘ylab har yili tabiiy ofatlarni boshqarish bo‘yicha mashg‘ulotlar kuni nishonlanadi. Shu kuni fuqarolarning mobil telefonlariga zilzila va sunami kabi ofat haqida ogohlantirish yuboriladi, orol bo‘ylab maktablarda evakuatsiya mashqlari o‘tkaziladi. Shuningdek, qat’iy qurilish qoidalari orolni tabiiy ofatlarga yanada yaxshiroq tayyorlashga zamin yaratadi.

Tayvandagi AQSh elchisi vazifasini bajaruvchi Sandra Oudkirk ijtimoiy tarmoqda Tayvan xalqiga yo‘llagan murojaatida: “Tayvan butun dunyoga tabiiy ofatlarning oldini olish, tabiiy ofatlarni bartaraf etish va gumanitar yordam ko‘rsatishning muvaffaqiyatli modelini namoyish etdi”, deb yozgan bejiz emas.

Rasmiylar 2018 yilgi zilzila oqibatlarini bartaraf etishda tartibli harakat qilishmagani, ammo bundan to‘g‘ri xulosa chiqarishganini aytadi.

2018 yilda 7 kishining hayotiga zomin bo‘lgan 6,4 magnitudali zilziladan so‘ng mahalliy hokimiyat idoralari tabiiy ofat oqibatlarini bartaraf etish va aholiga yordam ko‘rsatish uchun davlat va nodavlat tashkilotlari bilan ishni muvofiqlashtirishni kuchaytirigan.

Bu safar okrug rasmiylari va politsiya, shuningdek, Xualyan shahri markazidagi jabrlangan hududlar aholisini evakuatsiya qilishga yordam bergan boshqa bo‘linmalar birgalikda shikastlangan binolardan birini keyingi yerosti silkinishlarida qulashdan oldin tozalash uchun hamjihatlik bilan ishlashgan.

Odingi zilzilalarda tartib bilan harakat qilinmagan, hamma bir xil ishni pala-partish, betartib ravishda bajarishgan, hech qanday muvofiqlashtirish bo‘lmagan. Bu safar har bir guruhning o‘z vazifalari bo‘lgan, barcha ishlar tartib bilan vaximaga berilmasdan amalga oshirilganligi alohida ta’kidlangan.

Tayvanning tabiiy ofatlarga javob berish tizimlarini shay holatda saqlash uchun yana bir sababi sifatida, orolga doimiy ravishda harbiy va siyosiy bosimni oshirib borayotgan Xitoyning ehtimoliy hujumi ko‘rsatilgan.

Xitoyning yaqinlashib kelayotgan havo hujumi haqida ogohlantirish uchun mobil telefonlarga ogohlantirish yuboruvchi tizim yaratilgan.

Tayvan har yili «Min-an» fuqarolik mudofaasi mashqlarini o‘tkazadi. Rasmiy ravishda ularning maqsadi tabiiy ofatlarga tayyorgarlik ko‘rish bo‘lsa, o‘tgan yili ushbu mashg‘ulotlar doirasida Xitoy hujumi sodir bo‘lgan taqdirda nima qilish kerakligi ham sinovdan o‘tkazilgan.

2022 yilda ish boshlagan Tayvan Raqamli Texnologiyalar vazirligi aloqa tarmoqlarining mustahkamligini ta’minlash bilan shug‘ullanadi. Vazirlik so‘nggi zilzila oqibatida tarmoqlar, xususan, Internet aloqasi katta darajada zarar ko‘rmaganini ma’lum qildi.

Tayvandagi shahar va tumanlarda qutqaruvchilar tunu-kun navbatchilik qiladi va tabiiy ofatga deyarli bir zumda javob berishga shay xolatda bo‘lishadi.

Masalan, so‘nggi zilziladan bir soat o‘tmasdan janubdagi Kaosyun shahri hukumati qutqaruv guruhlarini Xualyan shahriga safarbar etishgan va ularni samolyotlarga chiqish uchun yaqin atrofdagi Pingtung aviabazasiga jo‘natgan. Bunday guruhlar muntazam ravishda dunyoning boshqa ofat zonalariga yuboriladi. Xususan, o‘tgan yili ular dahshatli zilzila sodir bo‘lgan Turkiyaga ham borishgan [6].

Bugungi kunda Xitoy ham zilzilalardan ko‘p talofat ko‘rayotgan davlatlardan biri bo‘lishi bilan birga ular aholini zilzilaga tayyorlashni maktab davridanoq boshlashadi. Har chorakda makdabda zilzilaga tayyorlash bo‘yicha o‘quv mashg‘ulotlari o‘tkazilib boriladi. Va unda aynan evakuatsiya tadbirlariga juda katta e’tibor qaratiladi. Ya’ni o‘quvchilar binoni tark etishlari uchun yo‘laklar alohida qismlarga ajratilgan va qaysi sinf o‘quvchilari yo‘lakning qaysi qismidan harakatlanishi, shuningdek har bir qavatda harkat tezligi qat’iy belgilab qo‘yilgan va bunga barcha birdek amal qilishi yo‘lga qo‘yilgan. Bu esa qaltis vaziyatlarda turli tartibsizliklarining oldini olish va evakuatsiya tadbirlarining muvaffaqiyatli o‘tkazilishi uchun muhim omil bo‘lib xizmat qiladi.

Kuchli zilzila oqibatida turar joy binolari, kommunikatsiya tarmoqlari jiddiy shikastlanishi mumkin. Inshootlarning shikastlanish darajasi zilzila kuchiga, gipotsentr va epitsentrgacha bo‘lgan masofaga, zilzila o‘chog‘ining chuqurligiga, joylarning muhandis-geologik sharoitiga, bino va inshootlarning turiga, yil fasllariga, meteorologik sharoitga va boshqalarga bog‘liq.

Qurbonlar soni esa odamlarning zilzilaga tayyorgarlik darajasiga, kommunal tarmoq (elektr, gaz, og‘ir transport vositalari va boshq.) larning avtomatik tarzda tezda o‘chirilishiga bog‘liq.

Ma’lumki, O‘zbekiston xududining 70-80% seysmik faol zonada joylashgan bo‘lib, bunday xavfli hududlarda istiqomat qiladigan fuqaro zilzila tabiatini, uning namoyon bo‘lish va tarqalish qonuniyatlarini bilishi, uning talofatlarini kamaytirish bo‘yicha zarur chora-tadbirlarni belgilash ko‘nikmasiga ega bo‘lishi muhim ahamiyat kasb etadi [4].

XX-asrning boshlaridan bugungi kunga qadar Respublikamizda o‘nlab kuchli zilzilalar sodir bo‘lib, ular katta vayronagarchilik va qurbonlar bilan yodda qolgan. Masalan, Andijon (1902), Namangan (1927), Chotqol (1946), Burchmulla (1959), Toshkent (1966), Gazli (1976, 1984), Tovoqsoy (1977), Nazarbek (1980), Chimyon (1982), Pop (1984), Izboskan (1992), Qamashi (1999, 2001), Farg‘ona (2011), Marjonbuloq (2013) va boshqa zilzilalar. Mamlakat aholisining asosiy qismi 7-9 ballik seysmik faollik zonasida yashaydi. Aholining yuqori zichligi, rivojlangan gidrotexnika inshootlari tarmog‘i, xo‘jalik ob’ektlarining energiya tizimlari O‘zbekiston hududida seysmik xavfning yuqori darajasini oldindan belgilab beradi [4].

Aholining barcha qatlamlarida, ta’lim muassasalarida shu jumladan, mahalla aholisi o‘rtasida targ‘ibot ishlarini jadallashtirish, shuning asnosida MFY raislari mas’uliyatini oshirishni taqazo etadi.

Favqulodda vaziyatlar sharoitida aholining xavfsizligini ta’minlash bo‘yicha dunyo tajribasi shuni ko‘rsatadiki, yirik ko‘lamdagi tabiiy ofatlar va texnogen halokatlarda aholi va hududlarning tezkor muhofazasini ta’minlashda malakali tuzilmalarni tashkil etish va ularni tayyor holda saqlash ishlari yetarli darajada emas. Ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohasida band bo‘lmagan aholini kuchli zilzila bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlardan muhofazalanishga tayyorlashda mahalla aholisining ma’naviy va ruhiy holati katta ahamiyatga ega bo‘lib, o‘zlari yashaydigan hududda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan favqulodda vaziyatlarning oqibatlari to‘g‘risida tassavurga ega bo‘lishi, ekstremal holatlarda aniq va tezkor harakatlanishi ular bilan tegishli tayyorgarlik ishlarini oshirish bilan chambarchas bog‘liqdir [3].

O‘zbekiston Respublikasida tegishli normativ huquqiy hujjatlar asosida mahalliy fuqaro muhofazasi tizimining asosiy maqsadlari va vazifalari, prinsiplari, tuzilishi va faoliyat yuritishi tartibini, kuch va vositalarini, a’zolarini hamda mahalla fuqarolar yig‘inlarining band bo‘lmagan aholisini favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga o‘qitish va tayyorgarlikdan o‘tkazish tartiblari belgilangan.

Lekin shunga qaramasdan, joylarda bu boradagi ishlar birdek tashkil etilganmi? Yoki ularning favqulodda va vaziyatlarda to‘g‘ri harakat qilishga va oqibatlarini bartaraf etish uchun tayyorgarlikka egami? Yoki aholining barcha qatlamlari, aynan ta’lim muassasalarida yoshlarni tabiiy, texnogen va ekologik hususiyatli favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga tayyorlash tadbirlari talab darajasida olib borilyapdimi?

To‘g‘ri, ushbu hujjatlar bilan mahalliy fuqaro muhofazasi tizimini tashkil qilish va uning faoliyati belgilab berilgan lekin joylarda nari borsa, nomiga hujjatlar yig‘ma jildlari ishlab chiqish bilan cheklanilgan, uni ham kimdir borib so‘rasa, topib bera olmaydigan darajada e’tiborsiz xolatda

qolib bormoqda. Kim qaysi vazifani bajarishi, ularning tayyorgarliik darajasi to‘g‘risida gapirishga ham xojat yo‘q.

Buning sababi ba’zi mas’ul rahbar xodimlarning mas’uliyatsizligimi, e’tiborsizligimi, qarorda belgilangan tadbirlarni amalga oshirish bilan bog‘liq harajatlarning moddiy, moliyaviy ta’minot manbaining aniq belgilab berilmaganligimi yoki ta’sirchan choralar va javobgarlik masalalarining qat’iy belgilanmaganligidanmi? degan tabiiy savol tug‘iladi.

O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2019 yil 9 sentyabrdagi “Aholini favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga va fuqaro muhofazasi sohasida tayyorlash tartibini takomillashtirish to‘g‘risida”gi 754-sonli, 2023 yil 29 sentyabrdagi “Aholini zilzilada harakatlanishga tayyorlash tizimini tashkil etish to‘g‘risida”gi 513-sonli qarorlariga muvofiq, aholining barcha qatlamlari jumladan, ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohalarida band bo‘lgan aholi, shuningdek, davlat boshqaruvi organlari, mahalliy ijroiya hokimiyati organlari, boshqa tashkilotlar rahbarlari, xodimlari, ishchi va xizmatchilari hamda harbiy xizmatchilar tabiiy, texnogen va ekologik xususiyatli favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga va fuqaro muhofazasi sohasida tayyorlash tadbirlari o‘rnatilgan tartibda olib borilishi belgilangan.

Ushbu qarorlarga muvofiq, seysmik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha davlat organlari rahbar kadrlari va xodimlarining «Aholining barcha qatlamlarini zilzilaga tayyorlashga mo‘ljallangan milliy elektron platforma» (keyingi o‘rinlarda – milliy elektron platforma) orqali malakasini oshirish va qayta tayyorlash kurslari o‘tkazib borilishi:

• maktabgacha ta’lim tashkilotlari tarbiyalanuvchilari, umumiy o‘rta va o‘rta maxsus ta’lim tashkilotlari, professional ta’lim tashkilotlari o‘quvchilari hamda oliy ta’lim tashkilotlari talabalarini muammoli-vaziyatli o‘yinlar va mashg‘ulotlarda, milliy elektron platforma orqali, shuningdek, aholini zilzila sharoitida harakatlanishga tayyorlashga mo‘ljallangan mashg‘ulotlari orqali tayyorgarlikdan o‘tkazish;

• ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohasida band bo‘lgan aholi, shuningdek, respublika ijro etuvchi va mahalliy ijro etuvchi hokimiyat organlari hamda boshqa tashkilotlarning rahbarlari, mas’ul mutaxassislari, qutqaruv xizmatlari, qutqaruv va fuqaro muhofazasi tuzilmalari ishchi-xizmatchilarini yig‘inlar va o‘quv mashqlarida tayyorgarlikdan o‘tkazish;

• respublika ijro etuvchi va mahalliy ijro etuvchi hokimiyat organlari hamda boshqa tashkilotlarning rahbarlari va xodimlari bilan yillik jamlash rejasi asosida, shuningdek, fuqarolar bilan ixtiyoriy ravishda milliy elektron platforma orqali aholini zilzilada harakatlanishga tayyorlashga mo‘ljallangan masofaviy o‘quv kurslarini tashkil etish;

• ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohasida band bo‘lmagan aholi, shu jumladan, jismoniy imkoniyati cheklangan shaxslar hamda O‘zbekiston Respublikasiga tashrif buyurgan turistlarga tegishli qo‘llanmalar tarqatish, maxsus radio va teledasturlarni efirga uzatish, buklet va eslatmalarni tarqatish orqali, shuningdek, milliy elektron platforma va maxsus mobil ilovalardan foydalangan holda tayyorgarlikdan o‘tkazish;

• milliy elektron platformaning o‘quv reja va dasturlariga har uch yilda bir marotaba, sohadagi innovatsion yondashuvlarni inobatga olgan holda o‘zgartirishlar kiritib borish;

• respublika ijro etuvchi va mahalliy ijro etuvchi hokimiyat organlari hamda boshqa tashkilotlarning aholini zilzila sharoitida harakatlanishga tayyorlash sohasidagi vakolatlari;

• fuqarolarning o‘zini o‘zi boshqarish organlari, nodavlat notijorat tashkilotlari hamda ommaviy axborot vositalarining aholini zilzila sharoitida harakatlanishga tayyorlash sohasidagi ishtiroki belgilab berlilgan [1].

Ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatish sohalarida band bo‘lmagan aholi, shu jumladan, jismoniy imkoniyati cheklangan shaxslar hamda O‘zbekiston Respublikasiga tashrif buyurgan turistlar, fuqarolarning o‘zini-o‘zi boshqarish organlari o‘quv-maslahat punktlarida suhbatlar o‘tkazish, ma’ruzalar o‘qish, o‘quv filmlarini namoyish etish, o‘quv mashqlari va mashg‘ulotlarga jalb etish, shuningdek, qo‘llanmalar va eslatmalarni tarqatish, radio va teledasturlarni efirga uzatish hamda Internet jahon axborot tarmog‘ida sohaga oid ma’lumotlarni joylashtirish orqali, shuningdek O‘zbekiston Respublikasiga tashrif buyurgan turistlar tashrif davomida, ularga xizmat ko‘rsatuvchi

jismoniy va yuridik shaxslar tomonidan favqulodda vaziyatlarda to‘g‘ri harakat qilish bo‘yicha suhbatlar o‘tkazish, yo‘riqnoma, buklet va eslatmalarni tarqatish orqali tayyorgarlikdan o‘tkaziladi [2].

Ushbu qarorlar ijrosi yuzasidan aholining barcha qatlamlari bilan o‘rnatilgan tartibda tabiiy, texnogen va ekologik hususiyatli favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga tayyorlash tadbirlari jumladan, zilzila paytida harakat qilishga o‘rgatish bo‘yicha o‘quv yig‘inlar tashkil etish, QShO‘M va MTO‘Mlar o‘tkazish, malaka oshirish va qayta tayyorlash o‘quv kurslarida dastur asosida mashg‘ulotlar o‘tish va boshqa bir qancha tadbirlar amalga oshirilib boriladi.

Jumladan, ta’lim muassalarida o‘qish jarayonida darslarda, sport o‘yinlari va musobaqalarida, favqulodda vaziyatlarda harakat qilishga tayyorlash majmualaridagi mashg‘ulotlarda shuningdek, “Fuqaro muhofazasi kuni” tadbirlari doirasida tayyorgarlik mashg‘ulotlari o‘tkazilib boriladi. Aksiriyat xollarda bu kabi mashg‘ulotlarda mavzuga doir turli filmlar, videoroliklar namoyish etilishi, qo‘ng‘iroq chalinishi va o‘quvchilarning binoni tark etishi hamda maktab hovlisida saflanishi kabi odatiy ssenariylar bilan amalga oshiriladi.

Ushbu mashg‘ulotlarning yanada samarali bo‘lishi uchun, har bir o‘quvchining bu kabi mashg‘ulotlardan ma’lum bir ko‘nikma xosil qilishiga erishish uchun masalaning asl mohiyatini o‘quvchilarga tushunarli tarzda yetkazish, bunda qo‘ng‘iroq nima uchun, qanday tartibda chalinishi, binoni tark etishda o‘yinqaroqlik va sarosimaga berilmaslik, tartibga qat’iy amal qilish va yuqorida keltirilgan “Xitoy tajribasi”ga tayangan xolda maktab yo‘laklarida va zinapoyalarida har bir sinf o‘quvchilari uchun alohida yo‘lakchalarga ajratish orqali yaxshiroq natijaga erishish mumkin. Bunda har qavatdagi sinf o‘quvchilarining xarakat tezligini ham belgilash muhim ahamiyat kasb etadi. Buni esa kundalik dars jarayonida, maktabga kelib ketishda odat tarziga kiritish ta’lim muassasalarida zilzila paytida harakat qilishga o‘rgatishda yuqori samaraga erishishga zamin yaratadi.

Odatda turar joy maskanlari tabiiy sharoiti, jinslarning fizik-kimyoviy xususiyati, binolarning loyiha chizmalari, qat’iy hisob-kitoblar asosida chuqur o‘rganib chiqilgandan so‘ng qurilishga ruxsat beriladi. Afsuski, umumiy yashash qoidalari binolar aholiga topshirilgandan so‘ng qo‘pol ravishda buziladi. Hech kimga sir emaski, uyga ega bo‘lishimiz bilanoq o‘zimizning shaxsiy ehtiyojimizdan kelib chiqqan holda xonalarni o‘zgartirishga berilib ketamiz, qo‘shimcha ayvonlar solamiz, go‘yo ortiqcha tuyulgan devorlar, burchaklar olib tashlanadi, ikkita xona bittaga aylantiriladi. Bunday holatga qat’iyan chek qo‘yish lozim. Aks holda, bino zaif bo‘lib qolishiga, uning turli ofatlarga, yer deformatsiyalanishiga bardoshliligi kamayib ketishiga sababchi bo‘lamiz. Oqibati nimalarga olib kelishi barchaga ayon. Buning uchun uy-joylardan foydalanish qoidalarini, uy taqsimotidan oldin har bir yashovchining yoshini va ijtimoiy saviyasini inobatga olgan holda tushuntirish ishlariga jalb qilib, o‘zbilarmonchilik bilan ish yuritishiga yo‘l qo‘ymaslik kerak. Ko‘p qavatli binolarning o‘ziga yarasha xususiyati, seysmik belbog‘lari, xavfsiz burchaklari qaerda joylashganligi to‘g‘risidagi eslatmalarni har bir xonadon sohibi bilishi zarur.

Tabiiy ofatlar to‘g‘risida, xususan, zilzila va undan muhofazalanish haqidagi tasavvurga va bilimga maktab o‘quvchisidan tortib rahbar xodimlargacha ega bo‘lishi kerak. Bugungi kunda mamlakatimizda aholining barcha qatlamini, shu bilan birga boshqaruv organlari va kuchlarini hamda band bo‘lmagan aholini favqulodda vaziyatlar davrida harakatlanishga tayyorlashning ta’sirchan va samarali mexanizmini yaratish, amaldagi mavjud tizimni yanada takomillashtirish, samaradorligini oshirish maqsadida quyidagilar taklif etiladi:

• mamlakatimizda seysmik xavfsizlikni ta’minlash, davlat va xo‘jalik boshqaruv organlarini tegishli funksiya hamda majburiyatlarini, javobgarligini, zaruriy moddiy-texnik ta’minot manbaini o‘z ichiga olgan aholining barcha qatlamini zilziladan oldin, zilzila vaqtida va undan keyin to‘g‘ri harakatlanishga o‘rgatish tizimini yanada takomillashtirishga qaratilgan normativ hujjat loyihasini ishlab chiqish va amaliyotga joriy etish;

• mahallalarda aholini va hududlarni zilzila yoki yong‘in bilan bog‘liq favqulodda vaziyatlardan samarali muhofazalash, ularning oldini olish va oqibatlarini minimallashtirish muammolarini ilmiy jihatdan hal etishga qaratilgan amaliy va innovatsion ilmiy-texnik loyihalarni shakllantirish va natijalarini amaliyotga joriy etish choralarini ko‘rish;

• respublikaning olis, eng chekka va seysmik jihatdan faol hududlarida istiqomat qiladigan mahallalarda aholining barcha qatlamini zilzila vaqtida to‘g‘ri harakatlanishga amaliy o‘rgatish uchun mobil zilzila simulyatorlaridan foydalanishni joriy etish va interaktiv mobil ilovalardan foydalanishni yo‘lga qo‘yish;

• mahalla fuqarolarni zilzila vaqtida to‘g‘ri harakatlanishga tayyorlashni nazariy va amaliy o‘rgatish qamrovini oshirish maqsadida joylardagi raqamli televideniya imkoniyatlaridan keng foydalanishni yo‘lga qo‘yish, xususan maxsus davriy ko‘rsatuvlar tashkil etish hamda muntazam efirga uzatib borishni ta’minlash;

• zilzila yoki yong‘in sodir bo‘lgan vaqtda mahalla aholining barcha qatlami qo‘rquv va vaximaga tushmasdan o‘zini tuta olishi, amaliy to‘g‘ri harakatlanish qoidalari to‘g‘risida kattalar uchun hujjatli filmlar, bolalar uchun esa multfilmlar tayyorlash hamda muntazam ravishda efirda namoyish etib borilishini yo‘lga qo‘yish.

## ADABIYOTLAR


1. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2023 йил 29 сентябрдаги “Аҳолини зилзилада ҳаракатланишга тайёрлаш тизимини ташкил этиш тўғрисида”ги 513-сонли Қарори.
2. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2019 йил 9 сентябрдаги “Аҳолини фавқулодда вазиятларда ҳаракат қилишга ва фуқаро муҳофазаси соҳасида тайёрлаш тартибини такомиллаштириш тўғрисида”ги 754-сон қарори.
3. *Хайдаров Р.Х., Қурбонов Б.Ю., Ширинов К.Ж.* Фуқаролар учун зилзила вақтида тегишли ҳаракат ва тадбирларни амалга ошириш бўйича услубий қўлланма..
4. *Абдуллабеков К.Н., Туйчиев А.И., Курбанов Б.Ю.* Научно-методические основы создания Службы прогнозирования землетрясений в Узбекистане // Геология и минеральные ресурсы. - 2010. - № 6.

**Интернет маълумотлари:**

5. https://daryo.uz/k/2023/02/11/
6. https://daryo.uz/k/uq8katbY
7.https://kun.uz/kr/91064839


**Вопросы подготовки населения к правильным действиям во время землетрясения**

**Ш.Д. Самандаров**

**Аннотация.** Описаны ситуации, которые могут возникнуть в результате землетрясения, угроза землетрясения для жизни человека и окружающей среды. Рассмотрены некоторые землетрясения, произошедшие в Японии, Тайване, Китае и Узбекистане, нанесенный ими ущерб, а также подготовка населения к землетрясению в этих странах и их анализ.

**Ключевые слова:** землетрясение, магнитуда, чрезвычайная ситуация, сейсмика, стихийные бедствия, зона стихийного бедствия, подготовка к стихийным бедствиям, обучение населения, образовательные учреждения.

**Issues of preparing the population for the right actions during an earthquake**

**Samandarov Sh.D.**

**Annotation.** The article describes the situations that may arise as a result of an earthquake, the threat of an earthquake to human life and the environment, some earthquakes that occurred in Japan, Taiwan, China, and Uzbekistan, the damages caused by them, as well as the preparation of the population for an earthquake in these countries and their analysis.

**Key words:** earthquake, magnitude, emergency, seismic, natural disasters, natural disaster area, preparation for natural disasters, population training, educational institutions.

**IBRAGIMOV ALISHER XAYDAROVICH XOTIRASIGA**
**(1957 y. 6 may – 2024 y. 12 may)**

2024 yil 12 mayda O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi G‘.O.Mavlonov nomidagi Seysmologi institutining “Instrumental seysmologiya va seysmometriya” laboratoriyasi mudiri, eksperimental seysmologiya va seysmometriya sohasida yetakchi mutahassis, fizika-matematika fanlari nomzodi, katta ilmiy xodim Alisher Xaydarovich Ibragimov vafot etdi.

Alisher Xaydarovich Ibragimov 1957 yil 6 mayda Farg‘ona shahrida ziyolilar oilasida tug‘ildi. 1974 yilda o‘rta maktabni tugatgach mehnat faoliyatini Seysmologiya institutida boshladi.

A.X.Ibragimov 1974 yildan to vafotiga qadar Seysmologiya institutida texnik, muhandis, katta muhandis, kichik ilmiy xodim, katta ilmiy xodim, Toshkent seysmik stansiyasi rahbari, Kompleks ekspeditsiya rahbari, laboratoriya mudiri lavozimlarida faoliyat yuritdi. Mehnat faoliyatidan uzilmagan holda 1987 yil Toshkent davlat universitetini geografiya o‘qituvchisi mutaxassisligi bo‘yicha bitirdi.

Dastlab u “Yuqori bosimlar va haroratlar” laboratoriyasida tog‘ jinslari namunalarini yig‘ish, ularni hossalarini yuqori bosim va haroratlarda o‘zgarishi xususiyatlarini aniqlash bo‘yicha eksperimental tadqiqotlarda qatnashdi. Bu tadqiqotlar natijalari asosida A.X.Ibragimov 1993 yilda “O‘rta va Janubiy Tiyon-Shonning tomezozoygacha yoshdagi tog‘ jinslarining yuqori bosim ostidagi taranglik xususiyatlari” mavzusida fizika-matematika fanlari nomzodi ilmiy darajasini olish uchun dissertatsiyasini himoya qildi.

A.X.Ibragimov 2001-2009 yillarda “Zilzila o‘chog‘i fizikasi” laboratoriyasiga rahbarlik qildi va seysmik to‘lqinlar Vp/Vs nisbatini vaqt bo‘yicha o‘zgarishlari, yer sathining og‘ishi va deformatsiyalarini tadqiq etish bilan shug‘ullandi.

2009-2014 yillarda A.X.Ibragimov seysmologiya sohasida Markaziy Osiyoda ochilgan dastlabki va eng asosiy stansiya – Toshkent seysmologik observatoriyasiga rahbarlik qildi. Observatoriyaga rahbarlik davrida u sodir bo‘lgan zilzilalar to‘g‘risida tezkor xabarlar xizmatini takomillashtirdi, katta hajmdagi seysmogrammalar va byulletenlar arxivini tartibga soldi, raqamli seysmik yozuvlarni EHMda qayta ishlashning ilg‘or usullarini qo‘llashni boshladi, Germaniyaning Potsdam shahrdagi Yer haqidagi fanlar markazi (GFZ) olimlari balan hamkorlikda observatoriyada SeisComP tizimini o‘rnatdi.

A.X.Ibragimov 2014-2018 yillarda Seysmologiya institutining Kompleks ekspeditsiyasiga rahbarlik qildi. Shu bilan bir qatorda O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2009 yil 9 iyuldagi VMQ-191-sonli “O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seysmologiya institutining seysmologiya stansiyalari moddiy-texnika bazasini mustahkamlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qaroriga asosan tasdiqlangan “Seysmik xavf monitoringi tizimini rekonstruksiya qilish va rivojlantirish Davlat dasturi”ni mas’ul ijrochisi sifatida seysmik stansiyalar tizimini muqobillashtirish, modernizatsiyalash ishlariga rahbarlik qildi.

2018 yildan umrini oxirigacha Seysmologiya institutining “Instrumental seysmologiya va seysmometriya” laboratoriyasiga rahbarlik qildi. Iqtisodiyotning o‘ta mas’ul ob’ektlari – suv omborlari to‘g‘onlari, neft-gaz konlari, Jizzax viloyatida qurilishi rejalashtirilayotgan AES qurilish maydonida lokal seysmik kuzatuvlar tizimini tashkil qilish va ob’ektlarni seysmik monitoringini o‘tkazish; viloyatlar, shaharlar va iqtisodiyotning muhim ob’ektlari qurilishi uchun ajratilgan hududlarning seysmik mikrorayonlashtirish; respublika hududida sodir bo‘lgan zilzilalardan erta ogohlantirish tizimini ishlab chiqish bilan shug‘ullandi. Ushbu tadqiqotlardan olingan natijalar 2020 yilda chop etilgan “Instruksiya po organizatsii lokalnogo seysmicheskogo monitoringa s ispolzovaniem sifrovых priborov” yo‘riqnomasiga va 2022 yil chop etilgan “Sistemы rannego opoveщeniya o silnых zemletryaseniyax” monografiyasiga asos bo‘ldi.

A.X.Ibragimov O‘zbekistonda yuza seysmorazvedkasi usullarini (Nakamura usuli, MASW usuli va boshqalar) muhandislik seysmologiyasi sohasida qo‘llash – hududlarda tadqiqotlar o‘tkazish va olingan natijalarni tahlil qilish bo‘yicha eng yetuk mutaxassislardan biri edi.

A.X.Ibragimov 2019 yildan O‘zRFA tasarrufidagi “Seysmologiya muammolari” (Problemы seysmologii) ilmiy jurnali tahririyati a’zosi sifatida faoliyat yuritib seysmologiya yo‘nalishida chop etilayotgan ilmiy maqolalarni saviyasini oshirishga katta xissa qo‘shib kelgan.

A.X.Ibragimov uzoq yillar O‘zbekiston Milliy Universitetida magistrantlarga seysmometriya va muhandislik seysmologiyasi fanlaridan saboq berdi. 2022-2023 yilllarda oliy o‘quv yurtlari talabalari uchun o‘zbek tilida “Instrumental seysmologiya” va “Umumiy seysmologiya”, rus tilida “Instrumentalnaya seysmologiya” va “Obщaya seysmologiya” darsliklarini chop ettirdi.

Aliisher Xaydarovich har qanday muammoga o‘z nuqtai nazariga ega, murosasiz, shu bilan bir qatorda kamtar, hammaga birinchi bo‘lib yordam qo‘lini beradigan olim va inson sifatida hamkasblari va kelgusi avlod xotirasida qoladi.

| **M u n d a r i j a** | sah. |
|---|---|
| **Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.**<br>O‘zbekiston hududidagi yaqin yillarda seysmik faol bo'ladigan hududlarini aniqlashda foydalaniladigan zilzizalarning mintajiy katalogi tahllisi va taklif qilinayotgan o’zgartirishlar | **5** |
| **Ismailov V.A., Xusomiddinov A.S., Yadigarov E.M., Bozorov J.Sh., Mansurov A.F., Avazov A.B., Xayriddinov B.B.**<br>Seysmik jadallikni baholash uchun Nukus shahar hududida muhandis-seysmologik tadqiqotlar natijalari to'g‘risida | **12** |
| **Abdullabekov K.N.**<br>O'zbekistonda zilzilalarni bashorat qilish bo'yicha tadqiqotlarning ilmiy-uslubiy muammolari | **21** |
| **Egamberdiev S.A., Yusupov V.R., Xusomiddinov S.S., Azimov A.M., Nuriddinov N.R.**<br>Yangibozor observatoriyasida geomagnit maydon variatsiyalarining namoyon bo’lish xususiyatlari | **29** |
| **Ibragimova T.L.**<br>Zilzila zonasida kuchli zilzilalar bo‘lishi mumkinligi uchun hozirgi seysmologik vaziyatni aniqlash imkonini beradigan gidrogeoximyoviy kuzatuv seriyalarini ko‘p komponentli qayta ishlash metodologiyasi | **37** |
| **Nurmatov U.A., Shukurov Z.F., Yusupov V.R., Isroilov X.B., Qultoev S.K.**<br>Faol tektonik yer yoriqlari zonalarini instrumental geofizik usullar orqali aniqlash (Tovoqsoy geodinamik poligoni misolida) | **48** |
| **Sodiqov Yu.M., Rashidov A.A., Normuminov M.Sh.**<br>O'zbekistonning Orol-Ustyurt mintaqasining neotektonikasi va zamonaviy kuchlanganlik holati | **56** |
| **Nurmatov U.A., Yusupdjanova U.A.**<br>Sharqiy O‘zbekiston hududida tarixda va bugungi kunda sodir bo‘lgan kuchli zilzilalar o‘choq zonalarining yer qobig‘ining kuchlanganlik holatini regional o‘zgarishlariga bo‘lgan yuqori sezgirligi haqida | **66** |
| **Usmonova M. T.**<br>Sharqiy O'zbekistondagi yirik yoriqlar zonalarida yer qobig'ining keskin holati to'g'risida | **76** |
| **Oripov N.K., Bozorov J.Sh.**<br>Qoziq poydevorli binolar qurilgan maydonlarda seysmik ta’sirning o‘zgarishi | **86** |
| **Mirzaev S.Z., Ismailov V.A., Tulaganov B.A., Yodgorov Sh.I., Payzullaev A.N.**<br>Kuchli zilzilalarning iqtisodiy ta'sirini baholash uchun simulyatsion model | **102** |
| **Bekmirzayev D.A., Nishonov N.A., Berdibayev M.J., Botabayev N.I.**<br>Transport inshootlarining zilzilaga chidamliligi bo ' yicha elektron-texnik pasportlarni shakllantirish | **110** |
| **Turagalov T.J., Abdug‘opurov E.G‘.**<br>Zilzila sharoitida yuzaga keladigan epidemiologik favqulodda vaziyatlarni oldini olishdagi sanitariya-epidemiologik zararsizlantirish tadbirlari | **120** |
| **Samandarov Sh.D.**<br>Aholini zizila vaqtida to‘g‘ri harakat qilishga tayyorlash masalalari | **124** |
| **Ibragimov Alisher Xaydarovich xotirasiga** | **130** |

| **С о д е р ж а н и е** | стр. |
|---|---|
| **Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А.**<br>Анализ регионального каталога землетрясений территории Узбекистана, использовавшегося при выявлении областей ожидаемой сейсмической активизации на ближайшие годы и его корректировка | **5** |
| **Исмаилов В.А., Хусомиддинов А.С., Ядигаров Э.М., Бозоров Ж.Ш., Мансуров А.Ф., Авазов А.Б., Хайриддинов Б.Б.**<br>О результатах инженерно-сейсмологических исследований на территории г. Нукуса для оценки сейсмической интенсивности | **12** |
| **Абдуллабеков К.Н.**<br>Научно-методические проблемы исследований по прогнозированию землетрясений в Узбекистане | **21** |
| **Эгамбердиев С.А., Юсупов В.Р., Хусомиддинов С.С., Азимов А.М., Нуриддинов Н.Р.**<br>Особенности проявления вариации геомагнитного поля в обсерватории Янгибазар | **29** |
| **Ибрагимова Т.Л.**<br>Методика многокомпонентной обработки рядов гидрогеохимических наблюдений, позволяющая идентифицировать текущую сейсмологическую обстановку на предмет возможности возникновения сильного землетрясения в конкретной сейсмоактивной зоне | **37** |
| **Нурматов У.А., Шукуров З.Ф., Юсупов В.Р., Исроилов Х.Б., Қултоев С.К.**<br>Определение зон активных тектонических разломов суши инструментальными геофизическими методами | **48** |
| **Садыков Ю.М., Рашидов А.А., Нормуминов М.Ш.**<br>Новейшая тектоника и современное напряженное состояние Арало-Устюртского региона Узбекистана | **56** |
| **Нурматов У.А., Юсупджанова У.А.** О повышенной чувствительности очаговых зон сильных современных и исторических землетрясений Восточного Узбекистана к изменению регионального напряженного состояния земной коры | **66** |
| **Усманова М.Т.**<br>О напряженном состоянии земной коры в зонах крупных разломов Восточного Узбекистана | **76** |
| **Орипов Н.К., Бозоров Ж.Ш.**<br>Изменение сейсмических воздействий на здания с свайными фундаментами | **86** |
| **Мирзаев С.З., Исмаилов В.А., Тулаганов Б.А., Ёдгоров Ш.И., Пайзуллаев А.Н.**<br>Симуляционная модель для оценки экономического воздействия сильных землетрясений | **102** |
| **Бекмирзаев Д.А., Нишонов Н.А., Бердибаев М.Ж., Ботабаев Н.И.**<br>Формирование электронно-технических паспортов по сейсмостойкости транспортных сооружений | **110** |
| **Турагалов Т.Ж., Абдугопуров Е.Г.**<br>Санитарно-эпидемиологические мероприятия по дезинтоксикации при предупреждении эпидемиологических чрезвычайных ситуаций, возникающих в условиях землетрясения | **120** |
| **Самандаров Ш.Д**.<br>Вопросы подготовки населения к правильным действиям во время землетрясения | **124** |
| **Памяти Ибрагимова Алишера Хайдаровича** | **130** |

| **C o n t e n t** | page |
|---|---|
| **Ibragimova T.L., Mirzaev M.A.**<br>Analysis of the regional catalog of earthquakes on the territory of Uzbekistan, used in identification of areas of expected seismic activation in the coming years and its correction | **5** |
| **Ismailov V.A., Khusomiddinov A.S., Yadigarov E.M., Bozorov J.Sh., Mansurov A.F., Avazov A.B., Xayriddinov B.B.**<br>On the results of engineering-seismological research in the territory of Nukus to assess seismic intensity | **12** |
| **Abdullabekov K.N.**<br>Scientific and methodological problems of research on earthquake forecasting in Uzbekistan | **21** |
| **Egamberdiev S.A., Yusupov V.R., Xusomiddinov S.S., Azimov A.M., Nuriddinov N.R.**<br>Features of the manifestation of geomagnetic field variations at the Yangibazar Observatory | **29** |
| **Ibragimova T.L.**<br>Methodology of multicomponent processing of hydrogeochemical observation series, which allows to identify the current seismological situation for the possibility of a strong earthquake in a particular seismically active zone | **37** |
| **Nurmatov.A., Shukurov Z.F., Yusupov V.R., Isroilov H.B., Kultoev S.K.**<br>Determination of active tectonic faults of the land by instrumental geophysical methods | **48** |
| **Sadiqov Yu.M., Rashidov A.A., Normuminov M.Sh.**<br>The latest tectonics and the current tense state of the Aral-Ustyurt region of Uzbekistan | **56** |
| **Nurmatov U.A., Yusupdzhanova U.A.**<br>On the increased sensitivity of focal zones of strong modern and historical earthquakes in Eastern Uzbekistan to changes in the regional stress state of the earth's crust | **66** |
| **Usmanova M.T.**<br>On the stress state of the earth's crust in the zones of major faults in Eastern Uzbekistan | **76** |
| **Oripov N.K., Bozorov J.Sh.**<br>Changing seismic effects on a building with pile foundations | **86** |
| **Mirzaev S.Z., Ismailov V.A., Tulaganov B.A., Yodgorov Sh.I., Payzullaev A.N.**<br>Simulation model for assessing the economic impact of strong earthquakes | **102** |
| **Bekmirzaev D.A., Nishonov N.A., Berdibaev M.Zh., Botabaev N.I.**<br>Formation of electronic technical passports on seismic resistance of transport structures | **110** |
| **Turagalov T.J., Abdug‘opurov E.G‘.**<br>Sanitary and epidemiological measures for detoxification in the prevention of epidemiological emergencies arising in earthquake conditions | **120** |
| **Samandarov Sh.D.**<br>Issues of preparing the population for the right actions during an earthquake | **124** |
| **In memory of Ibragimov Alisher Haidarovich** | **130** |

**Коллектив авторов**

# SEYSMOLOGIYA MUAMMOLARI

# ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОЛОГИИ

# SEISMOLOGY PROBLEMS

## 2024, № 2, том 6

***Утверждено к печати Ученым советом***
***Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова (11.10.2024 г. № 11)***

Редактор ***Т.Г.Кочергина*** (рус.)

Компьютерная верстка ***В.Р.Юсупов***

Формат $80\times64_{1/8}$. Усл. печ. л. 16,75. Уч.-изд. л. 19. Тираж 100 экз.
Отпечатано в Бизнес Полиграф.
Ташкент, Чиланзар, ул. Козиробот, 65.

Обуна индекси (подписной индекс) 1351.