

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

# SEISMOLOGIYA MUAMMOLARI

# ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОЛОГИИ

# PROBLEMS SEISMOLOGY

№ 2

ТОМ 5

---

2023

*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 2023**

## TAHRIR XAY'ATI

### Tahrir kengashi raisi:

Rafikov

Vaxob Asomovich

*g. f. d.*

### Bosh muharrir o'rinbosari:

Ismailov Vaxitxan Alixanovich

*g.-m. f. d., prof.*

### Bosh muharrir:

Abdullabekov

Kaxarboy Nosirbekovich

*f.-m. f. d., akad.*

### Mas'ul kotib:

Nurmatov Ulfat Amanovich

*f.-m. f. n.*

### Tahrir hay'ati a'zolari:

**Abdraxmatov Kanatbek Yermekovich**, *g.-m. f. d., prof. (Qirg'iziston)*; **Abdullabekov Kaxarboy Nasirbekovich**, *f.-m. f. d., akad. (O'zbekiston)*; **Akbarov Xabibulla Asatovich**, *g.-m. f. d., akad. (O'zbekiston)*; **Pulod Aminzoda**, *t. f. d. (Tojikiston)*; **Atabaev Dilshod Xusainbaevich**, *g.-m. f. d., dos. (O'zbekiston)*; **Etirmishli Gurban Djalal o'g'li**, *g.-m. f. d., Ozarbayjon Milliy fanlar akademiyasi muxbir-a'zosi (Ozarbayjon)*; **Ibragimov Alisher Xaydarovich**, *f.-m. f. n. (O'zbekiston)*; **Ibragimova Tatyana Lyudvigovna**, *f.-m. f. d. (O'zbekiston)*; **Ismailov Vaxitxan Alixanovich**, *g.-m. f. d., prof. (O'zbekiston)*; **Kevin Makkey**, *(PhD) (AQSh)*; **Kopilova Galina Nikolaevna**, *g.-m. f. d. (Rossiya)*; **Maksudov Sabitjan Xamidovich**, *f.-m. f. d., prof. (O'zbekiston)*; **Mixaylova Natalya Nikolaevna**, *f.-m. f. d., prof. (Qozog'iston)*; **Nurmatov Ulfat Amanovich**, *f.-m. f. n. (O'zbekiston)*; **Nurtaev Baxtiev Sayfullaevich**, *f.-m. f. n. (O'zbekiston)*; **Paul Wordsworth**, *(PhD) (Buyuk Britaniya)*; **Radjabov Shuxrat Sayfullaevich**, *g.-m. f. d., prof. (O'zbekiston)*; **Richard Walker**, *prof. (Buyuk Britaniya)*; **Robert Mellors**, *(AQSh)*; **Solovyov Anatoliy Aleksandrovich**, *f.-m. f. d., chl.-korr. RAN (Rossiya)*; **Tuychiev 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)*; **Yusupov Shuxrat Sakidjanovich**, *g.-m. f. d. (O'zbekiston)*.

Jurnalda chop etilgan materiallardan foydalanilganda «Seismologiya 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.

«Seismologiya 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 Seismologiya 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

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Председатель редакционной коллегии:**

Рафиков  
Вахоб Асомович  
д. г. н.

**Заместитель главного редактора:**

Исмаилов Вахитхан Алиханович  
д. г.-м. н., проф.

**Главный редактор:**

Абдуллабеков  
Кахарбой Носирбекович  
д. ф.-м. н., акад.

**Ответственный секретарь:**

Нурматов Улфат Аманович  
к. ф.-м. н.

## Члены редакционной коллегии:

Абдрахматов Канатбек Ермакович, д. г.-м. н., проф. (Киргизия); Абдуллабеков Кахарбой Носирбекович, д. ф.-м. н., акад. (Узбекистан); Акбаров Хабибулла Асатович, д. г.-м. н., акад. (Узбекистан); Пулод Аминзода, д. т. н. (Таджикистан); Атабаев Дилшод Хусаинбаевич, д. г.-м. н., доц. (Узбекистан); Етирмишли Гурбан Джалал ўгли, д. г.-м. н., член-корр. НАНА (Азербайджан); Ибрагимов Алишер Хайдарович, к. ф.-м. н. (Узбекистан); Ибрагимова Татьяна Людвиговна, д. ф.-м. н. (Узбекистан); Исмаилов Вахитхан Алиханович, д. г.-м. н., проф. (Узбекистан); Кевин Маккей, PhD (США); Копылова Галина Николаевна, д. г.-м. н. (Россия); Максудов Сабитжан Хамидович, д. ф.-м. н., проф. (Узбекистан); Михайлова Наталья Николаевна, д. ф.-м. н., проф. (Казахстан); Нурматов Улфат Аманович, к. ф.-м. н. (Узбекистан); Нуртаев Бахтиер Сайфуллаевич, к. ф.-м. н. (Узбекистан); Paul Wordsworth, PhD (Великобритания); Раджабов Шухрат Сайфуллаевич, д. г.-м. н., проф. (Узбекистан); Richard Walker, PhD, проф. (Великобритания); Роберт Меллорс, PhD, проф. (США); 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); Юсупов Шухрат Сакиджанович, д. г.-м. н. (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, Шайхантахурский район, ул. Зулфияханум, 3. Тел.: +99871 241-51-70; +99871 241-44-80. E-mail: seismologiya@mail.ru. Website: www.seismos.uz

## EDITORIAL BOARD

### Chairman of the Editorial board:

Rafikov  
Vahob Asomovich  
*D.Sc. in Geog.*

### Deputy Chief Editor:

Ismailov Vahidkhan Alikhanovich  
*D.Sc. in Geol. & Min., Prof.*

### Editor-in-Chief:

Abdullabekov  
Kakhkharboy Nosirbekovich  
*D.Sc. in Phys. & Math., Acad.*

### Assistant Editor:

Nurmatov Ulfat Amanovich  
*PhD in Phys. & Math.*

## Members of the Editorial Board:

**Abdrakhmatov Kanatbek Ermekovich**, *D.Sc. in Geol. & Min., Prof. (Kyrgyzstan)*;  
**Abdullabekov Kakharboy Nosirbekovich**, *D.Sc. in Phys. & Math., Acad. (Uzbekistan)*;  
**Akbarov Khabibulla Asatovich**, *D.Sc. in Geol. & Min., Acad. (Uzbekistan)*; **Pulod Aminzoda**,  
*D.Sc. in Geol. & Min. (Tajikistan)*; **Atabaev Dilshod Khusainbaevich**, *D.Sc. in Geol. & Min.,  
Doc. (Uzbekistan)*; **Etirmishli Gurban Jalal oqli**, *D.Sc. in Geol. & Min. (Azerbaijan)*;  
**Ibragimov Alisher Khaidarovich**, *PhD in Phys. & Math. Sc. (Uzbekistan)*; **Ibragimova  
Tatyana Ludvigovna**, *D.Sc. in Phys. & Math. (Uzbekistan)*; **Ismailov Vahidkhan  
Alikhanovich**, *D.Sc. in Geol. & Min., Prof. (Uzbekistan)*; **Kevin Mackey**, *PhD (USA)*;  
**Kopylova Galina Nikolaevna**, *D.Sc. in Geol. & Min. (Russia)*; **Maksudov Sabit  
Khamidovich**, *D.Sc. in Phys. & Math., Prof. (Uzbekistan)*; **Mikhailova Natalya Nikolaevna**,  
*Prof. D.Sc. in Phys. & Math. (Kazakhstan)*; **Nurmatov Ulfat Amanovich**, *PhD (Uzbekistan)*;  
**Nurtaev Bakhtiyor Saifullaevich**, *PhD (Uzbekistan)*; **Paul Wordsworth**, *PhD (United  
Kingdom)*; **Radjabov Shukhrat Saifullaevich**, *D.Sc. in Geol. & Min., (Uzbekistan)*; **Richard  
Walker**, *D.Sc. Prof. ((United Kingdom)*; **Robert Mellors**, *D.Sc. (USA)*; **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)*; **Yusupov Shukhrat Sakidjanovich**, *D.Sc. in Geol. & Min. (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, Zulfiyaxanum 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

# SEYSMIK XAVFNI BAHOLASH VA SEYSMIK RAYONLASHTIRISH

УДК 550.34

## О ВЫБОРЕ УРАВНЕНИЯ СВЯЗИ МЕЖДУ МОМЕНТНОЙ И ЛОКАЛЬНОЙ МАГНИТУДАМИ ПРИ ОЦЕНКЕ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

*Т.Л. Ибрагимова*

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

**Аннотация.** Для изучения сейсмической опасности в инженерных показателях сейсмических воздействий необходимы сведения о параметрах сейсмических источников, выраженные через моментную магнитуду  $M_w$ . В региональном каталоге Узбекистана в качестве основной характеристики для классификации землетрясений по величине длительное время используются энергетический класс землетрясений  $K$  и локальная (Рихтеровская) магнитуда  $M_L$ . В статье проанализированы различные формы связи между локальной и моментной магнитудами и показано, что результирующие оценки сейсмической опасности во многом зависят от выбора уравнений, связывающих эти характеристики.

**Ключевые слова:** сейсмическая опасность, магнитуда, энергетический класс, повторяемость землетрясений, сейсмический потенциал.

### Введение

При изучении сейсмической опасности в инженерных показателях сейсмических воздействий как параметры повторяемости землетрясений, так и величина сейсмического потенциала каждого сейсмического источника, должны выражаться через моментную магнитуду  $M_w$ , поскольку все современные уравнения движения грунта (GMPE) опираются на этот тип магнитуд. В региональном каталоге Узбекистана, как и в соседних странах Центральной Азии, в качестве основной характеристики для классификации землетрясений по величине длительное время (до 2003 г.) использовался энергетический класс землетрясений  $K$ , определяемый по сумме амплитуд объемных  $P$ - и  $S$ -волн, зарегистрированных короткопериодной аппаратурой. Энергетический класс землетрясений  $K$  был введен в сейсмологическую практику в работах Т.Г. Раутиан [Раутиан, 1960]. Он связан с высвобожденной при землетрясениях сейсмической энергией  $E$  формулой  $K = \lg E$  (дж). Переход от энергетического класса  $K$  к локальной (Рихтеровской) магнитуде  $M_L$ , определяемой по измерениям амплитуд смещений объемных волн на короткопериодной аппаратуре [Рихтер, 1961], осуществлялся на основе номограммы Т.Г. Раутиан для территории Средней Азии [Rautian, 2007]:

$$K = 1,8 M_L + 4,0.$$

В настоящее время для каждого сейсмического события в Республиканском Центре сейсмопрогностического мониторинга при МЧС РУз определяются магнитуды  $m_b$  и  $M_L$ . Поэтому энергетический класс  $K$  и магнитуда  $M_L$  выбраны нами в качестве опорных характеристик при пересчете в магнитуду  $M_w$ .

Количество землетрясений, для которых проведено прямое определение магнитуды  $M_w$ , весьма невелико. Как правило, эти данные заимствуются из каталога СМТ [Ekstrom et al., 2012], в котором присутствуют решения только для землетрясений с  $M_w \geq 5,0$ , начиная с 1975 г. Подавляющее число землетрясений регионального каталога имеют меньшую магнитуду и определение значений магнитуды  $M_w$  для этих землетрясений крайне важно для построения надежных графиков повторяемости землетрясений. Как правило, нахождение моментной магнитуды для нижнего диапазона магнитуд получается путем интерполяций, последовательно переводящих один тип магнитуды, присутствующей в каталоге, в другую.

### Анализ некоторых зависимостей, связывающих магнитуды $M_L$ и $M_W$

За последние несколько лет разработаны несколько уравнений, позволяющих переходить от энергетического класса  $K$  или же локальной магнитуды  $M_L$  к моментной магнитуде  $M_W$  [Мукамбаев, Михайлова, 2014; Мокрушина и др., 2020; Edwards et al., 2010; Onur et al., 2022]. Остановимся на них несколько подробнее.

В исследовании [Мукамбаев, Михайлова, 2014] предложены следующие соотношения перехода от энергетического класса  $K$  к магнитуде  $M_W$ , основанные на уравнениях ортогональной регрессии:

$$M_{LH} = 0,47K - 1,15,$$

$$M_W = e^{(-0,222 + 0,223M_{LH})} + 2,863.$$

При формировании каталога, который впоследствии использовался для оценки сейсмической опасности площадки АЭС на территории Узбекистана, сейсмологами ИФЗ РАН (Р.Э.Татевосян и др.) получено следующее соотношение [Мокрушина и др., 2020], связывающее магнитуды  $M_L$  и  $M_W$ :

$$\ln(M_W) = 0,642 \ln(M_L) + 0,649.$$

В процессе реализации международного проекта УФУУСРБ – Региональная оценка риска землетрясений и наводнений и анализ сценариев отдельных оползней в целях укрепления финансовой устойчивости и ускорения снижения риска бедствий в Центральной Азии (2021-2023), финансируемого Всемирным Банком, при преобразовании локальной магнитуды  $M_L$  в моментную  $M_W$  принималось соотношение, полученное Edwards [Edwards et al., 2010]:

$$M_W = 1,02 + 0,472 M_L + 0,0491 M_L^2.$$

Наконец, при реализации международного проекта по оценке сейсмической опасности территории Центральной Азии CENTRAL ASIA SEISMIC HAZARD ASSESSMENT (CASHA), который в настоящее время выполняется совместно центрально-азиатскими и американскими сейсмологами [Onur et al., 2022], получено соотношение, связывающее моментную магнитуду  $M_W$  с энергетическим классом  $K$ :

$$M_W = 0,4811K - 0,9137.$$

Важно отметить, что при реализации данного проекта проводилось прямое определение моментной магнитуды  $M_W$  по коде сейсмических волн для 450 сейсмических событий малых магнитуд, что позволило с большей надежностью аппроксимировать левую часть графика, выражающего связь магнитуд  $M_L$  и  $M_W$ .

На рис. 1 представлены все описанные выше зависимости. Видно, что различия весьма и весьма существенные.

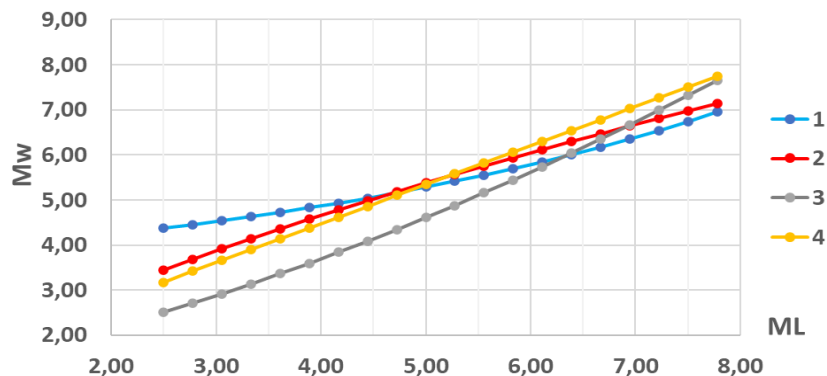


Рис. 1. Зависимости, связывающие локальную  $M_L$  и моментную  $M_W$  магнитуды по данным различных авторов: 1 – Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н.; 2 – Татевосян Р.Э. и др.; 3 – Edwards и др.; 4 – Onur Т. и др.

Fig. 1. Dependences linking local  $M_L$  and moment  $M_W$  magnitudes according to the different author's data: 1 – Mukambaev A.S., Mikhailova N.N.; 2 – Tatevosyan R.E. et al.; 3 – Edwards et al.; 4 – Onur T. et al.

Как это видно из рисунка, в нижнем диапазоне локальных магнитуд ( $2,5 \leq M_L \leq 4,5$ ), в пределах которого расположена основная масса событий регионального каталога, наибольшие значения магнитуды  $M_W$  получаются при конвертации по формулам Мукамбаева А.С. и Михайловой Н.Н., а наименьшие – по зависимости Edwards. При высоких значениях локальной магнитуды ( $M_L \geq 7,3$ ) ситуация меняется на противоположную. Зависимости, разработанные Onur T. и Татевосяном Р.Э., в нижнем диапазоне достаточно близки. Вместе с тем, для землетрясений высоких магнитуд зависимость Onur T., в силу линейной связи, по-видимому, завышает магнитуду  $M_W$ , в чем можно убедиться, подставляя, например, магнитуды Газлийских землетрясений 1976 и 1984 гг., для которых по каталогу СМТ имеются прямые определения моментной магнитуды.

### Влияние выбора уравнений перехода от $M_L$ к $M_W$ на параметризацию сейсмических источников и оценки опасности

Для того, чтобы проследить, каким образом влияет на сейсмический потенциал и на параметры повторяемости землетрясений выбор зависимости, конвертирующей локальную магнитуду в моментную, мы рассмотрели две выборки из регионального каталога в окрестностях городов Ташкент и Андижан. Используя данные об энергетической представительности землетрясений, заимствованные из [Якубов, Соколов, 1990], мы определили нижний порог минимальной представительной магнитуды  $M_{W0}$ , сейсмический потенциал  $M_{\max}$  и параметры повторяемости землетрясений при каждом варианте пересчета. Оценка сейсмического потенциала получилась путем добавления к величине максимальной наблюдаемой магнитуды  $M_{\max}^{\text{obs}}$  половины магнитудной единицы. Поскольку в различных вариантах пересчета наблюдаемое значение  $M_{\max}^{\text{obs}}$  было различным, то различились и его оценки. В табл. 1, 2 приведены перечисленные выше параметры для городов Ташкент и Андижан, а на рис. 2, 3 показаны графики повторяемости землетрясений для этих двух городов.

Таблица 1

Входные параметры для оценки сейсмической опасности г. Ташкента

Table 1 Input parameters for seismic hazard assessment of Tashkent city

Параметр	Мукамбаев, Михайлова	Татевосян и др.	Edwards et al.	Onur et al.
$M_{W0}$	4,41	3,5	2,6	3,27
$A(M_W = 5)$	0,238	0,113	0,025	0,097
b	-1,893	-1,014	-0,836	-0,859
$M_{\max}^{\text{obs}}$	6,21	6,5	6,41	6,83
$M_{\max}$	6,71	7	6,91	7,33

Таблица 2 Входные параметры для оценки сейсмической опасности г. Андижана

Table 2 Input parameters for seismic hazard assessment of Andijan city

Параметр	Мукамбаев, Михайлова	Татевосян и др.	Edwards et al.	Onur et al.
$M_{w0}$	4,37	3,45	2,51	3,18
$A(M_w = 5)$	0,758	0,458	0,069	0,315
b	-2,469	-1,167	-1,010	-1,099
$M_{\max}^{\text{obs}}$	6,01	6,29	6,04	6,54
$M_{\max}$	6,51	6,79	6,54	7,04

В табл. 1, 2 приняты следующие обозначения:

$M_{w0}$  – минимальная представительная магнитуда  $M_w$  в региональном каталоге;

$A(M_w = 5)$  – годовая частота повторения землетрясений с магнитудой  $M_w = 5$  в сейсмическом источнике, окружающем город;

b – угол наклона графика повторяемости в зависимости Гуттенберга-Рихтера;

$M_{\max}^{\text{obs}}$  – моментная магнитуда максимального наблюдаемого землетрясения;

$M_{\max}$  – оценка величины  $M_{\max} = M_{\max}^{\text{obs}} + 0,5$ .

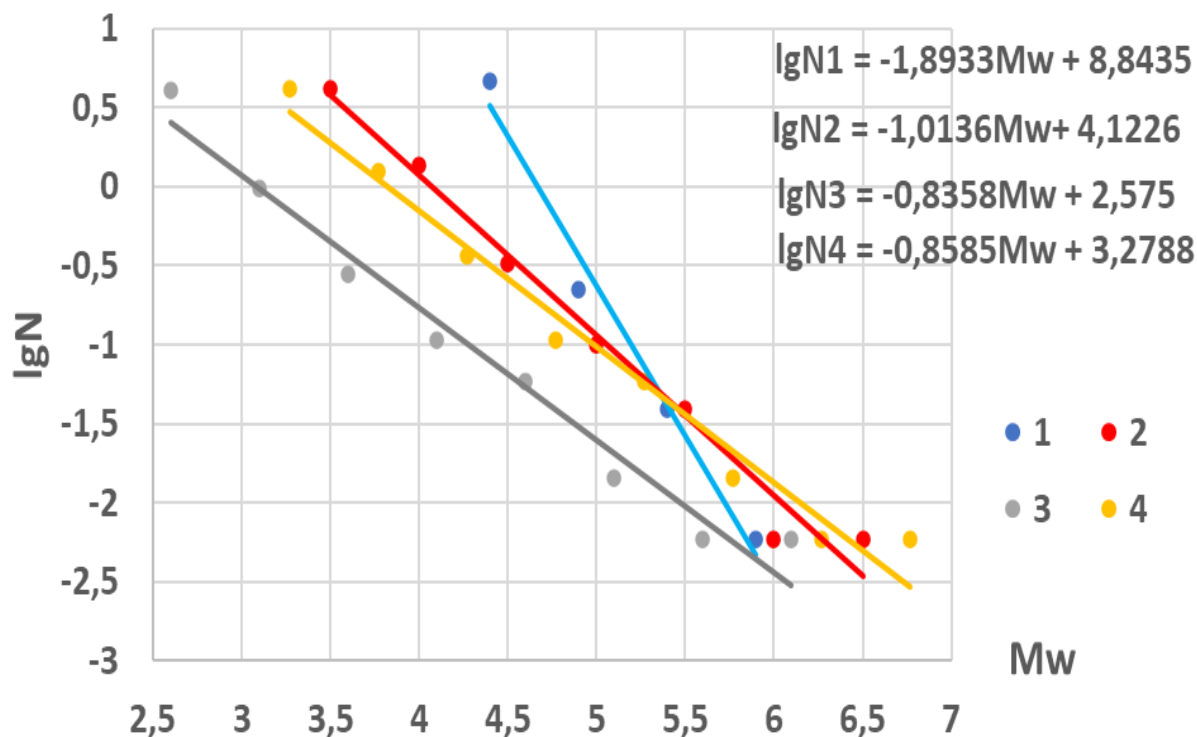


Рис. 2. Графики повторяемости землетрясений в окрестности г. Ташкента при различных формах связи локальной  $M_L$  и моментной  $M_w$  магнитуд: 1 – Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н.; 2 – Татевосян Р.Э. и др.; 3 – Edwards и др.; 4 – Onur Т. и др.

Fig. 2: Plots of earthquakes recurrence in the vicinity of Tashkent city with different forms of connection of local  $M_L$  and moment  $M_w$  magnitudes: 1 – Mukambaev A.S., Mikhailova N.N.; 2 – Tatevosyan R.E. et al.; 3 – Edwards et al.; 4 – Onur T. et al.



Естественно, что различия в оценках входных параметров привели к огромной разнице в результатах оценок сейсмической опасности. Расчеты по программе CRISIS-R [Ordaz, 2007], реализующей вероятностный подход к оценке сейсмической опасности, проводились младшим научным сотрудником С.Х. Ашуровым. Так, для г. Ташкента оценки опасности варьируют в следующих пределах:

- для вероятности  $P = 0,9$  – от  $a_{max} = 204 \text{ см/с}^2$  до  $a_{max} = 370 \text{ см/с}^2$ ;
- для вероятности  $P = 0,95$  – от  $a_{max} = 273 \text{ см/с}^2$  до  $a_{max} = 465 \text{ см/с}^2$ ;
- для вероятности  $P = 0,98$  – от  $a_{max} = 404 \text{ см/с}^2$  до  $a_{max} = 615 \text{ см/с}^2$ ;
- для вероятности  $P = 0,99$  – от  $a_{max} = 506 \text{ см/с}^2$  до  $a_{max} = 730 \text{ см/с}^2$ .

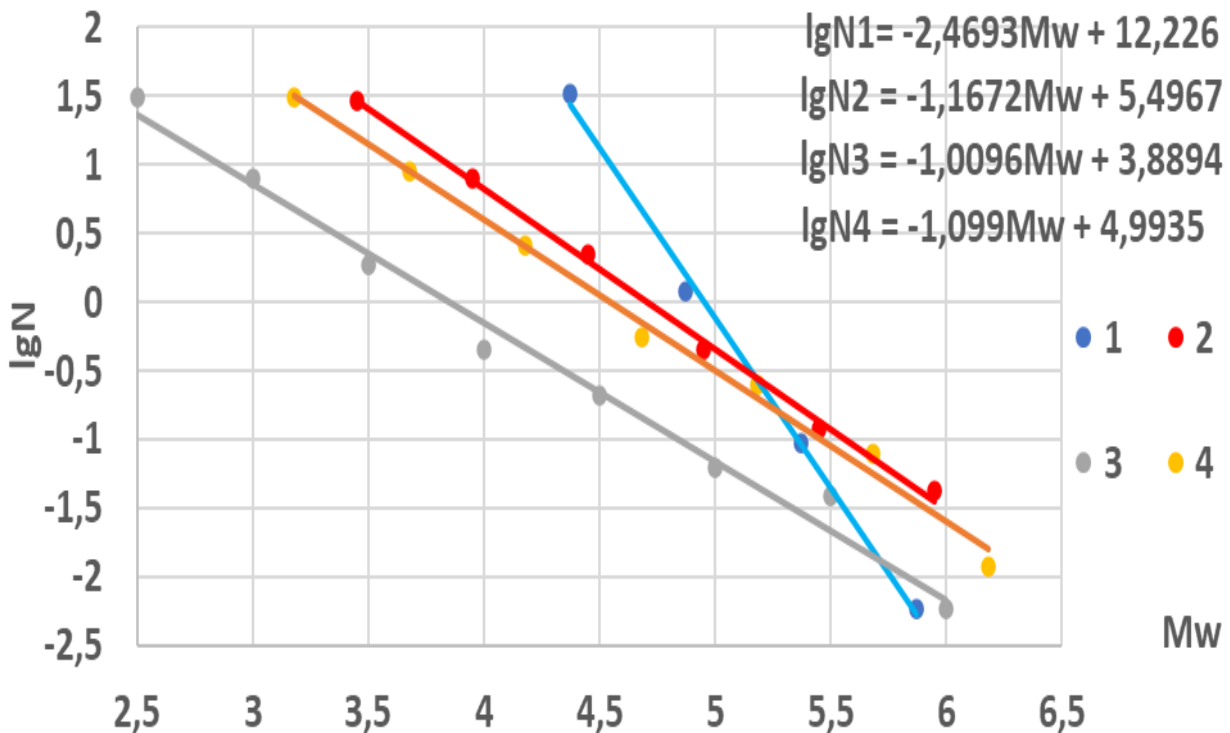


Рис. 3. Графики повторяемости землетрясений в окрестности г. Андижана при различных формах связи локальной  $M_L$  и моментной  $M_W$  магнитуд (Легенда – см. рис. 2).

Fig. 3: Plots of earthquakes recurrence in the vicinity of Andijan city at different forms of connection of local  $M_L$  and moment  $M_W$  magnitudes (Legend – see fig. 2).

При этом наименьшие оценки опасности получались при конвертации по [Edwards et al., 2010], которая использовалась в международном проекте УФУУСРБ по укреплению финансовой устойчивости и ускорению снижения риска бедствий в Центральной Азии (2021-2023), а наибольшие – при конвертации, предложенной в работе [Мукамбаев, Михайлова, 2014].

## ВЫВОД

Основной вывод проведенного исследования состоит в том, что при переходе от локальной магнитуды  $M_L$ , фигурирующей в региональном каталоге, к моментной магнитуде  $M_W$ , необходимой для получения количественных оценок сейсмической опасности в инженерных характеристиках сейсмических воздействий, в зависимости от выбранной формулы перехода, мы получаем огромный диапазон оценок опасности. Поэтому выбор уравнения конвертации должен быть достаточно обоснованным.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мокрушина Н.Г., Вакарчук Р.Н., Татевосян Р.Э. О некоторых сильных землетрясениях Средней Азии во второй половине XIX в // Вопросы инженерной сейсмологии. - 2020. - Т. 47. - № 2. - С. 45-63. <https://static.ifz.ru/10.21455/VIS2020.2-3>.
2. Мукамбаев А.С., Михайлова Н.Н. Решение проблемы неоднородности магнитуд в работах по сейсмическому зонированию территории Республики Казахстан // Вестник НЯЦ РК, 2014. - Вып. 4. - С. 86-92.
3. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений // Методы детального изучения сейсмичности. - М.: ИФЗ АН СССР, 1960. - № 9 (176). - С. 75-114.
4. Рихтер Ч. Инструментальная шкала для магнитуд землетрясений // Слабые землетрясения. - М.: Иностранная литература, 1961. - С. 13-44.
5. Якубов М.С., Соколов М.В. Анализ эффективности сети сейсмических станций Узбекистана на основных этапах ее развития // Сейсмичность территории Узбекистана. - Т.: Фан, 1990. - С. 19-28.
6. Edwards B., Allmann B., Fäh D. et al. Automatic computation of moment magnitudes for small earthquakes and the scaling of local to moment magnitude // Geophys. J Int. 2010. 183: 407-420.
7. Ekstrom G., Nettles M., Dziewonski A.M. The global CMT project 2004-2010: centroid-moment tensors for 13,017 earthquakes. Phys. Earth Planet Int. 2012. 200-201:1-9.
8. Ordaz M., Aguilar A., Arboleda J. CRISIS2007. Program for Computing Seismic Hazard. 2007. Institute of Engineering UNAM, Mexico, available at [www.iingen.unam.mx](http://www.iingen.unam.mx) (last accessed March 2023).
9. Rautian T.G., Khalturin V.I., Fujita K., Mackey K.G., Kendall A.D. Origins and methodology of the Russian energy K-class system and its relationship to magnitude scales // Seismological Research Letters, 2007, 78 (6), 579-590.
10. Tuna Onur, Rengin Gok, Kevin Mackey, Ken Abrams, Anna Berezina, Natalya Mikhailova, Bayan Bekurganova, Shohrukh Murodkulov, Istvan Bondar, and Carlos Herrera. Central Asia Seismic Hazard Assessment (CASHA) "Complete" Catalog of Earthquakes // The auspices of the U.S. Department of Energy by Lawrence Livermore National Laboratory under Contract DE-AC52-07NA27344. 2022.

## ON THE CHOICE OF CONNECTION'S EQUATION BETWEEN MOMENT AND LOCAL MAGNITUDES AT ESTIMATION OF SEISMIC HAZARD

T.L. Ibragimova

**Abstract.** In order to study seismic hazard in engineering indicators of seismic effects it is necessary to have information about parameters of seismic sources expressed through moment magnitude  $M_w$ . In the regional catalog of Uzbekistan the energy class of earthquakes K and local (Richter) magnitude  $M_L$  are used as the main characteristics for classification of earthquakes by magnitude. The article analyzes various forms of relationship between local and moment magnitudes and shows that the resulting estimates of seismic hazard largely depend on the choice of equations linking these characteristics.

**Key words:** seismic hazard, magnitude, energy class, earthquake recurrence, seismic potential.

## SEYSMIK XAVFNI BAHOLASHDA MOMENT VA MAHALLIY MAGNITUDALAR O'RTASIDAGI BOG'LIQLIK TENGLAMASINI TANLASH TO'G'RISIDA

T.L. Ibragimova

**Annotasiya.** Seysmik ta'sirning muhandislik ko'rsatkichlarida seysmik xavfni o'rganish uchun seysmik manbalarning parametrlari to'g'risidagi ma'lumotlar, moment magnitudasi  $M_w$  orqali ifodalanishi kerak. O'zbekiston hududiy katalogida zilzilalar energetik klassi K va mahalliy (Rixter) magnitudali  $M_L$  uzoq vaqt davomida zilzilani magnitudasiga ko'ra tasniflashda asosiy xarakteristikalar sifatida qo'llanilgan. Maqolada mahalliy va moment magnitudasi kattaliklari o'rtasidagi bog'liqlikning turli shakllari tahlil qilingan va natijada seysmik xavfni baholash ko'p jihatdan ushbu xususiyatlarni bog'lovchi tenglamalarni tanlashga asoslanishi ko'rsatilgan.

**Kalit so'zlar:** seysmik xavf, magnituda, energiya klassi, zilzila chastotasi, seysmik potentsial.

УДК 550.34

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В УЗБЕКИСТАНЕ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

*М.А. Мирзаев*

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

**Аннотация.** Оценки сейсмического потенциала и параметров повторяемости землетрясений, необходимые для оценки сейсмической опасности сейсмоактивных территорий, в значительной степени зависят от выбора каталога, по которому производится их определение. Важнейшими требованиями, которые предъявляются к этим каталогам, являются унификация шкалы, характеризующей величину сейсмического события, и определение сроков представительной регистрации землетрясений различного энергетического уровня – периоды полноты каталога. При оценке сейсмической опасности объектов с высокой категорией ответственности необходимо учитывать сейсмические события, отстоящие от исследуемого пункта на расстоянии до 300 км. В этом случае данных, содержащихся в региональном каталоге землетрясений территории Узбекистана, может быть недостаточно. В статье приводятся сведения о региональном каталоге землетрясений Узбекистана и некоторых каталогах землетрясений Центральной Азии, которые были разработаны за последние годы.

**Ключевые слова:** каталог землетрясений, магнитуда, энергетический класс, представительность землетрясений.

**Введение.** Инструментальные сейсмологические наблюдения в Центральной Азии начались с открытия в 1901 г. сейсмической станции Ташкент на базе Ташкентской астрономической обсерватории. Подробное описание динамики изменения сети сейсмометрических наблюдений с момента ее основания по сей день, а также сведения о типах сейсмических приборов, использовавшихся в различные годы, можно найти в работах [1-3]. В настоящее время в республике функционируют свыше 40 сейсмических станций, оснащенных велосиметрами фирмы GURALP.

Региональный каталог землетрясений Узбекистана и прилегающих к нему территорий начал формироваться в середине 70-х годов прошлого столетия в лаборатории Региональной сейсмичности, созданной на базе Ташкентской сейсмологической обсерватории. Каталог объединял сведения об исторической и инструментальной сейсмичности отдельных сейсмоактивных регионов республики, которые длительное время собирались сейсмологами Е.М.Бутовской, В.И.Уломовым, С.С.Сейдузовой, И.Б.Яковлевой, М.Г.Фленовой и другими исследователями. Формирование первой версии электронной базы данных, содержащей в едином формате сведения о произошедших землетрясениях, завершилось к 1985 г. С этого времени эта база регулярно пополнялась данными о происходящих землетрясениях, которые получала сначала Комплексная опытно-методическая экспедиция (КОМЭ) при ИС, а впоследствии Республиканский Центр сейсмопрогностического мониторинга при МЧС РУз.

Региональный каталог включает параметры исторических и инструментальных землетрясений (20 000 сейсмических событий). В качестве основной характеристики для классификации землетрясений по величине в региональном каталоге длительное время (до 2003 г.) использовался энергетический класс землетрясений  $K$ , определяемый по сумме амплитуд объемных  $P$ - и  $S$ -волн, зарегистрированных короткопериодной аппаратурой [4, 5]. Энергетический класс связан с высвобожденной при землетрясениях сейсмической энергией  $E$  зависимостью  $K = \lg E$  (Дж). Связь между энергетическим классом  $K$  и локальной (Рихтеровской) магнитудой  $M_L$  дается соотношением Т.Г.Раутиан для Средней Азии:  $K = 1,8M_L + 4$  [6, 7].

До 3 квартала 2011 г. в региональном каталоге Узбекистана приводился только энергетический класс землетрясений. Карта эпицентров землетрясений территории Узбекистана в период с 1955 по 2011 г. приведена на рис. 1.

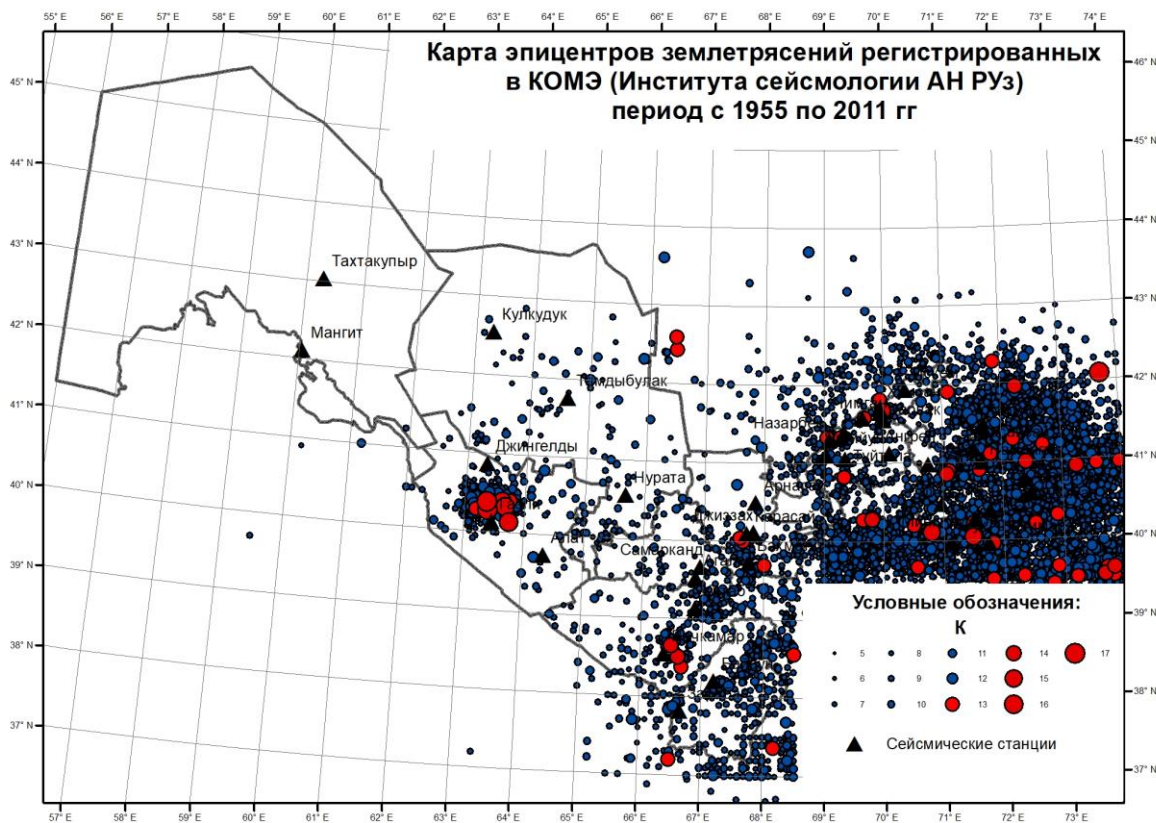


Рис. 1. Карта эпицентров землетрясений в период с 1955 по 2011 гг.

Fig. 1. The map of earthquakes epicenters period from 1955 to 2011 уу.

При оценке представительности землетрясений различного энергетического уровня в региональном каталоге за этот период наблюдений мы опирались на исследования [6], в которых на основе данных о сети сейсмических станций, действовавшей в разные годы, и чувствительности приборов на каждой из этих станций, построена серия карт, показывающих изолинии нижнего энергетического уровня представительных землетрясений. В исследовании [7] карты энергетической представительности построены для сетей сейсмометрических наблюдений, действовавших в 1930, 1940, 1950, 1955, 1965, 1975 и 1985 гг. После 1985 г. длительное время нижний порог представительных землетрясений для всей территории Узбекистана практически не менялся. Во второй половине 2000-х годов, в связи с переходом на цифровую регистрацию землетрясений, началась реорганизация сети. Некоторые из действовавших станций были закрыты, а ряд сейсмических станций установлен на новых местах. В этот промежуток времени по республике отмечалось временное ухудшение качества регистрации землетрясений (период адаптации к цифровой сейсмометрии), что, безусловно, сказалось на изменении нижнего порога представительности землетрясений. В табл. 1 приведены сроки представительной регистрации землетрясений различного энергетического класса в региональном каталоге. Данные по землетрясениям с  $K = 8,6-14,0$  получены непосредственно по картам, приведенным в [8].

Таблица 1 Сроки представительной регистрации землетрясений различного энергетического уровня

Table 1 Timing of representative registration of earthquakes of different energy levels

К	Западная часть	Восточная часть	Для всех
9	1985	1965	1985
9,5	1975	1965	1975

10	1965	1955	1965
10,5	1965	1955	1965
11	1955	1950	1955
11,5	1955	1950	1955
12	1950	1940	1950
12,5	1950	1940	1940
13	1950	1940	1940
13,5	1940	1940	1940
14	1901	1901	1901
15	1850	1850	1850
16	1850	1850	1850
17	1850	1850	1850

Для более старших классов  $K = 15-17$  мы обозначили нижний срок представительной регистрации 1850 годом, исходя из того, что сотрясения, вызванные сейсмическими событиями такого уровня, не могли остаться незамеченными в литературных источниках, а, следовательно, без пропусков внесены в каталог сильных землетрясений под редакцией Н.В. Шебалина [9], в особенности, если они происходили вблизи таких культурных центров республики, как Ташкент (землетрясения 1868, 1886 гг.), или Самарканд (Уратюбинские землетрясения 1897 г.). Интервалы времени представительной регистрации землетрясений различного энергетического уровня показаны на рис. 2.

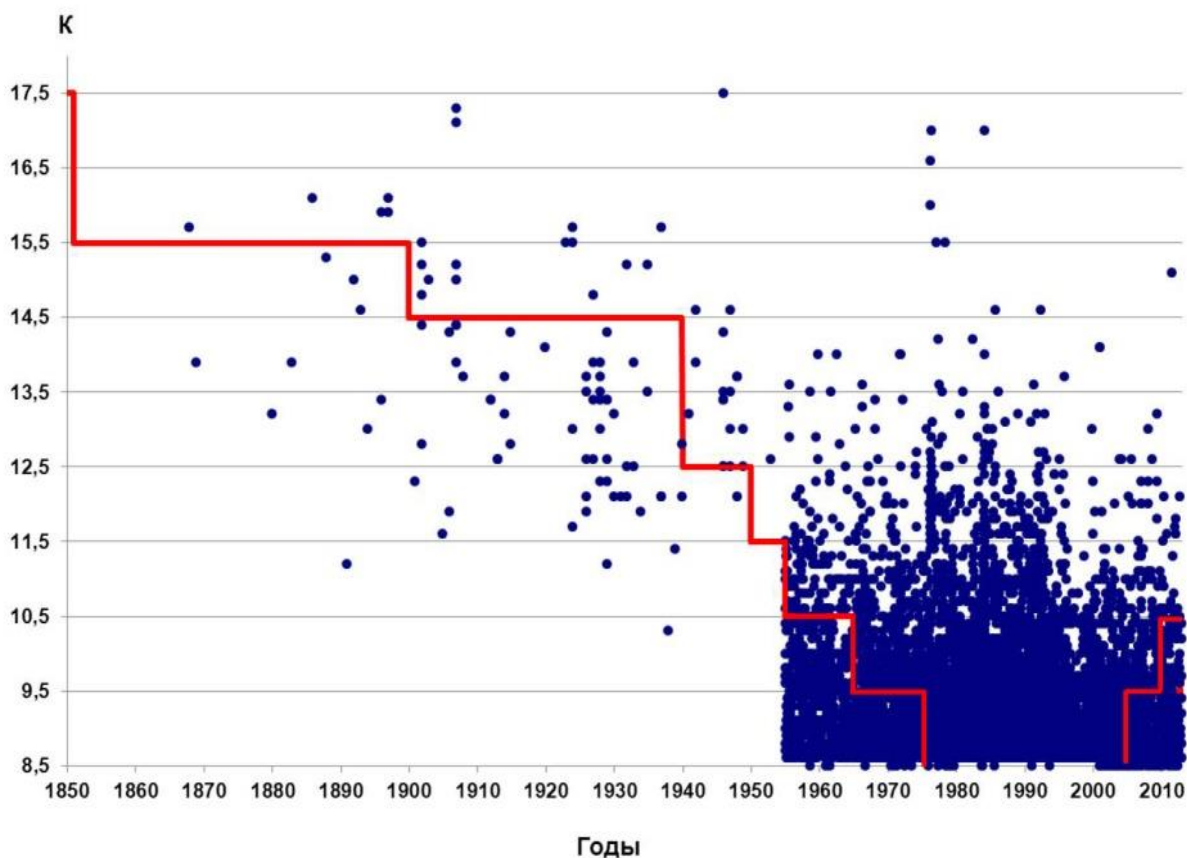


Рис. 2. Временные интервалы представительности землетрясений различного энергетического уровня.

Fig. 2. Time interval for different power level earthquakes.

На рис. 3 приведен график повторяемости землетрясений различного энергетического класса, построенный по данным регионального каталога с учетом сроков представительной регистрации землетрясений различных энергетических классов.

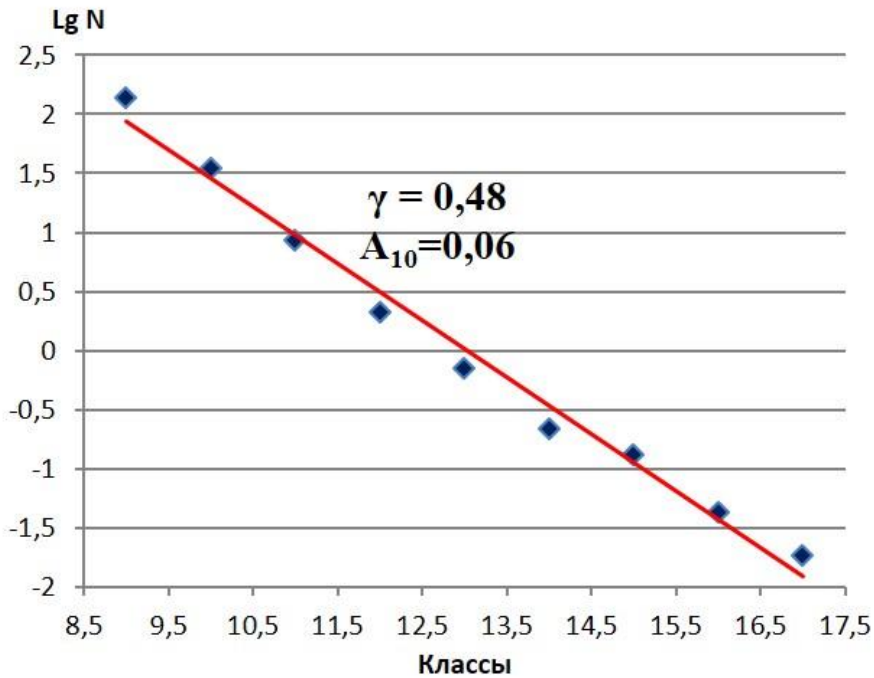


Рис. 3. Графики повторяемости землетрясений территории Узбекистана по региональному каталогу, построенному по землетрясениям с  $K = 9-17$  с учетом сроков их представительной регистрации.

Fig. 3. Earthquake repeatability graphs had been constructed by earthquakes of different energy levels with  $K = 9-17$  considering the periods of their representative registration.

В период с 1 октября 2011 г. по 31 марта 2016 г. наряду с энергетическим классом  $K$  в региональном каталоге приведены определения магнитуды  $M_L$ , а с 1 апреля 2016 г. указывалась только магнитуда землетрясений  $M_L$ .

По указу Президента Республики Узбекистан от 1 июня 2017 г. № УП-5066 «О мерах по коренному повышению эффективности системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» сейсмические и сейсмопрогностические станции переданы в Республиканский Центр сейсмопрогностического мониторинга (РЦСМ) при МЧС РУз. За период 2017-2019 гг. при регистрации землетрясений в РЦСМ проводилось определение магнитуды  $M_b$ , а с 2019 г. по настоящее время для каждого сейсмического события определяются магнитуды  $M_b$  и  $M_L$ . Карта эпицентров землетрясений Узбекистана за исторический и инструментальный период наблюдений (до 1 января 2023 г.) при классификации землетрясений по магнитуде  $M_L$  показана на рис. 4.

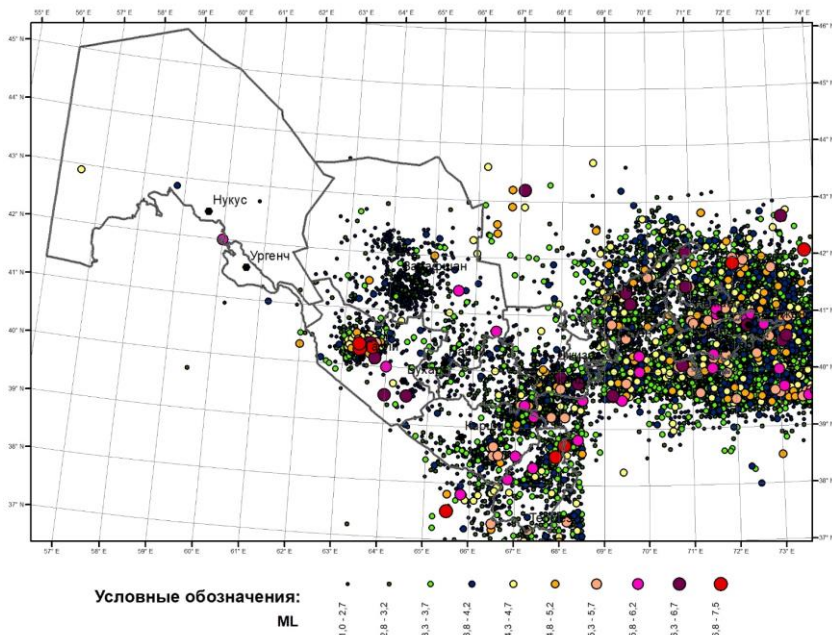


Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Узбекистана по региональному каталогу за исторический и инструментальный период наблюдений (до 1 января 2023 г.) при классификации землетрясений по магнитуде  $M_L$  показана на рис. 4.

Рис. 4. Карта эпицентров землетрясений Узбекистана по региональному каталогу за исторический и инструментальный период наблюдений (до 1 января 2023 г.).

Fig. 4. The map of earthquake epicenters in Uzbekistan according to the regional catalog for the historical and instrumental observation period (until January 1, 2023).

Помимо регионального каталога землетрясений территории Узбекистана, в результате участия сотрудников Института сейсмологии АН РУз в международных проектах, в Институте имеются несколько каталогов, охватывающих всю территорию Центральной Азии. Остановимся на них несколько подробнее.

Каталог CASRI-EMCA [10, 11] разработан в процессе реализации международного проекта EMCA по оценке сейсмической опасности территории Центральной Азии, являющегося частью глобального проекта GEM. Каталог CASRI-EMCA включает параметры исторических и инструментальных землетрясений до 2017 г. включительно – 55 228 событий. Каталог гармонизирован по магнитуде Mw. В [12] исследованы годы полноты каталога CASRI-EMCA и определено региональное значение угла наклона графика повторяемости землетрясений Центральной Азии  $b = 1,105$  (параметр  $b$  в зависимости Гуттенберга-Рихтера). Периоды полноты каталога CASRI-EMCA, согласно исследованиям этих авторов, приведены в табл. 2 [12]. Карта эпицентров землетрясений территории Узбекистана по каталогу CASRI-EMCA показана на рис. 5.

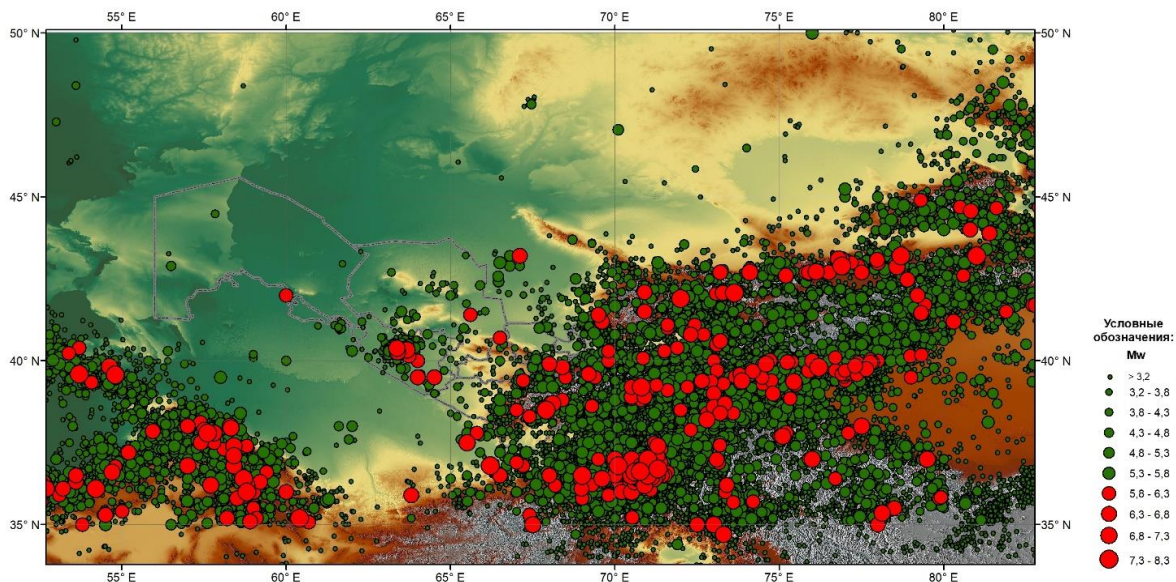


Рис. 5. Карта эпицентров землетрясений Узбекистана по каталогу CASRI-EMCA.

Fig. 5. The map of earthquake epicenters in Uzbekistan according to the CASRI-EMCA catalog.

Таблица 2

Периоды представительной регистрации землетрясений различного магнитудного уровня по каталогу CASRI-EMCA

Table 2

Periods of representative registration of earthquakes of various magnitudes according to the CASRI-EMCA catalog

Магнитуда, Mw	Период полноты каталога, года	Начало периода, год
3,2-4,4	6	2010
4,5	15	2001
4,6	54	1982
4,7	56	1960
5,0	56	1960
5,5	92	1924
6,0	96	1920
6,5	136	1880
7,0	146	1870
8,2	146	1870

Каталог землетрясений Центральной Азии, разработанный в процессе реализации международного проекта «Единая региональная оценка риска для землетрясений и наводнений и

анализа сценариев отдельных оползней в целях укрепления финансовой устойчивости и ускорения темпов снижения риска бедствий в Центральной Азии», финансируемого Всемирным Банком (2021-2023 гг.), содержит 55 684 событий [13]. В нем отражена информация об исторических и инструментальных сейсмических событиях до 2020 г. Как и каталог CASRI-EMCA, каталог, созданный в процессе реализации данного проекта, гармонизирован по магнитуде Mw. В [13] приводятся периоды представительной регистрации землетрясений по данному каталогу (табл. 3). Карта эпицентров землетрясений территории Узбекистана по каталогу Всемирного Банка показана на рис. 6.

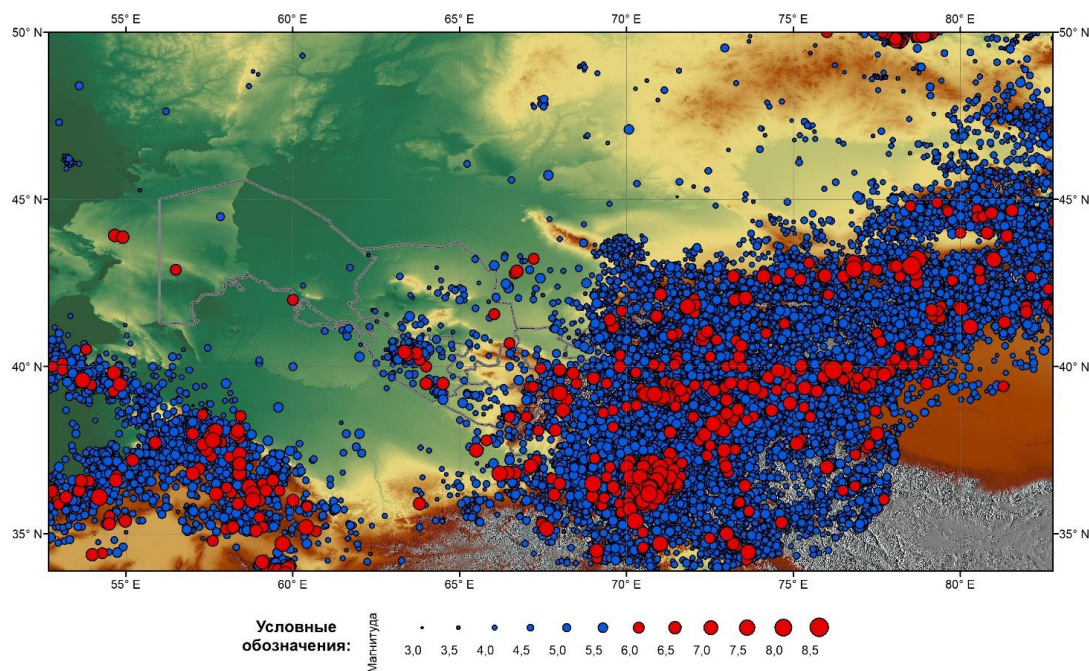
Таблица 3

**Периоды представительной регистрации землетрясений различных магнитуд по каталогу Всемирного Банка**

Table 3

**Periods of representative registration of earthquakes of various magnitudes according to the World Bank catalog**

Магнитуда	Шаг магнитуд	Год начала	Год окончания
4,50	0,25	1980	2020
4,75	0,25	1960	2020
5,00	0,50	1930	2020
5,50	0,50	1910	2020
6,00	1,00	1900	2020
7,00	1,00	1850	2020



**Рис. 6. Карта эпицентров землетрясений Узбекистана по каталогу Всемирного Банка.**

**Fig. 6. The map of earthquake epicenters in Uzbekistan according to the World Bank catalog.**



Помимо каталогов, описанных выше, в общем доступе имеются следующие каталоги землетрясений мировых сейсмологических Агентств, которые охватывают территорию Узбекистана:

- каталог сети сейсмических станций ISC (International Seismological Centre)  $M \geq 4,5$  от 1901 до 2023 гг. [14];
- каталог EMSC (European-Mediterranean Seismological Centre)  $M \geq 4,5$  с 2004 до 2023 г. [15];
- каталог USGS (United States Geological Survey)  $M \geq 2,7$  с 1901 по 2023 гг. [16].

Приведение различные типов магнитуд, используемых в этих каталогах, к единой магнитуде, а также оценка сроков представительной регистрации землетрясений различного энергетического уровня по этим каталогам выходит за рамки настоящей статьи.

Таким образом, для оценки сейсмической опасности территории Узбекистана и работ, направленных на прогнозирование землетрясений, имеется несколько каталогов землетрясений. Вместе с тем, эти данные не всегда согласуются между собой. Создание на базе существующих единого каталога землетрясений территории Узбекистана является весьма непростой задачей. Она должна включать уточнение координат произошедших землетрясений (с возможным обращением к первичным источникам информации, т. е. записям землетрясений), построение зависимостей, связывающих различные типы магнитуд, использовавшихся в разные годы, оценку представительности землетрясений различного уровня и т. д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Зияудинов Ф.Ф. Сейсмическая опасность территории Узбекистана. - Т.: Фан, 2012. - 254 с.
2. Якубов М.С., Соколов М.В. Анализ эффективности сети сейсмических станций Узбекистана на основных этапах ее развития // Сейсмичность территории Узбекистана / Под ред. К.Н.Абдуллабекова. - Т.: Фан, 1990. - С. 19-28.
3. Кучкаров К.И. Спектральные характеристики сейсмического шума сейсмических станций Узбекистана // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т.: ИС АН РУз, 2016. - № 11. - С. 47-52.
4. Раутиан Т.Г. Энергия землетрясений. Методы детального изучения сейсмичности. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - С. 75-114.
5. Rautian T.G., Khalturin V.I., Fujita K., Mackey K.G., Kendall A.D. Origins and methodology of the Russian energy K-class system and its relationship to magnitude scales // Seismol. Res. Lett., 2007, v. 78 (6), 579-590.
6. Ташкентское землетрясения 26 апреля 1966 года. - Т.: Фан, 1971. - 670 с.
7. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 года. - М.: Наука, 1977. - 535 с.
8. Уломов В.И., Яковлев И.Б., Якубов М.С. и др. Сейсмичность территории Узбекистана. - Т.: Фан, 1990. - 344 с.
9. Кондорская Н.В., Шебалин Н.В. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. - М.: Наука, 1977. - 536 с.
10. Mikhailova N., Mukambayev A., Aristova I., Kulakova G., Ullah S., Pilz M., Bindi B. Central Asia earthquake catalogue from ancient time to 2009. ANNALS OF GEOPHYSICS, 58, 1, 2015, S0102; doi:10.4401/ag-6681;
11. Ullah Sh., Bindi D., Pilz M., Danciu L., Weatherill G., Zuccolo E., Ischuk A., Mikhailova N., Abdrakhmatov K., Parolai S. Probabilistic seismic hazard assessment for Central Asia. Annals of geophysics. Special Issue, 2015. - 58, 1, S0103. DOI:10.4401/ag-6687.
12. Ищук А.Р., Линдхольм К., Ильясова З.Г., Муродкулов Ш.Я. Вероятностный анализ сейсмической опасности территории Таджикистана // Проблемы сейсмологии. - 2022. - № 1. - Т. 4. - С. 29-49.
13. Poggi V., Silacheva N., Ischuk A., Ibragimov R., Ismailov V., Abdrakhmatov K., Kobuliev Z., Karayev J., Parolai S., Bazzurro P. Development of an improved PSHA model for Central Asia // Proceedings of the Third European Conference on Earthquake Engineering and Seismology (3ECEES) September 4 - September 9 2022, Bucharest, Romania. - P. 3900-3905
14. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>
15. [https://www.emsc-csem.org/Earthquake\\_data/](https://www.emsc-csem.org/Earthquake_data/)
16. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=10.74697,-144.22852&extent=58.44773,-45.79102>

## ЎЗБЕКИСТОН ВА МАРКАЗИЙ ОСИЁ ЗИЛЗИЛАЛАР КАТАЛОГИНИНГ ЗАМОНАВИЙ ХОЛАТИ

М.А. Мирзаев

**Аннотация.** Сейсмафаол ҳудудларни сейсмик хавфини баҳолашда кенг фойдаланиладиган сейсмик потенциал ва зилзила қатарлиш даврини баҳолашда фойдаланилаётган каталог муҳим аҳамиятга эга. Зилзила параметрлари бир хил тартибда ва талаблар асосида аниқланган, турли катталиқдаги зилзилаларнинг узлуксиз қайд этиш даврлари баҳоланган зилзилалар каталогининг асосий талабларига киради. Ўта муҳим объектларнинг сейсмик хавфи баҳоланётганда 300 км радиусдаги зилзилалар таҳлил қилинади. Шу сабабдан ҳудудий каталоглар етарли бўмай қолиши мумкин. Ушбу мақолада Ўзбекистоннинг ҳудудий каталоги ва охириги йилларда яратилган баъзи Марказий Осиё зилзилалар каталоглари таҳлил қилинган.

**Калит сўзлар:** зилзила каталоги, магнитуда, энергетик синф, зилзиланинг узлуксиз файд этиш даври.

## MODERN CONDITION OF THE EARTHQUAKE CATALOG IN UZBEKISTAN AND CENTRAL ASIA

M.A. Mirzaev

**Abstract.** Estimates of seismic potential and earthquake recurrence parameters, necessary for assessing the seismic hazard of seismically active territories, largely depend on the choice of the catalog from which they are determined. The most important requirements for these catalogs are the unification of the scale characterizing the magnitude of the seismic event and the determination of the timing of representative registration of earthquakes of different energy levels - periods of catalog completeness. When assessing the seismic hazard of objects with a high category of responsibility, it is necessary to take into account seismic events located at distances of up to 300 km from the point under study. In this case, the data contained in the regional catalog of earthquakes in the territory of Uzbekistan may be insufficient. The article provides information about the regional catalog of earthquakes in Uzbekistan and some catalogs of earthquakes in Central Asia that have been developed in recent years.

**Key words:** earthquake catalogue, magnitude, каталог землетрясений, магнитуда, energy class, representativeness of earthquakes.

# ZILZILALARNI PROGNOZLASH

УДК 550.38 550343(375.1)

## ХРОНИКА ПРОБНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ НА ЮГЕ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ

М.Ю. Муминов<sup>1</sup>, У.Ч. Жаббаров<sup>2</sup>, М.З. Мирзоедов<sup>2</sup>

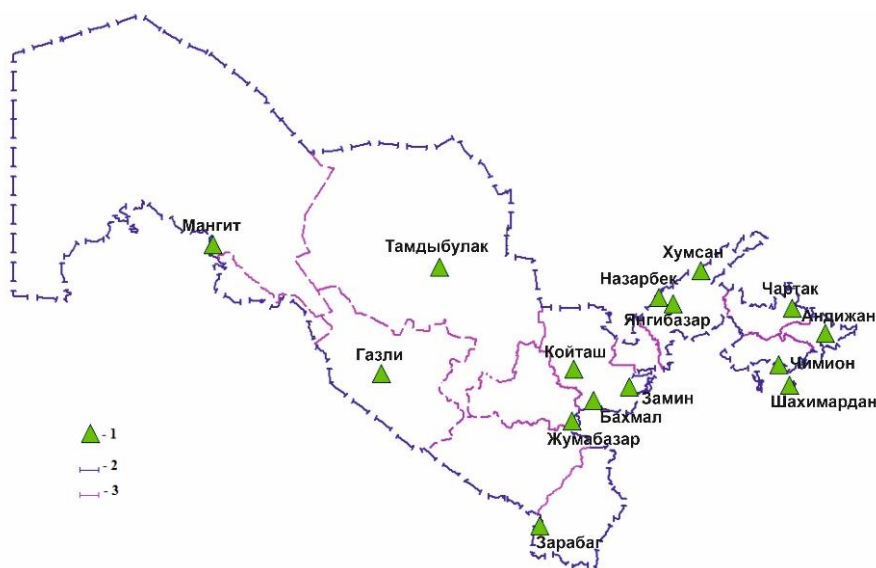
<sup>1</sup>Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент, muminov.mirzoid@mail.ru

<sup>2</sup>МЧС Узбекистана, Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга

**Аннотация.** Приводится хроника пробного прогнозирования сильнейшего землетрясения вблизи озера Сарез. Объяснена технология применения оценочных параметров и результаты практического прогноза.

**Ключевые слова:** землетрясение, предвестник, геомагнитное поле, аномалия, дальность распространения, прогнозирование.

Начиная со второй половины 2022 г., на всех функционирующих прогностических магнитометрических станциях Ферганского геодинамического полигона Республиканского центра сейсмопрогностического мониторинга (РЦСМ) МЧС Республики Узбекистан проявились примерно однотипные бухтообразные предвестниковые аномалии относительно станций, расположенных в Приташкентском районе (обсерватория Янгибазар и ст. Назарбек) (рис. 1). Во всех станциях изменения поля регистрировались высокоточными ( $\pm 0,1$  нТл) протонными магнитометрами (GSM-19T, Канада), работающими с частотой опроса 1 замер/10 минут, круглосуточно. За 45-летний период наблюдений временного ряда разностного магнитного поля ( $\Delta T$ ) и раньше отмечались случаи регистрации предвестниковых аномалий, проявившиеся синхронно на 2-3 прогностических станциях [Абдуллабеков, 1989; Муминов, 2012]. В настоящем случае однотипные аномалии с длительностью 200-270 суток наблюдались на всех четырех прогностических станциях Ферганского полигона – Чартак, Андижан, Чимион и Шахимардан. В геолого-геофизическом и сейсмотектоническом отношении они расположены в значимо отличающихся условиях [Ибрагимов, 1970]. Например: станции Чартак и Шахимардан расположены на северном и южном бортах Ферганской впадины, над магматическим основанием



**Рис. 1. Схема расположения магнитометрических станций в Узбекистане в 2023 г.** 1 – стационарные магнитометрические станции GSM-19T; 2 – граница Республики Узбекистан; 3 – границы областей.

**Fig 1. Scheme of the location of magnetometric stations in Uzbekistan in 2023.**

1 – stationary magnetometric stations -GSM-19T; 2 – border of the Republic of Uzbekistan; 3 – domain boundaries.

домезозойского фундамента [Ибрагимов, 1970] и имеют, соответственно, первая – относительно значимую чувствительность к землетрясениям, происходящим в Северо-Ферганской сейсмогенной зоне, и вторая – преимущественно в зоне динамического действия Кумбель-Памирского

субмеридионального линеамента [Якубов и др., 1962]. Третья станция – Андижан, расположенная над 8-10-километровым осадочным чехлом долины, имеет неопределенную особенность чувствительности к землетрясениям Ферганского полигона (иногда отмечаются предвестники, иногда нет, иногда предвестниковые аномалии оказываются ложными). Станция Чимион – самая на сегодняшний день высокочувствительная среди прогностических станций Узбекистана [Муминов и др., 2023], имеет повышенную чувствительность (9,4% для землетрясений  $M = 4,5-5,0$ ; 57,1% – для  $M = 5,1-5,5$  и 100% – для  $M \geq 5,6$ ) – только на землетрясения, происходящие в пределах Южно-Тянь-Шаньского блока II ранга [Атабеков и др., 2022]. Она расположена в южном борту впадины, в слабомагнитном поле, в районе пересечения трех сейсмоактивных разломов (Южно-Ферганская флексурно-разрывная зона, Южно-Ферганский глубинный разлом и Кумбель-Памирский линеамент). Здесь проходит максимальный участок Южно-Тянь-Шаньской региональной аномалии электропроводности [Муминов и др., 1986].

Опорные станции Назарбек и Янгибазар в период аномальных проявлений на станциях Ферганского полигона работали идентично, в пределах уровня методических погрешностей ( $\sigma_{cp} = \pm 0,35$  нТл) Из вышеприведенного легко определить разнообразие геолого-геофизических условий района расположения четырех рядовых и одной опорной станции (Назарбек) и особенности их чувствительности к землетрясениям. Проявившиеся во второй половине 2022 г. синхронные аномальные изменения, естественно, вызвали большой интерес к ним. Первые тревожные сигналы о возможности возникновения землетрясения были объявлены еще в конце октября 2022 г. (Протокол Прогнозной комиссии № 43 от 27.10.2022 г.), когда трендовые повышения фонового уровня флуктуации  $\Delta T$  превышал уровень  $2\sigma_{cp}$ , что считается аномальным проявлением временного ряда  $\Delta T$ . После смены аномального хода, что еще именуется как “критическая ситуация”, позволяющей приблизительно оценить полную длительность аномального проявления

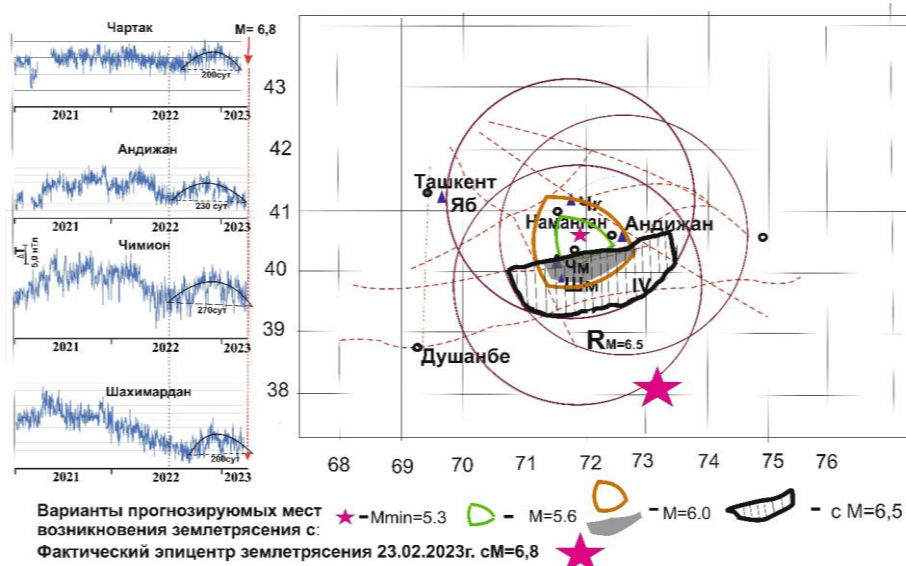


Рис. 2. Копия схемы прогнозного заключения от 10.02.2023 г. и фактический эпицентр землетрясения 23.02.2023 г. с  $M = 6,8$ .

Fig. 2 Copy of the scheme of the predictive conclusion dated February 10, 2023 and the actual epicenter of the earthquake on February 23, 2023 with  $M = 6,8$ .

(статистика показывает, что в большинстве случаев период повышения аномалии равняется периоду его восстановления до нормального фонового уровня), возможно приблизительно оценить силу прогнозируемого землетрясения. Так как к концу 2022 г. наблюдаемые аномалии начали возвращаться к своим фоновым уровням, был дан предварительный прогноз в совместную Межведомственную Прогнозную комиссию Института сейсмологии АН РУз и Республиканского центра сейсмопрогностического мониторинга МЧС РУз о возможности возникновения сильного землетрясения на юге Ферганской долины между г. Андижан, Наукат, Кызыл-Кия и Фергана (Протокол № 47 от 24.11.2022 г.). В последующем изменение (увеличение) длительности  $\Delta t_a \geq$  до 8-9 месяцев диктовало пересмотреть ранее проведенные расчеты. Согласно зависимости  $Ig\Delta t_a = 0,27M + 0,84$  [Муминов, 2012], длительность аномального периода 8-9 месяцев соответствует землетрясению с  $M = 5,7-5,9$ . Сложившаяся ситуация «наличия» или «отсутствия» аномальных

проявлений на пунктах Ферганской долины обусловила необходимость решения наиболее вероятных вариантов места возникновения землетрясения в зависимости от его силы.

Используя способ, предложенный М.Ю.Муниным и др. (2015), выделялись вероятные места возникновения определенной силы землетрясения в потенциально опасном исследуемом районе (рис. 2). В нашем конкретном случае определение вероятного места возникновения землетрясения выполнено для  $M = 5,8-6,5$  с ограничениями, учитывающими особенности чувствительности ст. Чимион (Протокол ПК от 02.02.2023 № 5 и копия схемы рис. 2, отправленная 10.02.2023 г. по ТЕЛЕГРАММ-каналу в РЦСМ МЧС РУз). Результаты многолетних исследований на ст. Чимион показывают, что в случаях проявления среднепериодных положительных бухтообразных предвестников на этой станции землетрясения с  $M = 4,5-6,5$  возникают в пределах Южно-Тянь-Шаньского блока [Мунинов и др., 2013] (рис. 3). Для остальных станций, из-за малой статистики случаев, в качестве оценочного параметра дальности распространения предвестниковой аномалии использованы зависимости  $lgR = 0,35M+0,04$  – по М.А.Садовскому и др. [1979], и  $lgR = 0,201M + 1$  – по К.Н.Абдуллабекову и др. [2015]. Как видно из рис. 2, отмеченная особенность ст. Чимион внесла особую коррекцию о невозможности возникновения землетрясения  $M \geq 6,5$  вне Южно-Тянь-Шаньского блока. По-видимому, эта особенность ст. Чимион на сегодняшний день не имеет резкого основания. К тому же максимальная длительность предвестниковой аномалии имела значение 270 суток, что, по зависимости  $lg\Delta t_a = 0,27M + 0,84$  [Мунинов, 2012] соответствует землетрясению с  $M = 5,7-5,9$ . Относительная непродолжительность фактического проявления аномального периода для землетрясения с  $M = 6,8$  (270 суток вместе 460 суток, согласно  $lg\Delta t_a = 0,27M + 0,84$ ), способствовала ограничиться определением места события до  $M = 6,5$ .

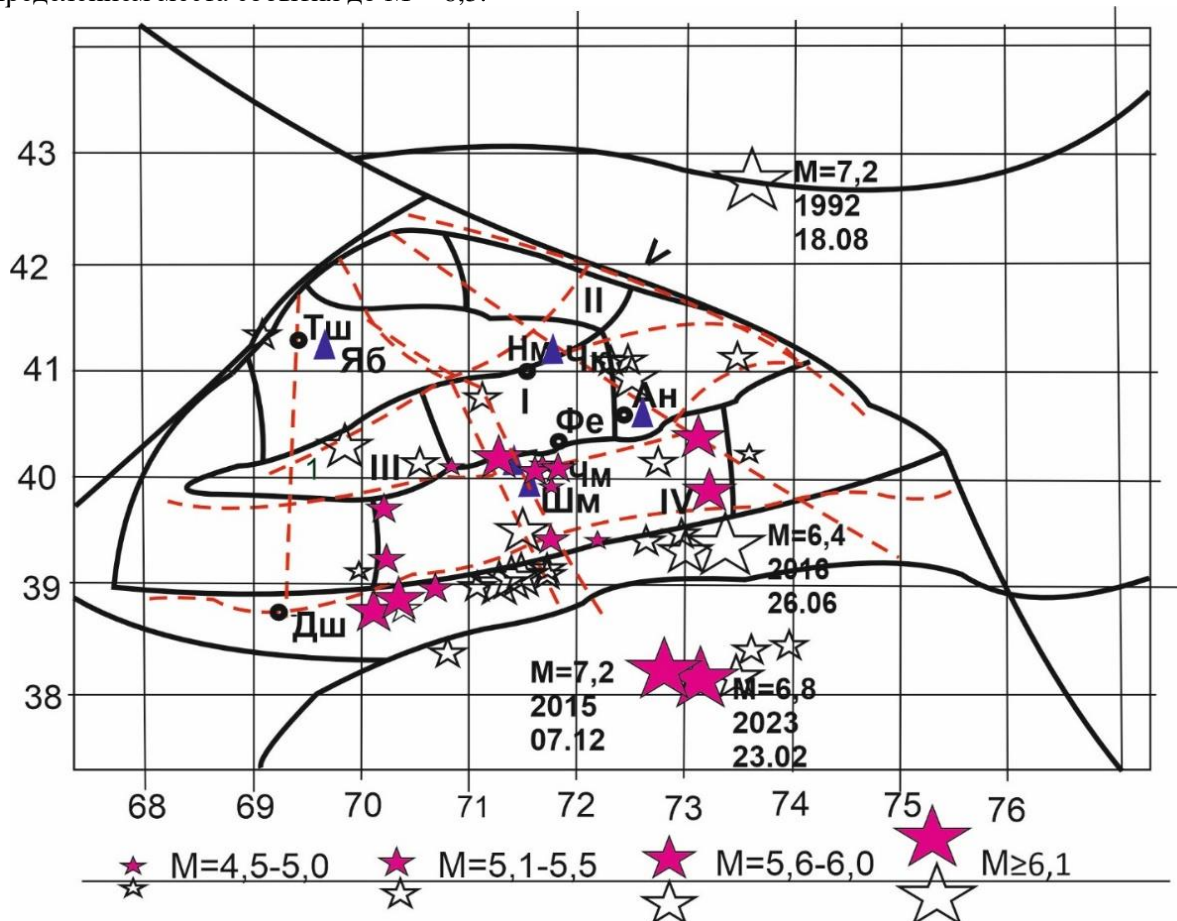


Рис. 3. Проявление предвестниковых сигналов землетрясений в период нормальной работы ст. Чимион в 1980-2023 гг. Звёздочки крашенные – эпицентры землетрясений с соответствующей силой, от которых зарегистрирован предвестниковый сигнал; некрашенные звёздочки – то же, от которых не зарегистрирован предвестниковый сигнал.

Fig. 3. Manifestation of earthquake warning signals during normal operation of st. Chimion in 1980-2023 гг. Asterisks painted – epicenters of earthquakes with the corresponding force from which a warning signal was registered; unpainted stars – the same from which no warning signal was registered.

При определении времени вероятного возникновения ожидаемого землетрясения ориентировались на результаты статистики [Муминов и др., 2023]. Отмечается, что наиболее вероятным временем возникновения землетрясения в случаях выявления предвестниковой аномалии на ст. Чимион является последняя четверть восстановительного периода (вероятность случаев 30%) и столько времени после завершения аномалии (вероятность также 30% случаев) (рис. 4).

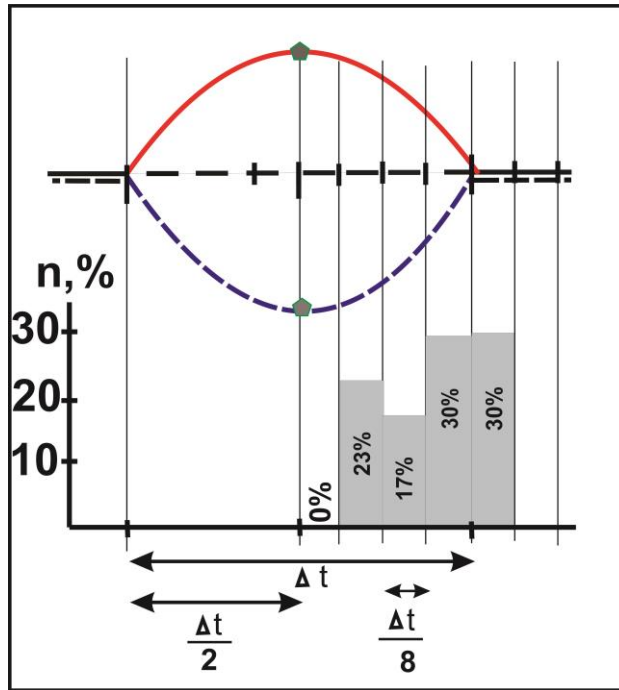


Рис. 4. Вероятностное время возникновения землетрясения в зависимости от стадии развития наблюдения среднепериодной бухтообразной геомагнитной предвестниковой аномалии ст. Чимион (из 16 случаев в процентах). Пятиугольник – экстремум (Ex) положительной или отрицательной предвестниковой аномалии;  $\Delta t$  – длительность проявления предвестниковой аномалии.

Fig. 4. Probability time of occurrence of an earthquake depending on the stage of development of observation of the mid-period bay-like geomagnetic precursor anomaly at st.Chimiion(out of 15 cases in percent). Pentagon – extremum (Ex) of positive or negative precursor anomaly;  $\Delta t$  – duration of manifestation of the precursor anomaly.

Все эти факторы привели к некоторым ошибкам определения параметров землетрясения. Хотя, в принципе, прогнозирование этого землетрясения на уровне сегодняшнего дня можно считать удовлетворительным. Основаниями для подобной оценки являлись устные доклады и письменные заключения ответственных исполнителей, запротокколированные в делах Межведомственной Прогнозной комиссии Института сейсмологии АН РУз и РЦСМ МЧС РУз:

1. Заблаговременное сообщение (27 октября 2022 г.) о предстоящей опасности.
2. Выдача прогнозного заключения от 24 ноября 2022 г. о возможности возникновения землетрясения с  $M \geq 5,5$  на юге Феганской долины в течение января-февраля 2023 г.
3. Выдача схемы прогнозного заключения с корректировкой (заключение от 02.02.2022 г. и схема по ТЕЛЕГРАММ-каналу от 10.02.2023 г.).

**Землетрясение произошло 23.02.2023 г. в Таджикистане, вблизи оз. Сарез с  $\phi = 38,1$  и  $\lambda = 73,2$ ,  $M = 6,8$ .**

Ошибки определения параметров прогноза:

ВРЕМЯ – 0 (в течение января-февраля 2023 г.);

СИЛА – 0,3M (ожидалось  $M = 5,5-6,5$ );

МЕСТО – 150 км (при правильном определении направления ожидаемого места возникновения землетрясения).

У читателя статьи может возникнуть естественный вопрос: «Как реагировали прогностические станции в 2015 г., когда в районе оз. Сарез произошло более сильное землетрясение с  $M = 7,2$ ?». Ответ приведен на рис. 4. В 2015 г. на разностном поле  $\Delta T$  между станциями Чимион и Янгибазар, как и в 2022-2023 гг., отмечалось аномальное изменение длительностью 8-9 месяцев. Тогда в зоне чувствительности ст. Чимион произошло Куршабское землетрясение 17.11.2015 г. с  $M = 5,7$  (в некоторых каталогах приводится как  $M = 6,0$ ). А спустя 20 суток (07.12.2015 г.) произошло сильнейшее ( $M = 7,2$ ) землетрясение вблизи оз. Сарез (см. рис. 2, 3). Так как Куршабское землетрясение полностью соответствовало параметрам наблюдаемой предвестниковой аномалии данного прогнозного заключения, мало внимания тогда уделялось более удаленному, но в то же время более сильному землетрясению (рис. 5). Параметры аномалии, наблюдаемые в 2015 и 2023 гг., очень схожи между собой по показателям длительности проявления и интенсивности, но они значительно отклонены от ранее установленных эмпирических усредненных зависимостей  $\Delta t_a = f(M)$ , или  $R = f(M)$ . По-видимому, сильнейшие ( $M \geq 6,5$ ) землетрясения имеют существенные отличительные особенности проявления как по времени, так и по масштабу. Из-за относительно недостаточного статистического материала о происшедших сильнейших землетрясениях в период инструментальных наблюдений, часто обнаруживаются существенные отклонения от усредненных значений эмпирических зависимостей. Это свидетельствует об относительной некорректности верхней части выявленных зависимостей.

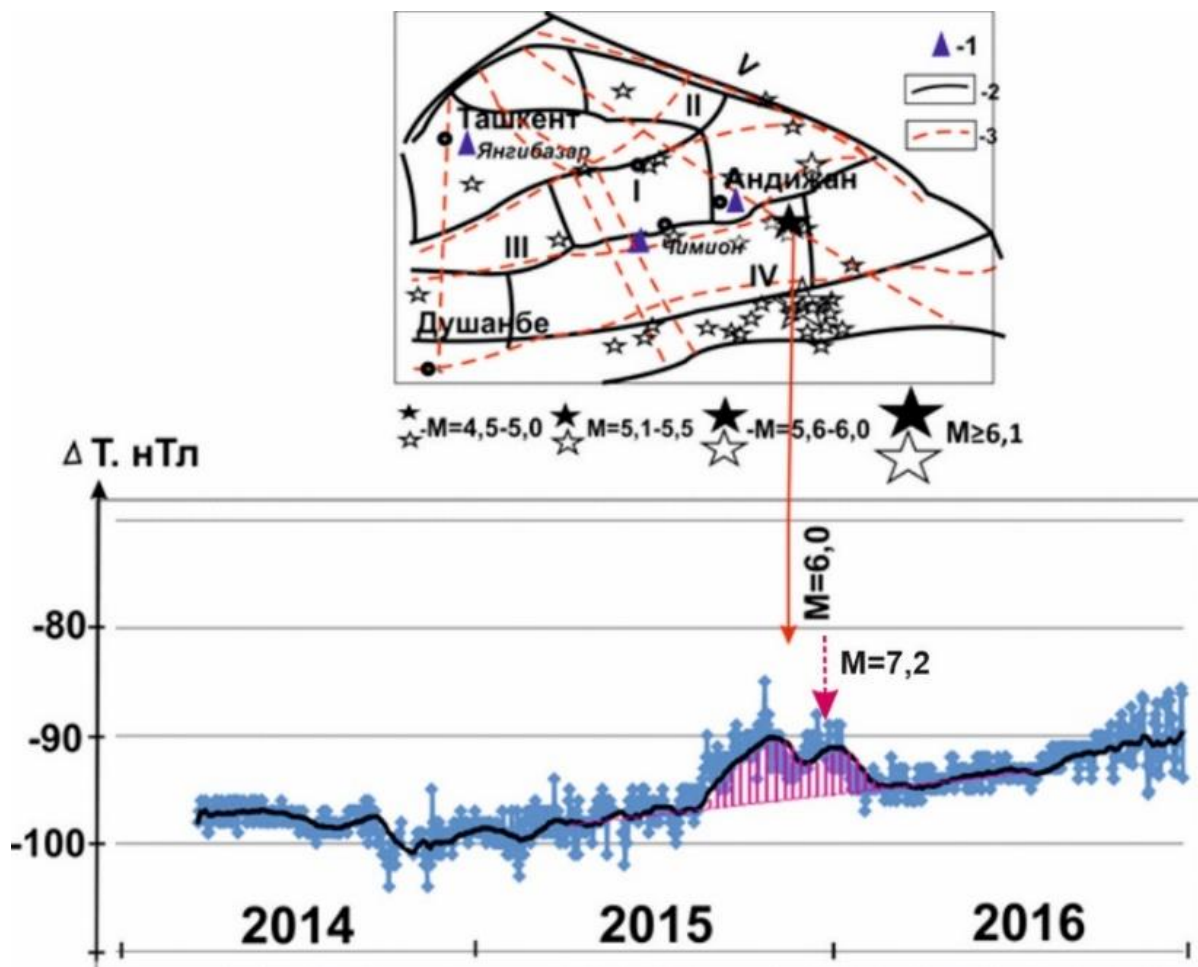


Рис. 5. Проявление предвестника магнитного поля на ст. Чимион, возможно, связанного с Куршабским и Сарезским землетрясениями 2015 г. Стрелка со штрихом – момент возникновения землетрясения 2015 г. вблизи оз. Сарез.

Fig. 5. Manifestation of a magnetic field precursor at Chimion station possibly related to the Kurshab and Sarez earthquakes of 2015. The dashed arrow shows the moment of the 2015 earthquake near Lake Sarez.

## Заключение

1. В формировании и распространении магнитных предвестников землетрясений основную роль играют геолого-геофизические и сеймотектонические особенности района исследований.

2. Отличительные особенности проявления во времени и в пространстве сильнейших землетрясений от средних и слабых свидетельствуют о необходимости их исследования всесторонне и с повышенной требовательностью.

3. Статья не является саморекламой, а имеет цель оказать методическую помощь специалистам при практическом прогнозировании землетрясений.

Авторы с глубокой признательностью выражают свою благодарность председателю Прогнозной комиссии академику К.Н.Абдуллабекову, члену комиссии У.А.Нурматову и другим за ценные советы и критические замечания в процессе пробного прогнозирования землетрясения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллабеков К.Н. Электромагнитные явления в земной коре. - Т.: Фан, 1989. - 232 с.
2. Муминов М.Ю. Типизация геомагнитных предвестников землетрясений // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т.: ИС АН РУз, 2012. - № 9. - С. 26-35.
3. Ибрагимов Р.Н. Сеймотектоника Ферганской впадины. - Т.: Фан, 1970. - 164 с.
4. Якубов Д.Х., Борисов О.М. Каратау-Памирский глубинный разлом // Узб. геол. журн. - 1962. - № 4.
5. Муминов М.Ю., Мирзоев М.З. О повышенной чувствительности геомагнитной прогностической станции Чимион к землетрясениям Южного Тянь-Шаня // Геология и минеральные ресурсы. - 2023. - № 2. - С. 35-46.
6. Атабеков И.У., Садыков Ю.М. Напряженное состояние земной коры Западного Тянь-Шаня в Центральной Азии (Узбекистан): Математическое моделирование // Геотектоника. - 2022. - № 3. - С. 50-65. DOI:10.31857/S0016853X22030031
7. Муминов М.Ю., Шапиро В.А., Абдуллабеков К.Н. Региональная аномалия электропроводности по материалам высокоточной магнитометрии в Узбекистане // Узб. геол. журн. - 1986. - № 4. - С. 20-23.
8. Муминов М.Ю., Юлдашев Л.А., Юлдашев Ж.Л. Универсальный способ прогнозирования места и силы готовящегося землетрясения. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Свидетельство об официальной регистрации программы для электронно-вычислительных машин. № DGU 03145. 15.05/2015 г.
9. Садовский М.А., Негматуллаев С.Х., Нерсесов И.А., Сквородкин Ю.П. Тектономагнитные исследования на Душанбинском и Гармском полигонах // ДАН СССР. - 1979. - Т. 249. - № 2. - С. 326-328.
10. Абдуллабеков К.Н., Туйчиев А.И. Особенности проявления предвестников землетрясений с расстоянием // Геология и минеральные ресурсы. - 2015. - № 6. - С. 36-40.

#### ФАРҒОНА ВОДИЙСИ ЖАНУБИДАГИ ЗИЛЗИЛАНИ ПРОГНОЗ ҚИЛИШ ЙИЛНОМАСИ

М.Ю. Мўминов, У.Ч. Жаббаров, М.З. Мирзоев

**Аннотация.** Мақолада Сарез кўли яқинида содир бўлган кучли zilzilанинг синов прогноз қилиш йилномаси келтирилган. Ҳисобланган прогноз параметрларни қўллаш технологияси ва амалий прогнозлаш натижалари тушунтирилган

**Таянч сўзлар:** zilзила, даракчи, геомагнит майдон, аномалия, узокликка тарқалиши. прогнозлаш.

#### CHRONICLE OF TRIAL EARTHQUAKE PREDICTION IN THE SOUTH OF FERGANA

M.Yu. Muminov, U.Ch. Zhabbarov, M.Z. Mirzoidov

**Annotation.** The article provides a chronicle of trial forecasting of the strongest earthquake near Lake Sarez. The technology of application of estimated parameters and the results of practical forecasting are explained

**Key words:** earthquake, harbinger, geomagnetic field, anomaly, propagation range, forecasting.



UDK 550.38.550. 343(375.1)

## SHO'RCHI KOMPLEKS PROGNOSTIK STANTSIIYASI YEROSTI SUVLARIDA 2022 YIL 12 MAYDAGI BOYSUN ZILZILASI BILAN BOG'LIQ BO'LGAN GIDROGEOSEYSMOLOGIK PARAMETRLARNING ANOMAL O'ZGARISHLARI HAQIDA

*A.V.Rasulov, G.I.Hasanova, R.K.Umurzakov, B.R.Qayumov*

*O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seismologiya instituti, gulhayo.xasanova.89@mail.ru*

**Annotatsiya.** Maqolada 2022 yil 12 may kuni Surxondaryo viloyati Boysun tumanida sodir bo'lgan zilzilaning ( $M = 6,0$ ) "Sho'rchi" stansiyasida (Sho'rchi-5 skv.) olib borilayotgan gidrogeoseysmologik ko'rsatkichlarga ta'siri oqibatida aniqlangan o'zgarishlar tahlil qilingan.

**Kalit so'zlar:** Sho'rchi-5 skvajinasi, Eh ko'rsatkichi, vodorod, karbonat angidrid gazi, gidrogeoseysmologiya, zilzila.

**Kirish.** Jahon miqyosida zilzilalarning zararli oqibatlarini kamaytirish va oldini olish bo'yicha gidrogeokimyoviy parametrlarni o'zgarishi bilan bog'liq qator ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu tadqiqotlarda seysmik xavfni baholashning ehtimoliy uslubiyatlarini takomillashtirish, turli seysmotektonik sharoitlarda geodinamik jarayonlarni namoyon bo'lish holatlarini aniqlash, yerosti suvlarida qayd qilingan gidrogeokimyoviy o'zgarishlar tabiatini tahlil qilishda kompleks yondoshish bo'yicha ilmiy izlanishlarni takomillashtirishga alohida e'tibor berilmoqda.

Yerosti suvlarida erigan eritmalarning tarkibi individual elementlarning tarqalishi bilan belgilanadi. Yerosti suvlaridagi mineral moddalarning tarqalishi va tarkibi boshqacha bo'lib, ular orasida makro va mikrokomponentlar miqdor va tarkibi bilan farqlanadi. Ma'lumki, yerosti suvlarining kimyoviy tarkibi sezilarli darajada o'zgarib turadi, ya'ni yerosti suvlarining kimyoviy tarkibi vujudga kelishi dastlabki tomchilar paydo bo'lishidan boshlanib, keyin esa tog' jinslarining g'ovaklarida, qatlamlarida yoriqlar bo'ylab harakatlanish jarayoniga bog'liq holda shakllanadi.

Ma'lumki, yerosti suvlari asosan yer qobig'ining yuqori qismida keng tarqalgan. Ularning minerallar sifatidagi ahamiyati beqiyos. Yerosti suvlari yer qobig'ining eng harakatlanuvchi qismi bo'lib, ko'plab geologik jarayonlarda, shu jumladan, seysmik jarayonlarda ham ishtirok etadi.

Seismologiya instituti olimlari: G'.O.Mavlonov, V.I.Ulomov, A.N.Sultonxodjaev, L.A.Hasanova va boshqalar "Yerosti suvlarining zilziladan avval va zilzila davridagi kimyoviy va izotop tarkibini o'zgarishi hodisasi"ni ilmiy kashfiyot qilishgan. O'zbekistonda seismologiya va gidrogeologiya fanlari kesishmasida yangi ilmiy yo'nalish yaratish uchun asos bo'lib hizmat qilgan kashfiyot, keyinchalik dunyoning ko'plab seysmik faol mintaqalarida tegishli soha bo'yicha faoliyat yurituvchi olimlar uchun ham dasturul amal bo'lib hisoblangan.

Mamlakatimiz seysmik faol hududlarida gidrogeoseysmologik ko'rsatkichlarni o'zgarish xususiyatlarini tadqiq etishni takomillashtirish bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Seismologiya instituti olimlari tomonidan muayyan ishlar amalga oshirilmoqda. 1980-yilda Nazarbek zilzilasi tayyorlanish davrida Toshkent geodinamik poligonining quduqlarida yerosti suvlarida CO<sub>2</sub> miqdorining ortganligi kuzatildi. [Gidrogeoseysmologicheskie predvestniki..., 1983], Uglarod izotop tarkibini o'rganish, ya'ni muhim anomalialar tabiatini tushuntirish uchun, laboratoriya sharoitida karbonat tizimida suv-gaz-tog' jinslarida uglarod izotop tarkibini o'rganish uchun tajriba tadqiqotlari o'tkazildi [Azizov va b., 2008]. Bu tajriba natijasida chuqur quduqlarining suvli tog' jinslari o'zaklaridan karbonat angidridning chiqishi aniqlandi. Atrof-muhitga tarqaladigan energiya karbonat angidridning holatini o'zgartiradi, bu esa o'z navbatda tog' jinslaridagi karbonatning kristall holatiga, gaz molekularining turli o'lchamlariga o'z ta'sirini o'tqazadi.

G.N.Kopilova, Sh.S.Yusupov, Yu.K.Serafimova, L.Yu.Shin, S.V.Boldina kabi Rossiya va O'zbekiston olimlari Kamchatka yarim orolida bir necha quduqlar tarmog'ida yerosti suvlarining kimyoviy tarkibi anomal o'zgarishlar haqida noyob ma'lumotlarni olishgan. Ma'lumki, Kamchatka yarim oroli seysmik jihatdan faol hudud hisoblanadi. Bu hududda yerosti suvlarining harorati, rN ko'rsatkichi, xlor, gidrokarbonat, suvda erigan gazlar: kislarod, azot, metan, vodorod, uglarod to'rt oksidi va boshqa parametrlar o'rganilgan [Kopilova G.N. va b., 2019].

Toshkentda olib borilgan ko'p yillik ko'zatishtirish asosida yerosti suvlari tarkibida sodir bo'ladigan gidrogeokimyoviy elementlarning o'zgarish holati o'rganilib, yerosti suv qatlamining normal geokimyoviy sharoiti aniqlangan [Azizov va boshq., 2008]. Bu esa har bir parametrning seysmik jihatdan aktiv va passiv holatlariga mos kelishini kuzatish sharoitini yaratibgina qolmay, shu qatlamdagi elementlarning uzluksiz

o'zgarishiga qarab zilzila darakchilarini belgilab olish imkoniyati borligini ko'rsatdi. Misol uchun, kuzatishlar olib borilgan poligonlarda geokimyoviy anomalialarni aniqlash, keng spektr bo'yicha (uglerod, azot, vodorod, neytral radiogen gazlardan argon, geliy, radiaktiv elementlardan uran, radiy va mikroelementlardan fluor, simob) o'lchash natijalari kuzatilgan o'zgarishlar gidrogeokimyoviy holatga bog'liq ekanligini ko'rsatdi. Vaqt jihatdan bu o'zgarishlar qaytarilib turish xususiyatiga ega bo'lib, ko'pincha tektonik jarayonlarning aktivligi bilan birga keladi.

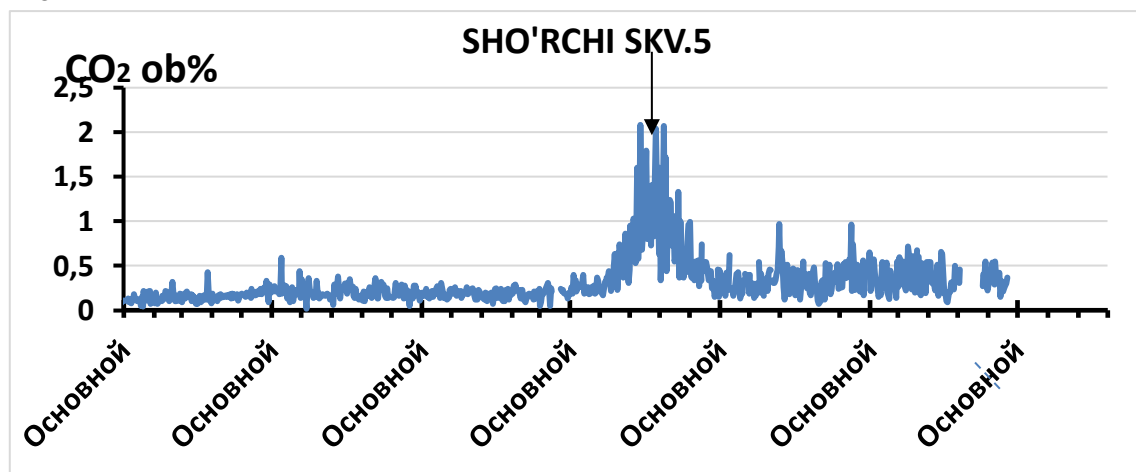
Surxondaryo viloyatidagi "Sho'rchi-5" skvajinasi 1981 yili burg'ulangan va shu yildan boshlab gidrogeoseysmologik tadqiqotlar olib boriladi. Burg'u qudug'ining chuqurligi 190-200 m bo'lib, to'rtlamchi va neogen (N+Q) davrlari yotqiziqlari-qumtosh, alevrolit va gilli qatlamlardan tashkil topgan.

Burg'u qudug'idan har kuni (yakshanbadan tashqari) suv namunalari olinib xromatograf qurimasida gaz taxlili va laboratoriya sharoitida qisqartirilgan kimyoviy taxlillar olib boriladi. Xromatografda gaz tarkibi - geliy, vodorod, azot, kislorod, metan uglerod to'rt oksid va boshqa bir kancha gazlar o'lchanadi. Zilzilaga sezgirligi yuqori bo'lgan parametrlar – radon, uglerod to'rt oksid, gidrokarbonat, xlor, kaltsiy, suv harorati va ba'zida vodorod ionlari darakchi sifatida e'tirof etiladi [Zakirov va b., 2018].

Yerosti suvlarida ko'p miqdorda karbonat angidrid gazi mavjud. Organik moddalarning oksidlanish jarayonida karbonat angidrid hosil bo'ladi, uning tarkibi tuproqda odatda o'ndan bir foizni, ayrim xollarda bir foizni tashkil qiladi. Shunga ko'ra, yerosti suvlaridagi karbonat angidrid oksidlanish jarayonida miqdori ortadi odatda 20-30 dan 200-300 mg/l gacha. Bu karbonat angidrid birinchi navbatda karbonat tuzlarini yuvish va silikat jinslarini nurashi uchun sarf bo'ladi va intensiv suv almashinuvi zonasining yangi gidrokarbonat suvlarining katta massasini hosil qiladi. Ushbu zonaning suvlarida karbonat angidrid konsentratsiyasining keskin pasayishi faqat intensiv fotosintez davrida yer usti suv omborlarida kuzatilishi mumkin.

2022 yil 12 may 15:27 (mahalliy vaqt)da  $M = 6,0$  zilzila sodir bo'ldi. Zilzila epitsentri Surxondaryo viloyati Boysun tumanida joylashgan, chuqurligi 15 km. "Sho'rchi" stantsiyasigacha bo'lgan masofa 83 km.

Seysmoprognozistik monitoring Respublika markazi "Sho'rchi" stantsiyasida o'tkazilgan gidrogeoseysmologik parametrlar monitoringi natijasiga ko'ra 2022 yil iyul oyidan boshlab yerosti suvi tarkibida erigan gazlardan karbonat angidrid miqdorining ortishi kuzatildi. Karbonat angidrid miqdori namuna tarkibida o'rtacha 0,05-0,1% da bo'lsa faollik davriga kelib bu miqdor 1,5-2,2% ga oshganligi kuzatildi. Faollik davri 2-2,5 oy davom etdi. Shu vaqt oralig'ida suvdagi karbonat angidrid 4-5 martaga ortganligi kuzatildi (1-rasm).

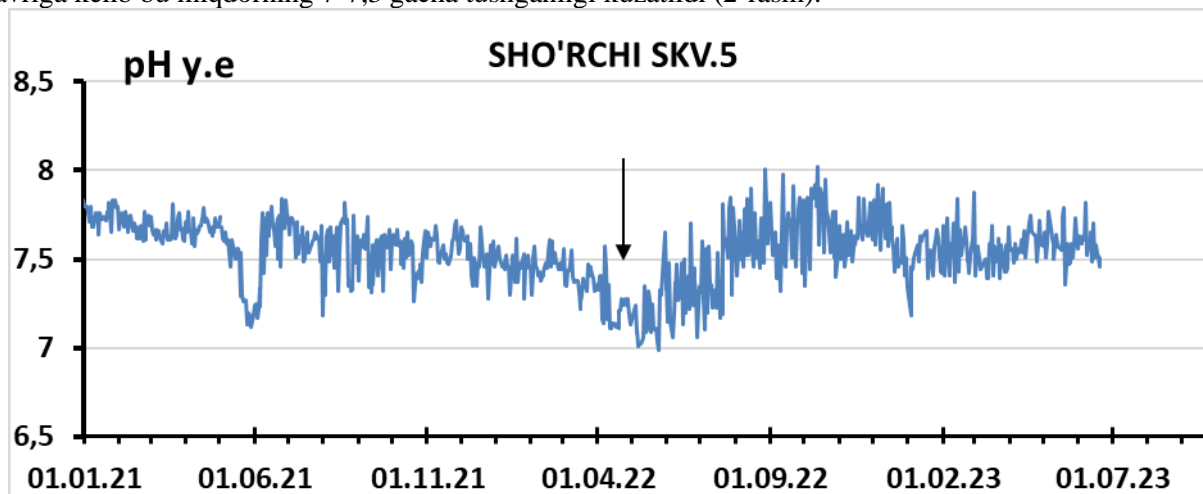


1-rasm. "Sho'rchi-5" skv. dagi karbonat angidrid miqdorining ( $\text{CO}_2$ ) o'zgarish grafigi.  
Fig. 1. Graph of change in carbon dioxide content in the well. "Shorchi-5".

Toza suvda vodorod va gidroksil ionlarining konsentratsiyasi  $10^{-7}$  mol/dm<sup>3</sup>ni tashkil qiladi, bu eritmaning neytral holatiga to'g'ri keladi. Kislotali eritmalarda  $[\text{H}^+] > 10^{-7}$  mol/dm<sup>3</sup> va ishqoriy eritmalarda  $[\text{H}^+] < 10^{-7}$  mol/dm<sup>3</sup> qiymatga ega bo'ladi. Suvdagi vodorod ionlarining konsentratsiyasini ifodalash qulayligi uchun ular konsentratsiyasining teskari belgisi bilan olingan o'nlik logarifmini ifodalovchi qiymat ishlatiladi. Ushbu qiymat vodorod ko'rsatkichi deb ataladi va pH ( $\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$ ) bilan belgilanadi. pH qiymati suv sifatining eng muhim ko'rsatkichlaridan biri bo'lib, suvning kislota-asos muvozanati holatini tavsiflaydi. pH qiymati suv biotasining (tirik organizm) rivojlanishi va hayotiy

faoliyatini, turli elementlarning migratsiya shakllarini va suvning o'z jinslari, metallar va betonga agressiv ta'sirini belgilaydi.

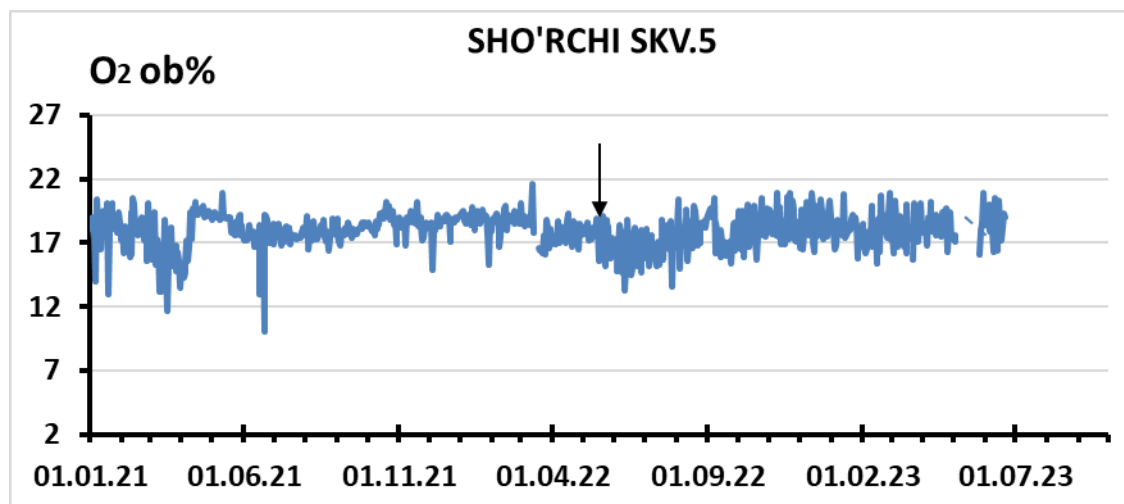
Laboratoriya sharoitida keltirilgan har bir suv namunasida pH miqdori ionomerda o'lchab boriladi. pH-bu suvning muhit ko'rsatgichi bo'lib yerosti suvlarining qanday muhitda ekanligidan dalolat beradi. Seysmik faollik davrida yerosti suvning muhit ko'rsatgichi pasayganligini ko'rish mumkin. Odatiy xolda yerosti suvlaridagi pH ning o'rtacha miqdori 7,6-7,9 bo'lsa, kuzatuv natijasiga ko'ra seysmik faollik davriga kelib bu miqdorning 7-7,3 gacha tushganligi kuzatildi (2-rasm).



2-rasm. "Sho'rchi-5" skv. dagi pH miqdorining o'zgarish grafigi.  
Fig. 2. Graph of pH changes in the well Shorchi-5.

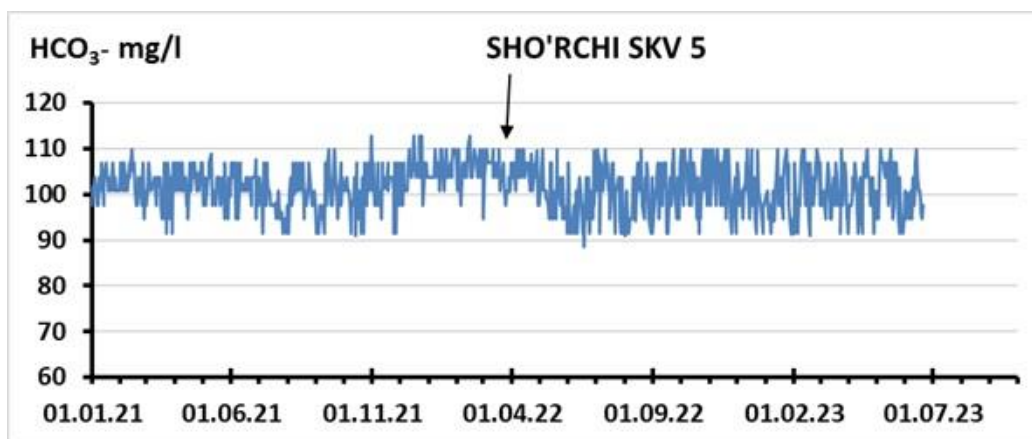
Havodagi kislorodning hajm ulushi 20,9% ni tashkil qiladi. Suv omborlarida yashovchi organizmlarning mavjudligini qo'llab-quvvatlaydi va o'lgan organizmlarning qoldiqlarini oksidlaydi.

Yerning qatlamlarida kislorod organik moddalar, temir va sulfidlarining oksidlanishi uchun sarflanadi. Bu reaksiyalar ko'pincha aerob bakteriyalar ishtirokida sodir bo'ladi, bu yerosti suvlarida biogen karbonat angidrid paydo bo'lishiga olib keladi; temir oksidi va gidroksidlarni kuchli oksidlanish zonalarining shakllanishiga va sulfid konlarida kislorodga boyitishga sabab bo'ladi. Yerning qatlamlarida faol sodir bo'ladigan kimyoviy reaksiyalar natijasida kislorod tez sarf qilinadi va birinchi yuz metr chuqurlikda uning tarkibi odatda bir necha milligrammdan oshmaydi. Yerosti suvlari ichidagi erigan kislorod miqdori seysmik faollik oldin kamayganligi kuzatildi (3-rasm).



3-rasm. "Sho'rchi-5" qudug'idagi kislorod (O<sub>2</sub>) miqdorining o'zgarish grafiglari.  
Fig. 3. Graph of (O<sub>2</sub>) changes in the amount of oxygen in the well "Shorchi-5".

Laboratoriya sharoitida gaz tarkib bilan birgalikda ionli tarkib xam o'rganilib, monitoring ishlari amalga oshiriladi. Ionlardan gidrokarbonat, xlor ionlari sezgirligi yuqori bo'lib kuzatuv ishlari amalga oshiriladi. Gidrokarbonat ionlari eng muhim parametrlardan bo'lib seysmik faollik davrida o'zgaruvchan hisoblanadi (4-rasm).



4-rasm. "Sho'rchi-5" skv. dagi HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> miqdorining o'zgarish grafigi.  
Fig. 4. Graph of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> changes in the well "Shorchi-5".

**Xulosa.** Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki 2022 yil 12 may kuni Surxandaryo viloyati Boysun tumanida sodir bo'lgan, kuchi  $M = 6,0$  teng bo'lgan zilzila davrida bir nechta gidrogeoseismologik parametrlarda e'tiborli anomal o'zgarishlar kuzatilgan. Jumladan zilzila sodir bo'lishi oldidan yerosti suvlarida pH ko'rsatgichining o'rtacha miqdori 7,6-7,9 dan 7-7,3 gacha tushganligi kuzatildi. Karbonat anhidrid miqdori namuna tarkibida o'rtacha 0,05-0,1% da bo'lsa faollik davriga kelib bu miqdor 1,5-2,2% ga oshganligi kuzatildi. Maksimal anomal o'zgarish zilziladan 2-2,5 oy avval boshlanib zilziladan so'ng shunga teng vaqda avvalgi fon xolatiga qaytganligi qayd etildi. Zilziladan oldin qayd etilgan ushbu anomal o'zgarishlarni sodir bo'lgan zilzila darakchisi ekanligi extimoldan xoli emas.

#### ADABIYOTLAR

1. "Zilzilaning gidrogeoseismologik prekursorlari". - T.: "Fan" nashriyoti, O'zbekiston SSR, 1983. - 6-9-b.

2. Azizov G.Yu., Zigan F.G., Sultonxo'jaev A.N., Ortiqov F.R. Gidrogeodinamik va gidrogeokimyoviy prekursor anomaliyalarining hosil bo'lish mexanizmi // O'zbekistonda seismologiya muammolari: Mat. Int. konf. 2008 yil 16-18 oktabr. - Toshkent: IS AN O'ZRUS, 2008 yil. 5-son. - 21-24-b.

3. Zokirov M.M., Yusupov Sh.S., Umurzov R.K. Toshkent artezian havzasi er osti suvlarida erigan

gazlarning tarqalish xususiyatlari // O'zbekiston ekologiya xabarnomasi. - 2018. - № 1. - B. 29-33.

4. Kopylova G.N., Yusupov Sh.S., Serafimova Yu.K., Shin L.Yu. Zilzilaning gidrogeokimyoviy prekursorlari (Kamchatka yarim orolida va O'zbekistonda kuzatuv ma'lumotlariga ko'ra) // Rossiyaning Uzoq Sharqini kompleks geofizik monitoringi muammolari. 2019-yil 29-sentabrdan 5-oktabrgacha yettinchi ilmiy-texnikaviy konferensiya materiallari. - B. 88-92.

#### ОБ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЯХ ГИДРОГЕОСЕЙСМОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, СВЯЗАННЫХ С БАЙСУНСКИМ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЕМ 12 МАЯ 2022 г., В ПОДЗЕМНЫХ ВОДАХ КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГНОЗНОЙ СТАНЦИИ «ШУРЧИ»

А.В. Расулов, Г.И. Хасанова, Р.К. Умурзаков, Б.Р. Каюмов

**Аннотация.** Проанализированы изменения гидрогеологических параметров станции «Шурчи» (скв. «Шурчи-5»), связанные с землетрясением ( $M = 6,0$ ), произошедшим в Байсунском районе Сурхандарьинской области 12 мая 2022 г.

**Ключевые слова:** скважина Шурчи-5, индикатор  $P_n$ , гидрокарбонатный газ, гидрогеосейсмология, землетрясение.

#### ABOUT ANOMAL CHANGES IN HYDROGEOSEISMOLOGICAL PARAMETERS ASSOCIATED WITH THE BAYSUN EARTHQUAKE ON MAY 12, 2022 IN THE GROUNDWATER OF THE "SHURCHI" COMPREHENSIVE FORECASTING STATION.

A.V. Rasulov, G. I. Khasanova, R.K. Umurzakov, B.R. Qayumov

**Annotation.** The article analyzes changes in the hydrogeological parameters of the Shurchi station (Shurchi-5 well) associated with an earthquake ( $M = 6,0$ ) that occurred in the Baysun district of the Surkhandarya region on May 12, 2022.

**Key words:** Shorchi-5-7-8 wells, Eh indicator, hydrocarbonate gas, hydrogeoseismology, earthquake.

## SEYSMOTEKTONIKA VA GEODINAMIKA

УДК 550.348

### О КРАТКОВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЮЖНО-ФЕРГАНСКОЙ СЕЙСМОГЕННОЙ ЗОНЫ

*У.А. Нурматов, У.А. Юсупджанова*

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

**Аннотация.** Приводятся результаты анализа особенностей проявления землетрясений в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне в годы региональной активизации сейсмичности. Приведены схематические карты поквартального распределения эпицентров землетрясений по всей протяженности сейсмогенной зоны и по глубинам сейсмогенных слоев. Полученные результаты показали неустойчивость напряженного состояния земной коры во времени, выражающуюся в волнообразном характере проявления очагов землетрясений по глубинам и во времени в отдельные годы.

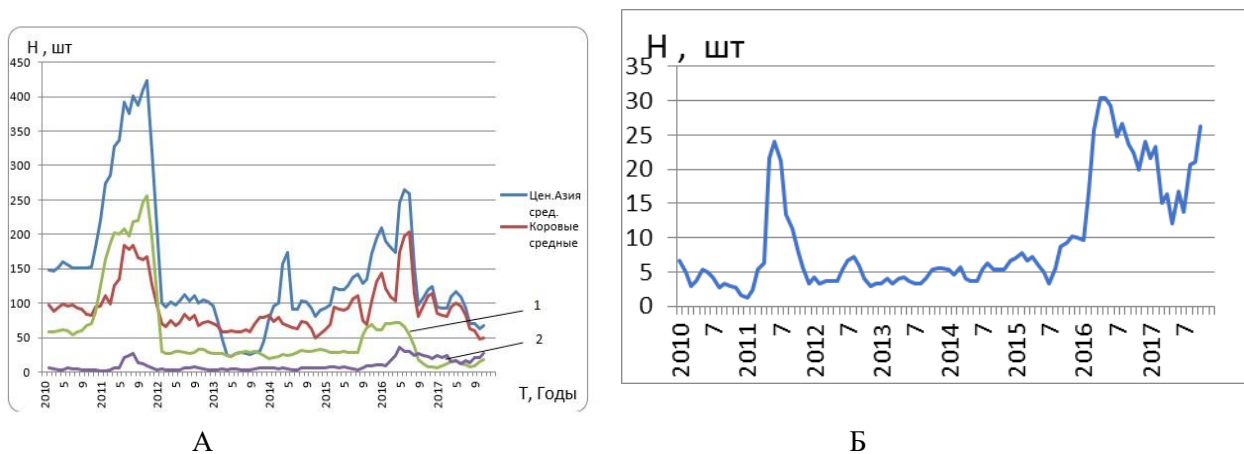
**Ключевые слова:** сейсмогенная зона, эпицентр, очаг землетрясения, афтершок, разломы, распределение, земная кора, блоки земной коры.

**Введение.** В настоящее время достаточно надежно установлена генетическая связь очагов сильных землетрясений с зонами активных тектонических структур земной коры. Известно, что земная кора имеет разломно-блоково-слоистое строение. Следовательно, земная кора представляет систему, состоящую из разномасштабных геодинамических блоков и ограничивающих их разноуровневых зон разломов. Эта сложная система взаимообусловленных геодинамических блоков весьма чувствительна к изменению напряженного состояния. Изменения ее в одном месте приведет к перераспределению по всей системе [Магницкий и др., 1979]. Этим процессом объясняется взаимообусловленность землетрясений во времени, во времени и пространстве [Тамразян, 1978; Вилькович и др., 1974], одновременное возникновение сильных землетрясений в масштабе крупных геодинамических блоков или протяженных сейсмогенных зон [Нурматов и др., 2016]. Результаты статистических исследований показывают, что основная масса землетрясений проявляется в определенных сейсмоактивных областях, пространственное положение которых устойчиво во времени, а по структуре они иерархически упорядочены [Пономарев и др., 1976; Ибрагимов, 1978; Головков и др., 1990]. Сеймотектонической основой этой устойчивости является приуроченность областей высокой концентрации землетрясений к зонам активных тектонических разломов. Однако, согласно концепции «сейсмогенных зон», каждый следующий очаг будет располагаться между очагами возникших ранее землетрясений или на продолжении его [Губин, 1986; Ибрагимов, 1978]. Так, значит, согласно этой концепции, вероятность возникновения сильного землетрясения в той же очаговой зоне будет невысокой. Это подтверждается и результатами оценки повторяемости землетрясений сейсмологических методами. Однако на практике мы часто наблюдаем возникновение очередного сейсмического события там, где они ранее происходили. Результаты анализа показывают, что в отдельные периоды активизация сейсмичности проявляется по всей территории Центральной Азии, в масштабе разномасштабных геодинамических блоков и отдельных сейсмогенных зон. Наблюдается взаимообусловленность сильных землетрясений, возникших в геодинамических структурах, намного удаленных друг от друга. Например, в 1902 г. наблюдалось равномерное возникновение сильных землетрясений по всей протяженности Центральной Азии от востока до запада и юга (землетрясение с  $M = 6,0$  в Зарафшанской зоне, Кашгарское землетрясение с  $M = 8,1$  на востоке, в Андижане с  $M = 6,4$ , ряд глубокофокусных землетрясений с  $M \geq 6,0$  в Памиро-Гиндикушской зоне [Новый каталог..., 1976]), т. е активизировался весь регион. Примеров такой активизации с разной

продолжительностью в масштабе разноранговых тектонических структурах и протяженных зон разломов достаточно [Абдуллабеков, 1989].

Анализ современной сейсмической ситуации территории Узбекистана показывает, что в пределах республики имеется ряд 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 отдельных исторических землетрясений. В большинстве случаев эти участки соответствуют узловым зонам существующих разноранговых геодинамических блоков [Ярмухамедов, 1995]. Исходя из того, что земная кора имеет блочное строение, очаги сильных землетрясений неравномерно распределены по всей протяженности сейсмогенных зон и приурочены к ее узловым участкам, возникает вопрос: «как происходит процесс перераспределения сейсмогенного напряжения в трехмерном пространстве – по сейсмогенной зоне, по сейсмогенным слоям и во времени?».

**Результаты исследований.** На рис. 1 (А) приведены графики распределения количества землетрясений с  $M_{mb} \geq 2,8$ , происшедшие в Центральной Азии в целом, включая глубокофокусные землетрясения; коровые землетрясения региона; глубокофокусных Памиро-Гиндукушские землетрясения и землетрясения Южно-Ферганской сейсмогенной зоны, а на рис. 1 (Б) – землетрясения Южно-Ферганской сейсмогенной зоны отдельно за период 2010-2018 гг. В качестве источника использованы ежегодные каталоги КОМЭ ИС и РЦСПМ МЧС РУз. Графики свидетельствуют о том, что в 2011 и 2016-2017 гг. наблюдалась кратковременная активизация сейсмичности региона, которая сопровождалась повышением количества землетрясений в пределах структур всех рангов, начиная от сейсмогенной зоны, кончая всей территорией региона в целом.



**Рис. 1. Графики распределения землетрясений с  $M_{mb} \geq 2,8$  по количеству во времени. А – 1 – глубокофокусные Памиро-Гиндукушские землетрясения; 2 – землетрясения зоны Южно-Ферганского разлома; Б – распределение количества землетрясений в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне.**

**Fig. 1. Graphs of the distribution of earthquakes with  $M_{mb} \geq 2,8$  by number over time. А – 1 – deep-focus Pamir-Hindikush earthquakes; 2 – earthquakes of the South Fergana fault zone; Б – distribution of the number of earthquakes in the South Fergana seismogenic zone.**

Известно, что в 2011 г. в пределах Южно-Ферганской сейсмогенной зоны возникло сильное Канское землетрясение с  $M = 6,4$ . Оно произошло на расстоянии более 7-10 км от эпицентра Чимионского землетрясения 1982 г., которое имело силу  $M = 5,8$ . Так, наблюдается повторная активизация очаговой зоны через 29 лет. Рассмотрим теперь, как вели себя другие части сейсмогенной зоны за этот период. Для этого были составлены поквартальные карты распределения эпицентров по протяженности Южно-Ферганской сейсмогенной зоны с составлением разрезов, с указанием последовательности возникновения землетрясений по глубинам за период 2010-2012 гг. Анализ показал, что в 2010 г. сейсмичность зоны была на уровне фона и по глубине на уровне 5 км. Отмечены два случая, когда глубина доходила до 10 км.

В отличие от этого, в 2011 г. наблюдалось значимое увеличение сейсмичности во втором квартале (рис. 2). Количество возникших землетрясений возросло до 18, а глубина очагов опустилась до 20 км.

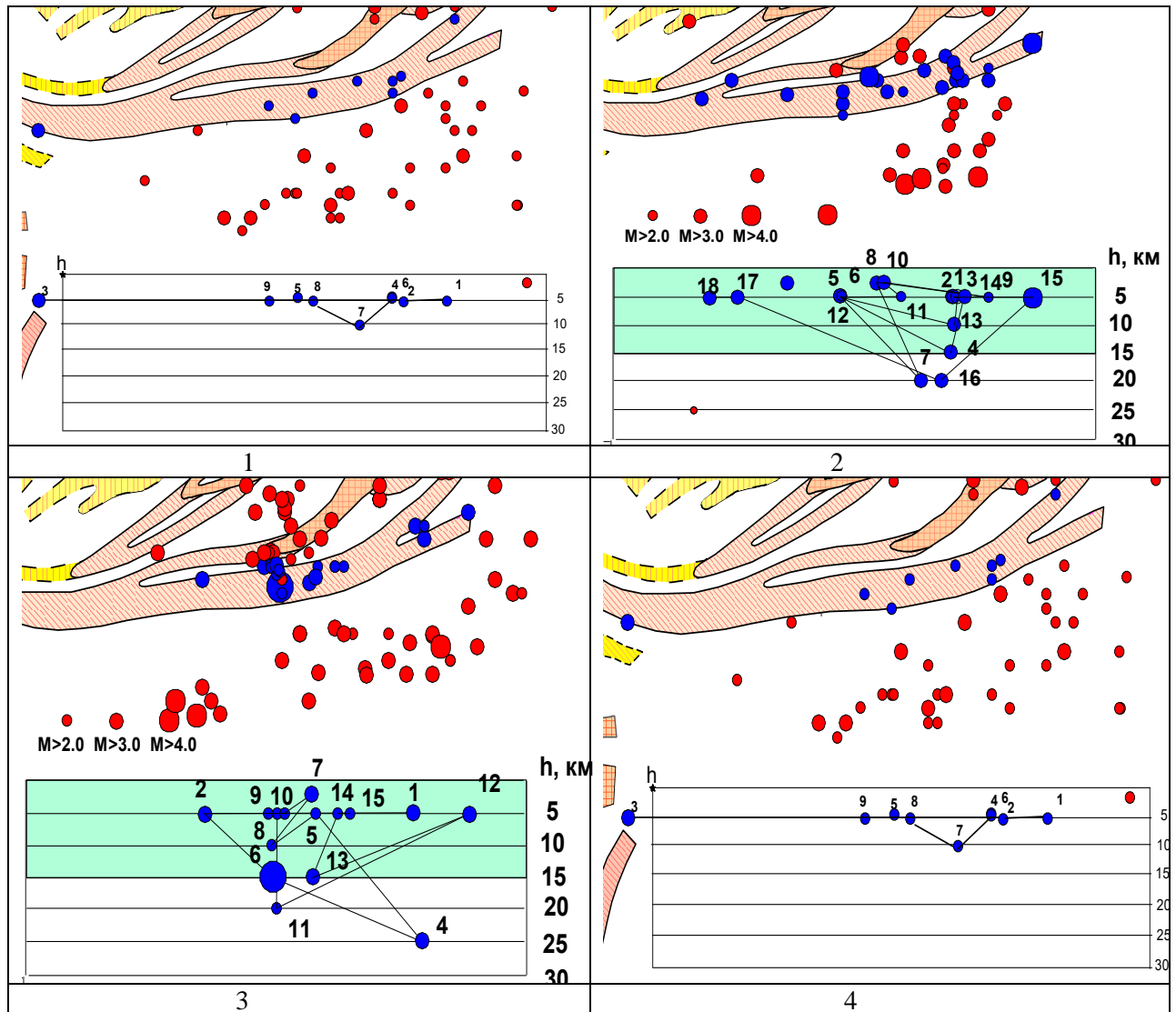


Рис. 2. Распределение землетрясений Южно-Ферганской сейсмогенной зоны в 1-4 кварталах 2011 г. и разрезы распределения очагов по глубине.

Fig. 2. Distribution of earthquakes in the South Fergana seismogenic zone in 1-4 quarters of 2011 and sections of the distribution of sources by depth.

В возникновении землетрясений определенной последовательности не наблюдалось. Они происходили хаотично, то на одном краю, то на другом, то в центральной части зоны. Это свидетельствует о том, что вся зона находится в одинаковых условиях напряженности. В третьем квартале 2011 г. 20 июля в центральной части сейсмогенной зоны возникло сильное Канское землетрясение с  $M = 6,3$ . Следует отметить, что значимое увеличение количества землетрясений во втором квартале произошло не в районе возникновения Канского землетрясения, а восточнее от него на расстоянии 70-100 км. Так, значимого увеличения количества слабых землетрясений, являвшихся как бы предвестником возникшего землетрясения, не отмечено. Основная масса землетрясений произошли на глубине до 15 км. Отмечен только лишь один случай возникновения землетрясения с  $M \leq 8$  на глубине 25 км.

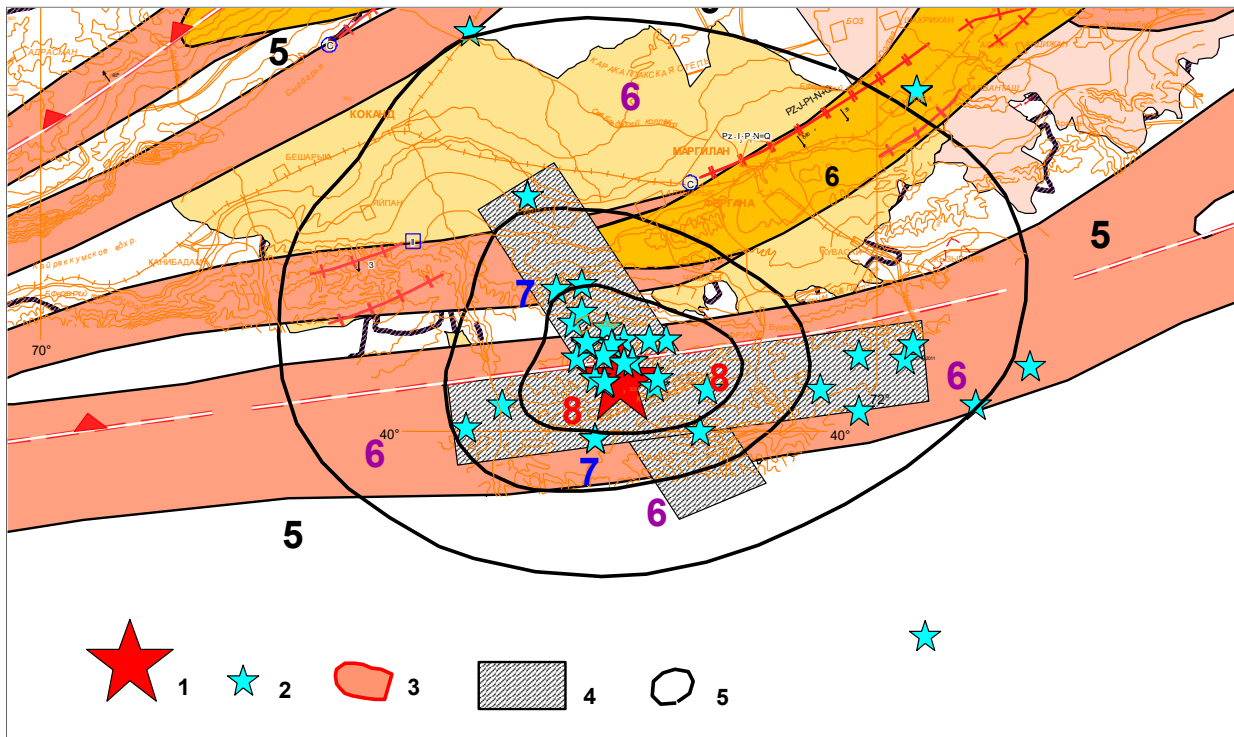


Рис. 3. Пространственное распределение афтершоков Канского землетрясения 2011 г. 1 – эпицентр основного землетрясения; 2 – эпицентры афтершоков; 3 – сейсмогенные зоны; 4 – преобладающие направления облака афтершоков; 5 – изосейсты сотрясений.

Fig. 3. Spatial distribution of aftershocks of the 2011 Cannes earthquake. 1 – epicenter of the main earthquake; 2 – epicenters of aftershocks; 3 – seismogenic zones; 4 – prevailing directions of the aftershock cloud; 5 – shaking isoseisms.

В течение IV-го квартала в пределах зоны возникло всего два события с  $M = 2,5$  и 6 с  $M < 2,5$ . Аналогичное затишье сейсмогенной зоны наблюдалось и в течение I-го и II-го кварталов 2012 г. Только лишь в III-м квартале было некоторое увеличение сейсмичности верхней 10-километровой части земной коры.

Анализ особенностей проявления афтершоков Канского землетрясения свидетельствует о том, что характерные размеры области наибольшего скопления – 25-30 км (рис. 3). Наиболее отдаленные афтершоки произошли на расстоянии 50-60 км. Как видно из пространственного распределения афтершоков, область активных геодинамических процессов имеет достаточно большие характерные размеры. Конечно, удаленность отдельных эпицентров, возникших после главного толчка на большие расстояния от эпицентра, по оценкам [Gardner and Knopoff, 1974], не входит в число афтершоков. Тем не менее, по времени проявления и направленности они являются следствием активизации в этом направлении и вполне могут быть включены в число афтершоков. Кроме того, в распределении эпицентров афтершоков проявляются два преобладающих направления. Одно из них соответствует направлению Южно-Ферганского разлома и имеет широтное простирание. Второе – северо-запад – юго-восточного простирания. В распределении области максимальных разрушений также наблюдаются признаки двух преобладающих направлений – северо-запад – юго-восточное (районы Багдад, Риштон и прилегающие территории) и широтное (район Сох, прилегающие территории и восточные участки) [Нурматов и др., 2013]. Широтное расположение облака афтершоков однозначно связано с деятельностью Южно-Ферганского глубинного разлома. Преобладание северо-запад – юго-восточного направления наводит на мысль, что, помимо широтного, на сейсмогенную зону действуют силы по направлению Коканд-Кумбельских разломов. Это свидетельствует о приуроченности очаговой области Канского и Чимионского землетрясений к одному узловому участку Южно-Ферганского и поперечного Коканд-Кумбельского разломов.

Проанализируем особенности проявления землетрясений в период активизации сейсмичности региона в 2016-2017 гг. На рис. 4, 5 отражено поквартальное распределение



эпицентров землетрясений и разрезы распределения очагов по глубине в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне за этот период.

Как видно из рис. 4 и 5, количество землетрясений, возникших за этот период, значительно больше, чем в 2010-2012 гг. Рост количества землетрясений за этот период, помимо повышения уровня сейсмичности, по всей видимости, в определенной степени, связан с обновлением аппаратной базы сейсмических станций и применением для обработки данных новой методики. Как видим из рисунков, количество землетрясений, возникшее в сейсмогенной зоне в течение одного квартала, варьировало от 15 до 29 событий. В последовательности проявления землетрясений определить какую-либо закономерность достаточно трудно.

Начиная с 2017 г., картина значимо меняется. В первом квартале этого года активизация начиналась с глубинных (20-30 км) слоев и постепенно перемещалась к верхним слоям (от 5-15 км). Другой особенностью является то, что в течение квартала сейсмогенная зона активизировалась по всей длине с протяженностью 350 км и более.

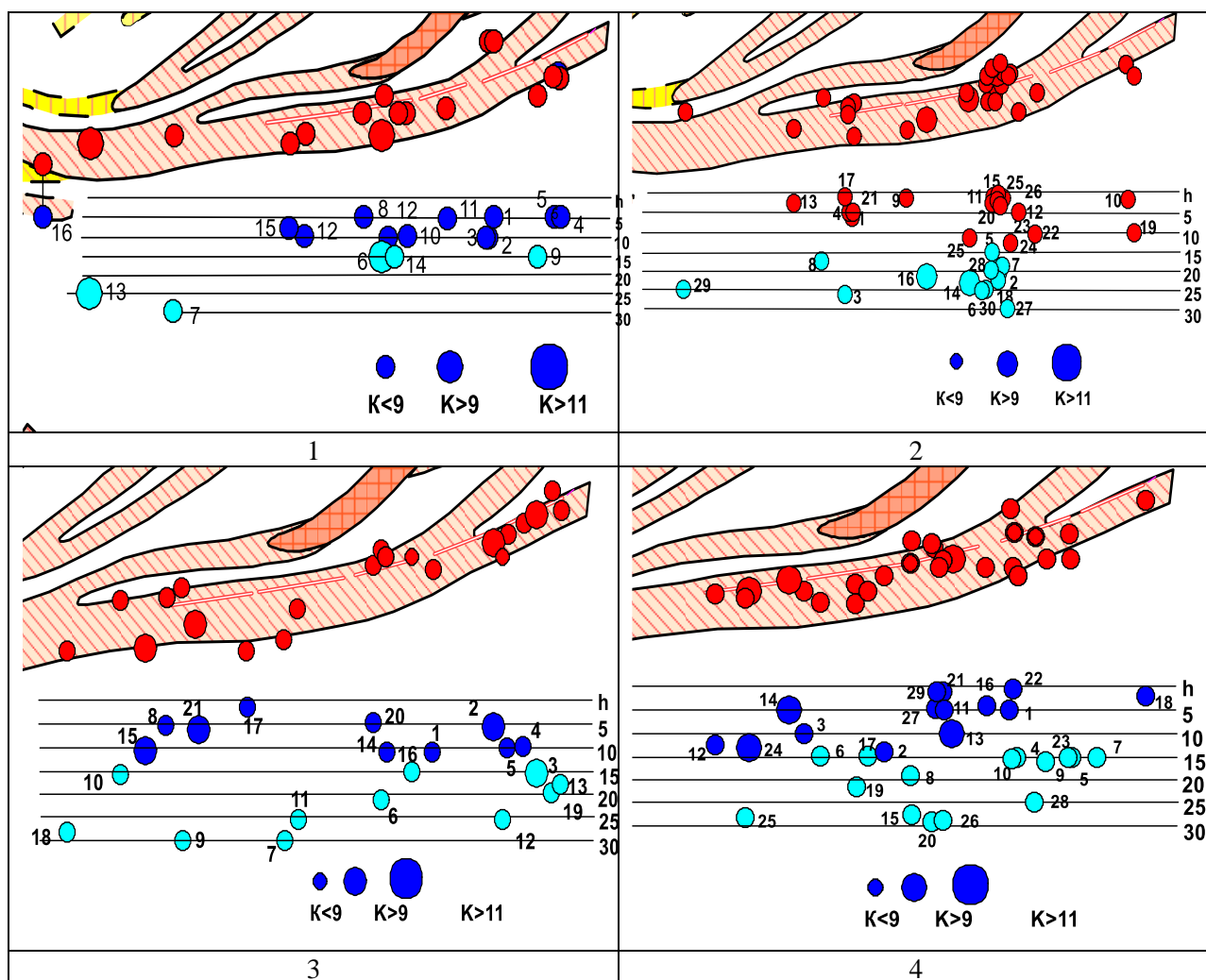


Рис. 4. Распределения землетрясений в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне во времени и по глубине в 1-4 кварталах 2016 г.

Fig. 4. Distributions of earthquakes in the South Ferghana seismogenic zone in time and depth in 1-4 quarters of 2016.

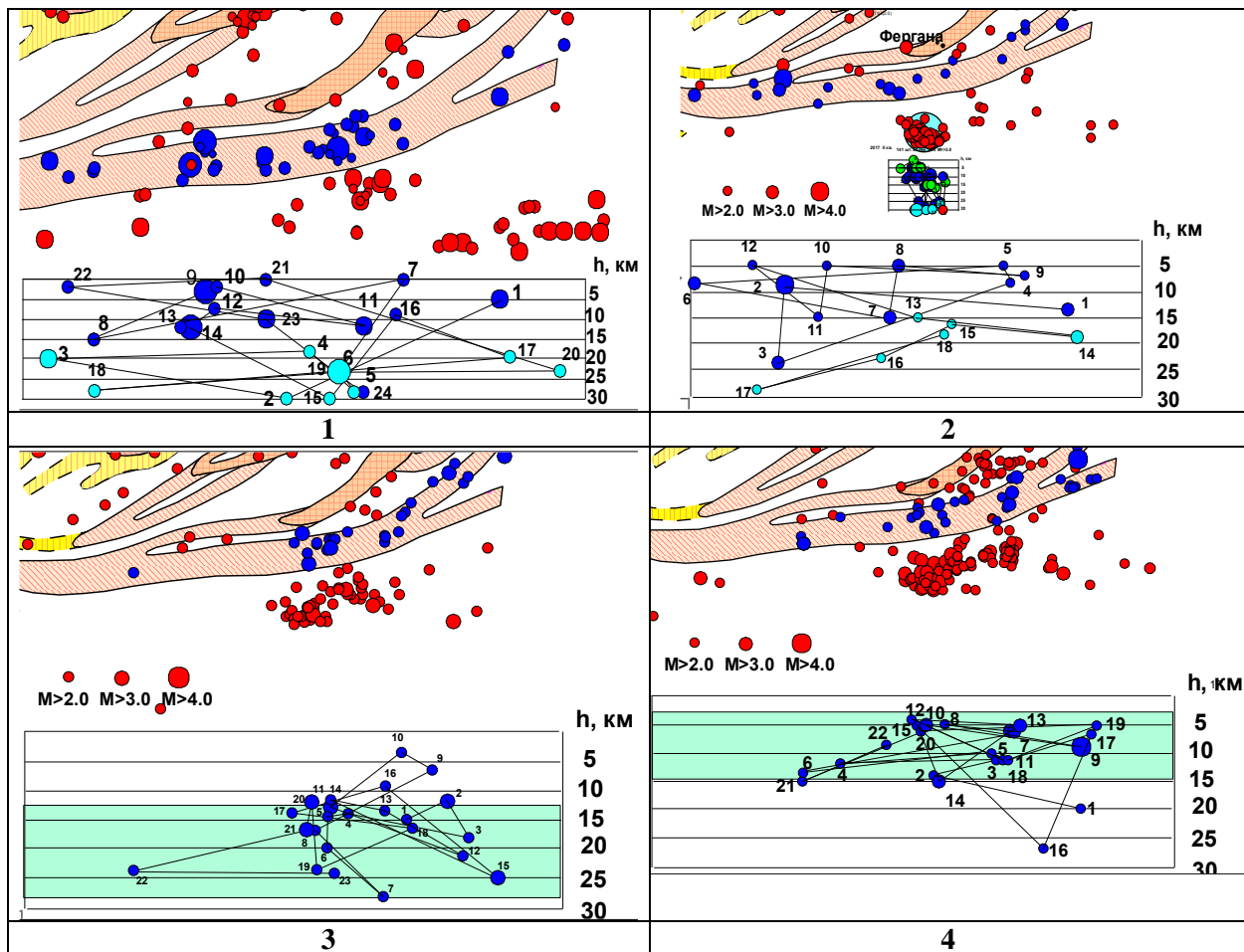


Рис. 5. Распределения землетрясений в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне во времени и по глубине в 1-4 кварталах 2017 г.

Fig. 5. Distributions of earthquakes in the South Ferghana seismogenic zone in time and depth in 1-4 quarters of 2017.

Во втором квартале продолжалась активизация верхних слоев (до 15 км), которая в конце квартала перешла на более глубокие слои (до 30 км) (см. рис. 5).

В третьем квартале в основном сохранилась активизация нижних слоев. Эпизодически единичные землетрясения происходили и в верхних слоях сейсмогенной зоны (см. рис. 5).

В четвертом квартале активизация сейсмичности переходит к верхним слоям сейсмогенной зоны (см. рис. 5). Отметим, что, кроме дифференциации по глубине, во всех рассмотренных случаях наблюдается хаотическая последовательность возникновения землетрясений по всей протяженности сейсмогенной зоны.

**Обсуждение результатов.** Для сравнительного анализа проведены аналогичные исследования в межразломном пространстве. В качестве примера рассмотрим результат анализа распределения эпицентров землетрясений и разрез распределения очагов по глубине в пространстве между Южно-Ферганской и Андижанской сейсмогенными зонами в течение 4-го квартала (рис. 6).

Как отмечено выше, в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне в этом квартале основная масса землетрясений произошла на глубине от 5 до 15 км. В межсейсмогенном блоке сначала активизировались нижние слои (от 15 до 30 км), а затем активизация перешла на верхние (от 5 до 15 км). Наблюдается продолжение напряженного состояния в Южно-Ферганской сейсмогенной зоне в межразломном пространстве.

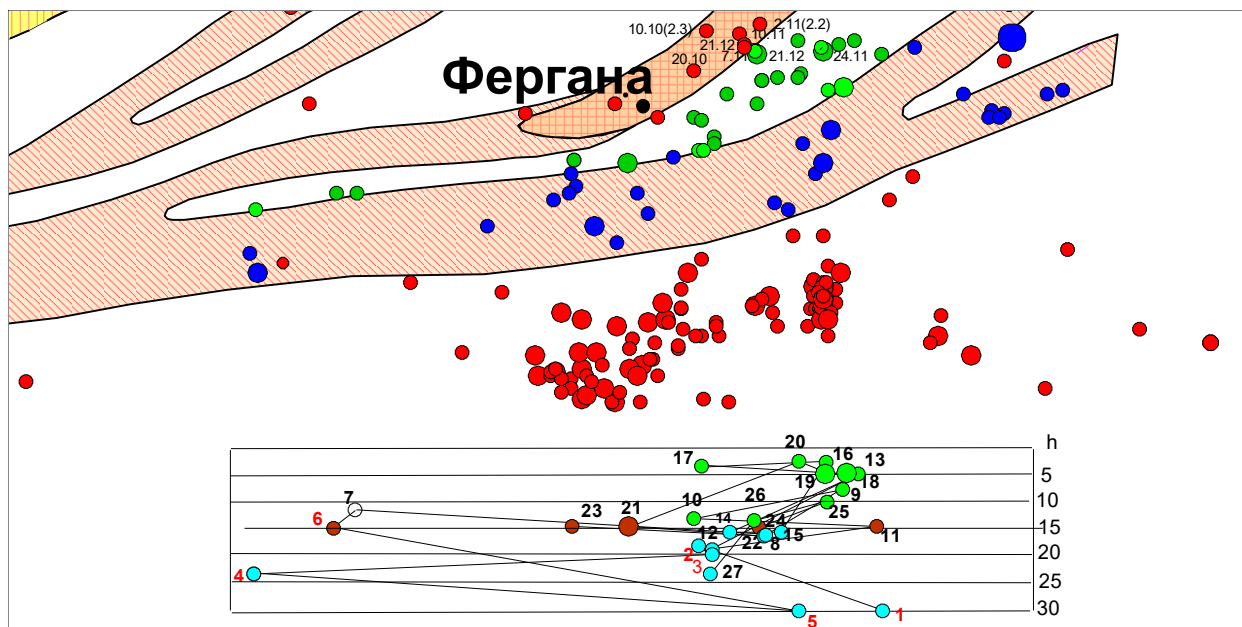


Рис. 6. Распределение эпицентров землетрясений между Южно-Ферганской и Андижанской сейсмогенными зонами за 4-й кв. 2017 г. и разрезы распределения очагов по глубине.

Fig. 6. Distribution of earthquake epicenters between the South Fergana and Andijan seismogenic zones for the 4th quarter 2017 and and sections of the distribution of foci in depth.

Таким образом, как бы проявляется волнообразная картина распределения сейсмогенного напряжения. В табл. 1 приведено поквартальное распределение количества землетрясений происшедших на разных глубинах: 0-9 км, 10-19 км и 20 км и более. Так, видно, что распределение максимального количества землетрясений по кварталам имеет также волнообразную форму.

В табл. 1 обобщено распределение количества землетрясений, возникших на различной глубине. В особенностях проявления сейсмичности разных слоев земной коры существует определенная последовательность. В первом квартале 2016 г. наиболее активным был промежуточный 10-19 км слой. Во втором квартале активизация перешла на верхний 9 км слой, затем опять на промежуточный 10-19 км, и это продолжалось и в четвертом квартале. В первом квартале 2017 г. активизация перешла на самый глубокий слой ( $H \geq 20$  км). В дальнейшем активизация перешла на верхний, промежуточный и верхние слои. Эти результаты свидетельствуют о том, что напряженное состояние как сейсмогенных зон, так и межсейсмогенных блоков земной коры в годы региональной активизации региона проявляется волнообразно.

Таблица 1

Поквартальное распределение количества землетрясений по глубинам

H, км	2016 г.				2017 г.			
	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.	1 кв.	2 кв.	3 кв.	4 кв.
0-9	7	15	5	10	8	8	3	11
10-19	9	7	9	14	6	6	12	8
20 и более	2	9	7	5	10	2	6	2

Рассмотрим теперь как развивался процесс в последующие годы. В качестве примера изучены особенности распределения землетрясений в течение 2020-2021 г. На рис. 7 приведено распределение эпицентров землетрясений в пределах Южно-Ферганской сейсмогенной зоны за 2020 г. Так, видно, что картина абсолютно не похожа на ранее полученные результаты. В течение этих годов количество землетрясений значительно возросло. Они заполняют сейсмогенную зону по всей ее 440-километровой протяженности. Особенно обратим внимание на распределение

очагов по глубине. Очаги землетрясений равномерно распределены по всей 15-километровой толще земной коры. В единичных случаях отмечены землетрясения с более глубокими очагами (6 землетрясений за год с  $H \geq 20$  км).

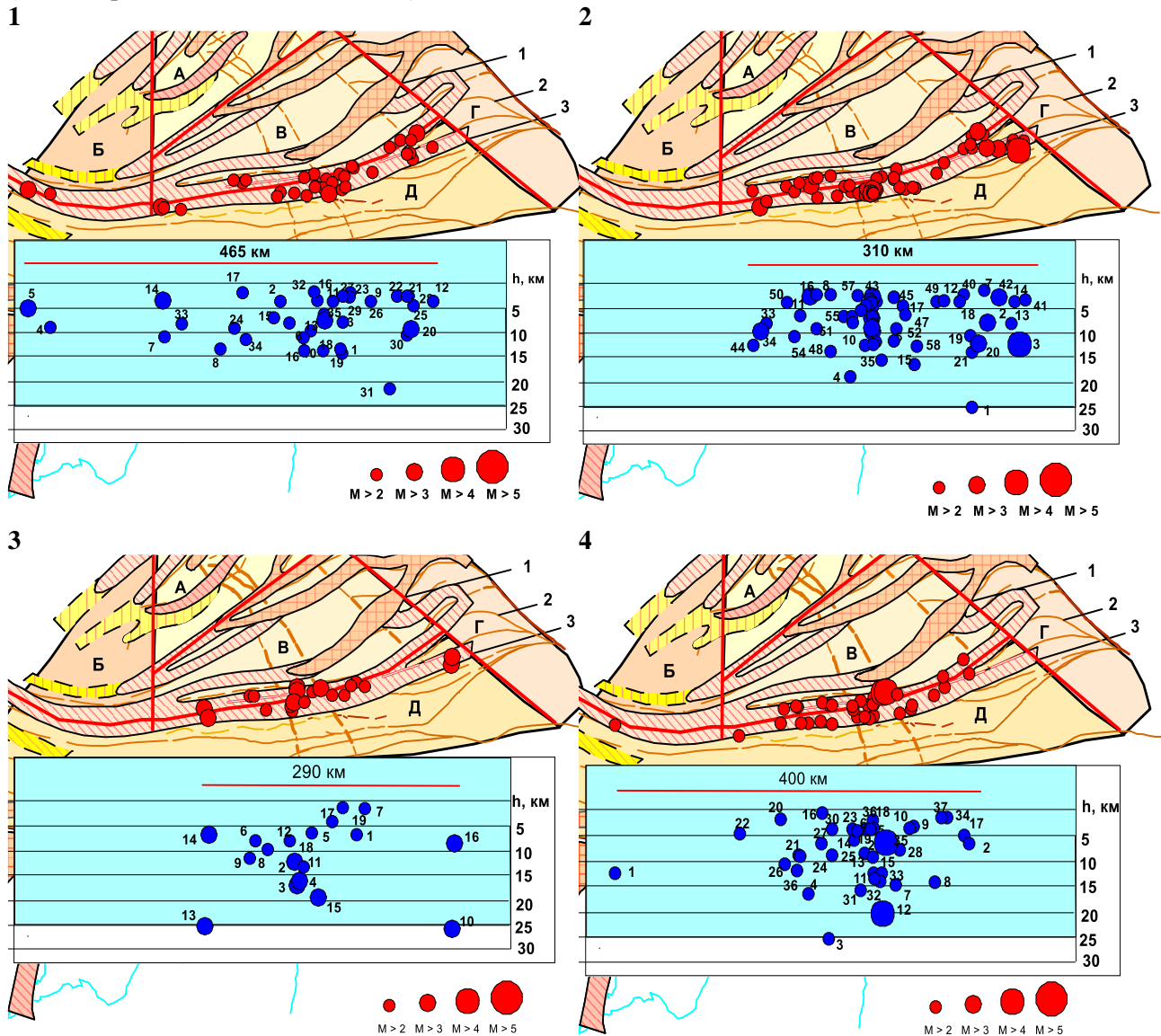


Рис. 7. Геодинамические блоки Ферганской впадины и распределение землетрясений Южно-Ферганской сейсмогенной зоны в 1-4 кв. 2020 г. и разрезы распределения очагов по глубине. 1 – границы геодинамических блоков; 2 – активные разломы; 3 – эпицентры землетрясений.

Fig. 7. Geodynamic blocks of the Fergana depression and the distribution of earthquakes in the South Fergana seismicogenic zone in the 1st-4th quarter of 2020 and sections of the distribution of foci in depth. 1 – boundaries of geodynamic blocks; 2 – active faults; 3 – earthquake epicenters.

В 2021 г. из 129 землетрясений, возникших за три квартала года, только лишь 13 событий происходили на глубине  $H \geq 20$  км, остальные – в 15-километровой толще земной коры. Это свидетельствует о том, что в напряженном состоянии были только верхние слои земной коры.

**Заключение.** Характер напряженного состояния земной коры в масштабе сейсмогенных зон неустойчив во времени и по глубине. Эпицентры землетрясений по сейсмогенной зоне распределены равномерно и во времени проявляются хаотично. Очаги сильных Канского и Чимионского землетрясений приурочены к узловым участкам сейсмогенной зоны. Основная масса слабых и умеренных землетрясений в большинстве случаев проявляется в 15-километровом слое земной коры. В отдельные периоды активизируются более глубокие слои (до 30 км) с последующим постепенным переходом в средние (10-20 км) и приповерхностные (до 9 км) слои земной коры, с волнообразным проявлением сейсмичности. Амплитуда волны, по всей видимости, соизмерима с максимальной глубиной сейсмогенного слоя. Судя по одновременной активизации

сейсмогенных зон, характерные размеры процессов, вызывающие кратковременные колебания напряженного состояния, намного больше, чем размеры сейсмогенных зон и их совокупность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллабеков К.Н. Электромагнитные явления в земной коре. - Т.: Фан, 1989. - 231 с.
2. Вилькович Е.В. О взаимосвязи землетрясений // Поиски предвестников землетрясений. - Т.: Фан, 1976. - С. 132-140.
3. Головкин В.П., Нурматов У.А., Нармирзаев Ф.Д. Современные движения земной коры и сейсмичность. - Т.: Фан, 1990. - 177 с.
4. Губин И.Е. Закон сейсмоструктуры 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. Магницкий В.А., Артюшков Е.В. Некоторые общие вопросы динамики Земли // Тектоносфера Земли. - М.: Наука, 1979. - С. 487-525.
7. Нурматов У.А., Юсупджанова У.А. Сейсмоструктурная обстановка района возникновения Канского землетрясения 20.07.2011 г. // Проблемы сейсмологии в Узбекистане. - Т., 2013. - С. 45-48.
8. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1974 г. / Под ред. Н.В.Кондорской и Н.В.Шебалина. - М.: Наука, 1977. - 536 с.
9. Нурматов У.А., Ибрагимов Р.Н. Результаты сейсмоструктурных исследований в Узбекистане // Сейсмология муаммолари. - Т., 2016. - С. 37-46.
10. 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.
11. Тамразян Г.П. Главнейшие пространственно-временные закономерности сейсмоструктурного развития Земли в XX в. // Изв. АН АрмССР. Науки о Земле. - 1978. - Т. 31. - № 4. - С. 17-31.
12. Ярмухамедов А.Р. Современная геодинамическая активность земной коры Средней Азии и ее связь с сейсмичностью. - Т.: Университет, 1995. - 130 с.
13. Gardner T.K., Knopoff L. Is the of earthquake in southern California. With aftershocks removed, poisoning? // Bulletin of the Seismological Society of America. - 1974. - Vol. 64. - P. 1363-1366.

#### JANUBIY-FARG'ONA SEISMOGEN ZONASI KUCHLANGANLIK XOLATINI QISQA MUDDATLI O'ZGARUVCHANLIGI TO'G'RISIDA

U.A. Nurmatov, U.A. Yusupdjanova

**Annotatsiya.** Maqolada regional seysmik faollik yillarida Janubiy Farg'ona seysmogen zonasi doirasida zilzilalarning namoyon bo'lish xususiyatlarini tahlil qilish natijalari keltirilgan. Zilzila epitsentrlarining seysmogen zona uzunligi va seysmogen qatlamlar chuqurligi bo'yicha har chorakda nomoyon bo'lishini xususiyatlari xarita va kesmalar ko'rinishida keltirilgan. Olingan natijalar yer qobig'ining kuchlanganlik holati vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligi va bu o'zgaruvchanlik zilzila o'choqlarining chuqurlik bo'yicha to'liqsimon tarzda namoyon bo'lishining ko'rsatdi.

**Kalit so'zlar:** seysmogen zona, epitsentr, zilzila manbai, avftershiklar, zilzila o'chog'i zilzilalar, buzilishlar, tarqalishi, yer qobig'i, yer qobig'i bloklari.

#### ON THE SHORT-TERM VARIABILITY OF THE STRESS STATE OF THE SOUTHERN-FERGANA SEISMOGENIC ZONE

U.A. Nurmatov, U.A. Yusupdjanova

**Abstract.** The article presents the results of the analysis of the features of the manifestation of earthquakes in the South Fergana seismogenic zone during the years of regional seismicity activation. Schematic maps of the quarterly distribution of earthquake epicenters along the entire length of the seismogenic zone and along the depths of seismogenic layers are given. The results obtained showed the instability of the stress state of the earth's crust in time, which is expressed in the wave-like nature of the manifestation of earthquake sources in depth and in time in individual years.

**Key words:** seismogenic zone, epicenter, source of earthquakes, aftershocks, focus of earthquakes, faults, propagation, earth's crust, fragments of earth's crust.

## MUHANDISLIK SEYSMOLOGIYASI

УЎК 550.34+624.131.1(575.1)

### ҚУРИЛИШ МАЙДОНЛАРИДА ТАРҚАЛГАН ЧЎКУВЧАН ГРУНТЛИ АСОСЛАРНИНГ МУХАНДИС-ГЕОЛОГИК ВА СЕЙСМИК ХОССАЛАРИНИ DEEP SOIL MIXING УСУЛИ БИЛАН ЯХШИЛАШ ВА СЕЙСМИК ЖАДАЛЛИК ОРТТИРМАСИ ЎЗГАРИШИНИ БАҲОЛАШ

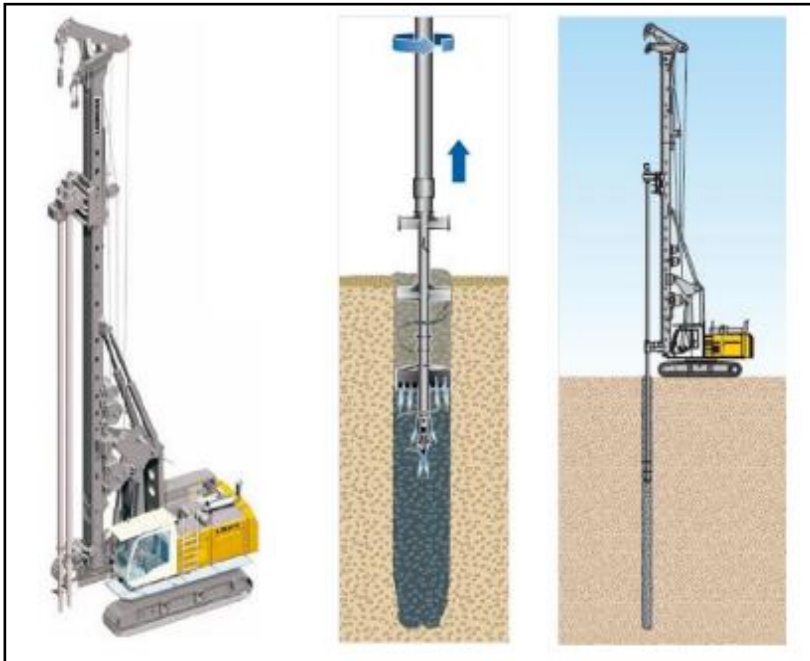
*Ш.И. Ёдгоров, Ж.Ш. Бозоров, Э.М. Ядигаров, А.С. Хусомиддинов,  
Б.У. Актамов, Ш.Б. Авазов*

*ЎзР ФА Сейсмология институти*

**Аннотация.** Мақолада Фарғона вилояти Қўқон шаҳрида 16 қаватли турар-жой бинолари қуриладиган ҳудудда муҳандис-геологик, сейсморазведка, микросейсмика тадқиқотларни натижалари келтирилган. Грунтларнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш учун Deep Soil Mixing (DSM) усули қўлланилган. Ушбу усулда қурилиш сифатини ошириш учун қурилиш майдонида тарқалган маҳаллий грунтларга цемент, гил, оҳак қоришмаларини аралаштиришдан фойдаланиб, грунтларнинг юк кўтариш қобилиятини яхшиланган. Тадқиқот ҳудудидаги грунт қатламларидан сейсмик тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ва H/V спектрлари маълумотлари таҳлил келтирилган.

**Калит сўзлар:** грунт, сейсморазведка, қурилиш, грунт қатлами, сейсмик таъсир, котлован, муҳандис-геофизик тадқиқотлар, геолого-литологик қирқими.

**Кириш.** Deep Soil Mixing (DSM) бутун дунёда хусусан Буюк Британия, Германия, Франция, Хитой, Россия, Туркия ва бошқа дунёнинг ривожланган давлатларида грунтларнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш усули сифатида қурилиш майдонида тарқалган маҳаллий грунтларга цемент, гил, оҳак қоришмаларини аралаштиришдан фойдаланиб, грунтларнинг юк кўтариш қобилиятини яхшилашга имкон берадиган усул. Бу усул (DSM) грунтларни цемент суспензияси билан аралаштириш усули грунт мустаҳкамлигини ошириш бошқа усуллариغا нисбатан самарали ҳисобланади [1, 2]. Бу усул нафақат лойиҳа ҳаражатларини камайтиради, балки қурилиш лойиҳалари ҳақида гап кетганда ҳам кечикишларни бартараф эта олади. Грунтни цемент суспензияси билан аралаштириш, шунингдек, грунтни сифатини ошириш бошқа усуллариغا қараганда карбонат ангидрид чиқиндиларини камайтириш орқали экологик жиҳатдан ҳам қулайроқдир (1-расм). Шунингдек, керакки, мавжуд материалларни жойида қазиб олишнинг ҳожати йўқ ва чиқиндиларни олиб ташлаш жуда кам миқдорда бўлади. Қурилиш майдонида мавжуд грунт қурилиш материали сифатида ишлатилади ва қурилиш майдонидаги қиммат ва катта ҳажмдаги қурилиш материалларни ташишнинг ҳожати йўқ, бу эса транспорт воситаларининг ҳаракатини камайтиришга имкон беради. Грунтларни цемент қоришмалари билан чуқур аралаштириш технологияси. Грунтларни чуқурлик бўйича аралаштириш-бу грунтнинг ҳолатини яхшилаш усули бўлиб, бўшқоқ грунтларнинг хусусиятларини цемент бириктирувчи билан механик аралаштириш орқали яхшилайди. Цемент, кул, оҳак ёки бентонит каби минералларни грунт билан аралаштириш грунт хусусиятларини мустаҳкамлашга олиб келади [3, 4].



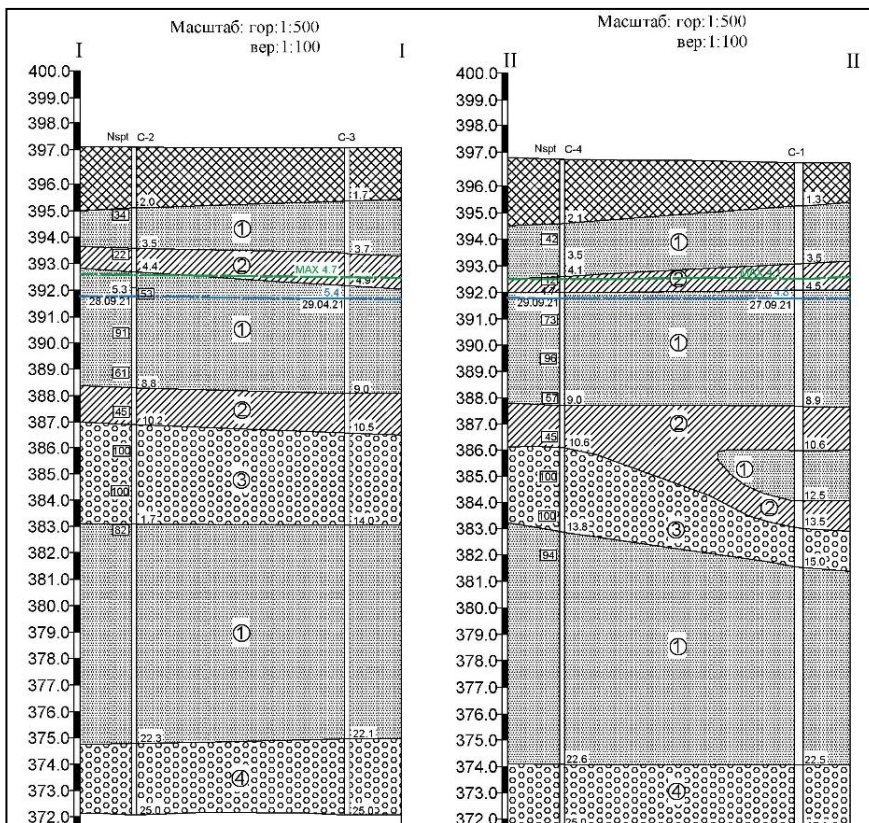
1-расм. Грунтни цемент суспензияси билан чуқур аралаштириш технологияси бўйича ишлаб чиқариш технологик схемаси.

Fig. 1. Process Flow Diagram for Deep Soil/Cement Slurry Process.

**Натижалар таҳлили.**

Тадқиқотлар Фарғона вилояти Қўқон шаҳри Туркистон ва Моварауннахр кўчалари кесишмасида жойлашган “16 қаватли турар-жой бинолари” қурилиши майдонида ўтказилган. Тадқиқот майдонида тўртламчи давр ётқизиқлари тарқалган бўлиб аллювиал-пролювиал йўл

билан ҳосил бўлган юқори тўртламчи давр ётқизиқлари голодностеп комплекслари (арQ<sub>III</sub>gl) тарқалган. Қурилиш майдонида 25 м чуқирликгача лёссимон грунтлар, гиллар ва кичкина қатлам шаклида кумли грунтлар, галечниклар жойлашган. Қурилиш майдонида ўтказилган муҳандис геологик тадқиқотлар натижалари асосида геолого-литологик қирқими тузилган (2-расм).



2-расм. Геолого-литологик қирқим. 1 – супес, 2 – суглинок, 3 – гравий, 4 – галечник.

Муҳандис-геологик тадқиқотлар натижасида майдонда грунтлар 4 та муҳандис-геологик элементга ажратилган. МГЭ-1 Супес, МГЭ-2 Суглинок, МГЭ-3 Гравий ва МГЭ-4 Галечник ва ҳар бир элементнинг физик-механик хоссалари аниқланган.

Fig. 2. Geological and lithological field. 1 – supess, 2 – loam, 3 – gravel, 4 – pebble. As a result of geotechnical studies, soils in the area are divided into 4 geotechnical elements. The physical and mechanical properties of each element were determined: Soup, Loam, Gravel and Pebble.

**1-жадвал****МГЭ-1 Норматив ва ҳисобий кўрсаткичлари**

Грунт хоссаларининг кўрсаткичлари	Ўлчов Бирлиги	Табийий ҳолатдаги ўртача қиймати
Грунтнинг зичлиги	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	1,55
Грунтнинг скелет зичлиги	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	1,50
Намлик	$(W)$ , %	13,5
Ғоваклик	$(n)$ , %	42,9
Ғоваклик коэффиценти	$(e)$	0,755
Ички ишқаланиш бурчаги	$(\varphi)$ , град	30
Модул деформация	$(E)$ , МПа	8

**2-жадвал****МГЭ-2 Норматив ва ҳисобий кўрсаткичлари**

Грунт хоссаларининг кўрсаткичлари	Ўлчов Бирлиги	Табийий ҳолатдаги ўртача қиймати
Грунтнинг зичлиги	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	1,90
Грунтнинг скелет зичлиги	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	1,60
Намлик	$(W)$ , %	27,2
Ғоваклик	$(n)$ , %	44,9
Ғоваклик коэффиценти	$(e)$	0,807
Ички ишқаланиш бурчаги	$(\varphi)$ , град	25
Модул деформация	$(E)$ , МПа	5,6

**3-жадвал****МГЭ-3 Норматив ва ҳисобий кўрсаткичлари**

Грунт хоссаларининг кўрсаткичлари	Ўлчов бирлиги	Табийий ҳолатдаги ўртача қиймати
Грунтнинг зичлиги	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	1,90
Модул деформация	$(E)$ , МПа	40
Фильтрация коэффиценти	$(K)$ , м/сут	50-100

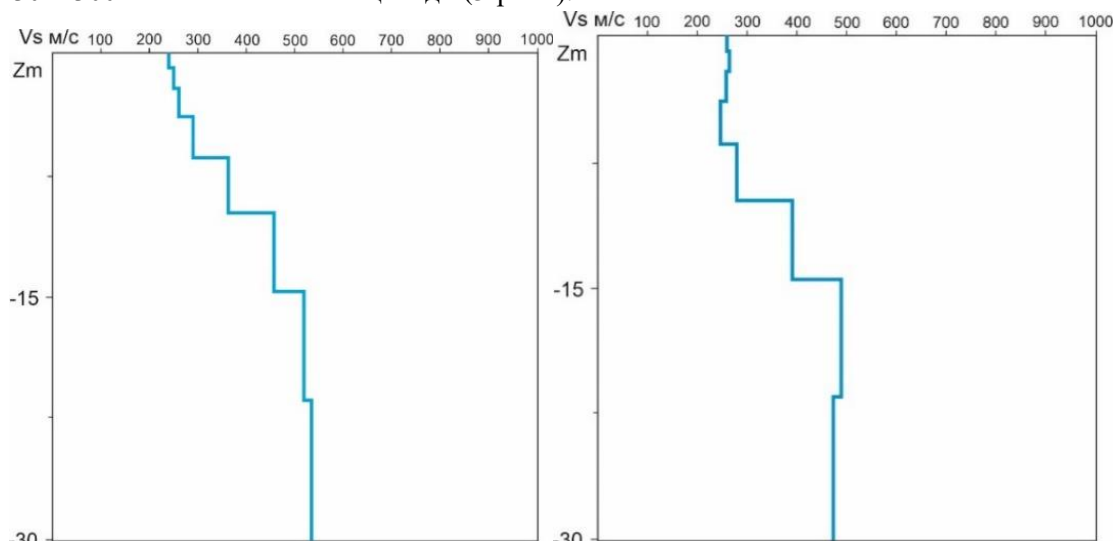
**4-жадвал****МГЭ-4 Норматив ва ҳисобий кўрсаткичлари**

Грунт хоссаларининг кўрсаткичлари	Ўлчов бирлиги	Табийий ҳолатдаги ўртача қиймати
Грунтнинг зичлиги	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	2,05
Модул деформация	$(E)$ , МПа	45
Фильтрация коэффиценти	$(K)$ , м/сут	50-150

Қурилиш майдонида сейсморазведка дала тадқиқот ишлари ҳам олиб борилган. Сейсморазведка тадқиқотлари MASW усулини қўллаш орқали амалга оширилган ва қуйидаги натижалар олинган. Қуйидаги 2 та нуқтада 30 м чуқирлик бўйича қўндаланг тўлқинлар тарқалиш



тезликлари ўзгариши графиклари келтирилган. Бунда кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ўртача  $V_{s30} = 300$  м/с га тенглиги аниқланди (3-расм).



3-расм.  $V_{s30}$  нинг чуқурлик бўйича тарқалиши.

Fig. 3. Depth distribution.

**5-жадвал**

**Муҳандислик тайёрларликдан олдинги грунтларнинг муҳандис-геологик ва сейсмик хоссалари қийматлари**

Кузатув нуқтаси	$V_{s30}$	$\rho_{30}$	$(V_{s_i}\rho_i)$	Сейс. қат. репер грунт (660*1,9)	$dI_{с,ж}$
Профил-ўртача	300	1,75	525	1254	+0,64

**6-жадвал**

**Қурилиш майдонидаги грунтларнинг мустаҳкамлигини Deep Soil Mixing методи билан яхшилаш**

Грунт хоссаларининг кўрсаткичлари	Ўлчов бирлиги	Табийий ҳолатдаги
Грунтнинг зичлиги	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	<u>1,55-2,05</u> 1,75
Грунтнинг склет зичлиги	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	<u>1,50-1,60</u> 1,55
Намлик	$(W)$ , %	<u>13,5-27,2</u> 20,5
Ғовақлик	$(n)$ , %	<u>42,4-50,0</u> 43,2
Кўндаланг тўлқин тезлиги	$(V_s)$ , м/с	<u>260-350</u> 300
Сейсмик қаттиқлик	$(V_{s_i}\rho_i)$	495
Сейсмик жадаллик орттирмаси	$(\Delta I)$ , балл	+0,64

Deep Soil Mixing (DSM) грунтларни зичлигини ошириш ва динамик равишда мустаҳкамлашнинг тез, тежамкор ва экологик тоза усулини таъминлайди ва грунтнинг деформация хусусиятларини яхшилайдди. Тизим цемент боғловчисини гилл, торф, ёки пастки қатламларга аралаштириш орқали юмшоқ грунтларнинг ҳолатини яхшилаш учун

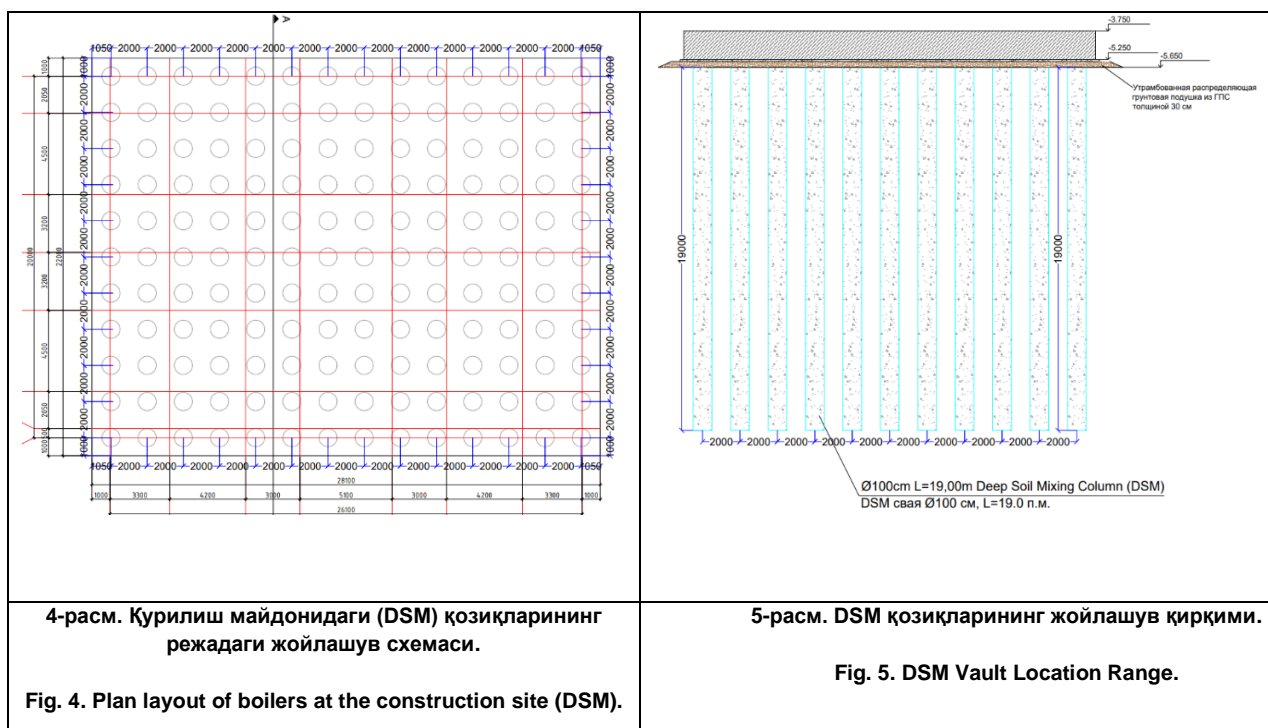
мўлжалланган. Ушбу технология катта майдонда чўкувчан грунтларни мустаҳкамлаш учун мўлжалланган ва ҳар қандай турдаги грунтларга мос келадиган энг тежамкор усул ҳисобланади.

Фарғона вилояти Қўқон шаҳри Туркистон ва Моварауннаҳр кўчалари кесишмасида жойлашган 16 қаватли турар-жой биноси остида 620 м<sup>2</sup> майдонга узунлиги 19 м ли, диаметри 1 м ли 154 та (DSM) қозиклари жойлаштирилган.

DSM қозиклари жойлаштирилган котлованда муҳандис-геологик, сейсморазведка ва инструментал дала тадқиқот ишлари амалга оширилган ва қуйидаги натижалар олинган (4, 5-расм).

Қурилиш майдонида Накамура усули бўйича грунт параметрларини аниқлаш учун микросейсмаларнинг сейсмометрик ўлчовлари олиб борилди.

Сейсмик жадаллик орттирмасини баҳолаш усули икки ёки ўндан ортиқ нуқталарда табиий шовқинларни синхрон қайд этиш ва микросейсмик шовқиннинг амплитуда-спектрал хусусиятларини кейинги таққослашга асосланган JSesame дастури ёрдамида маълумотларни қайта ишлаш Н/V спектрал нисбатини баҳолашга имкон беради (горизонтал ва вертикал тебранишлар, Накамура усули, 1991).



Қайта ишлаш жараёнида техноген ва бошқа омиллар натижасида келиб чиқадиган шовқинлар вақт қаторидан кесилган. Циклик таъсир остида грунтларнинг суюқланиш коэффициенти ҳисоблаб чиқилган.

$$K_g = \frac{A_i^2}{F_p}$$

бу ерда,  $A_i$  – Н/V нисбати,  $F_p$  – грунтларнинг асосий частотаси.

Сейсмик тебранишлар жадаллигининг орттирмасини аниқлаш учун қуйидаги нисбат ишлатилган:

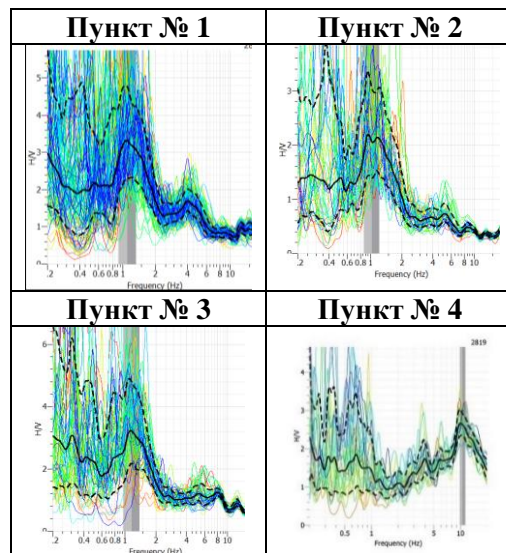
$$\Delta J = Lg_2(A_i/A_n),$$

бу ерда,  $A_i$  – ўрганилаётган нуқтада сигнал амплитудаси,  $A_n$  – опорний нуқта амплитудаси.



6-расм. Инструментал ўлчов нуқталарининг жойлашуви.

Fig. 6. Location of instrumental measurement points.



7-расм. Регистрция пунктлари учун ҳисобланган HVSR спектрлари.

Figure 7. HVSR Spectra calculated for registration points.

7-жадвал

HVSR методи бўйича грунтларнинг ҳисобий параметрлари

HVSR	F <sub>0</sub>	K <sub>g</sub>	dI
4	1,5	10,6	-0,54
5,2	0,7	38,6	-0,11
8	1,1	14,5	-0,81
2,0	1,03	3,88	-0,43



8-расм. Сейсморазведка тадқиқотлари профиллари.

Fig. 8. Seismic profiles.

**8-жадвал****Муҳандис-геологик тайёргарликдан кейинги дала сейсморазведка тадқиқот натижалари**

Кузатув нуқтаси	$V_{s30}$	$\rho_{30}$	Сейс. қат. репер грунт (660*1,9)	$dI_{с,ж}$
Профил 1	350	2,3	1254	+0,32
Профил 2	506	2,46	1254	0,005
Профил 3	550	2,40	1254	-0,03
Профил ўртача	470	2,39	1254	0,09

**9-жадвал****Муҳандислик тайёрларликдан кейинги грунтларнинг муҳандис-геологик ва сейсмик хоссалари қийматлари**

Грунт хоссаларининг кўрсаткичлари	Ўлчов бирлиги	Тайёргарликдан кейинги
Грунтнинг зичлиги	$(\rho)$ , г/см <sup>3</sup>	$\frac{2,30-2,46}{2,40}$
Грунтнинг скелет зичлиги	$(\rho_d)$ , г/см <sup>3</sup>	$\frac{1,65-1,75}{1,70}$
Намлик	$(W)$ , %	$\frac{10,5-20,2}{15,5}$
Ғоваклик	$(n)$ , %	$\frac{34,4-39,5}{36}$
Кўндаланг тўлқин тезлиги	$(V_s)$ , м/с	$\frac{350-550}{470}$
Сейсмик қаттиқлик	$(V_{s_i} \rho_i)$	1124
Сейсмик жадаллик орттирмаси	$(\Delta I)$ , балл	0,09

**ХУЛОСА**

Шундай қилиб, сейсморазведка дала тадқиқотлари натижаларига кўра муҳандис-геологик тайёрларликдан олдин майдонда кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ўртача  $V_s = 300$  м/сек, сейсмик қаттиқлик эса  $V_{s_i} \rho_i = 495$  га, муҳандислик тайёрларликдан кейинги майдонда кўндаланг тўлқинларнинг тарқалиш тезлиги ўртача  $V_s = 470$  м/сек, га, сейсмик қаттиқлик эса  $V_{s_i} \rho_i = 1124$  га ўзгарганини кўришимиз мумкин. Юқоридаги маълумотлардан келиб чиққан ҳолда сейсмик жадаллик орттирмасининг ўзгариши  $\Delta I = 0,76 \approx 1$  баллга камайганини кўришимиз мумкин. Қолаверса

Инструментал тадқиқотлар натижаларига кўра қурилиш майдонида тарқалган грунтларнинг муҳандислик тайёргарликдан олдинги ва кейинги натижалари таҳлил қилинди [3]. Тайёргарликдан олдин грунтлар сейсмик хусусиятлари бўйича учинчи тоифадаги грунтларда жойлашганлиги аниқланди. Муҳандислик тайёргарликдан кейин грунтлар иккинчи тоифага ўтган. Қурилиш майдонидаги грунтларнинг резонанс частотаси 0,7-1,5 Гц оралиғида ўзгаради. Сейсмик бекарорлик коэффициенти эса 38,6 қийматдан ошмайди. Ўлчов қилинган нуқталардаги сейсмик жадаллик орттирмаси муҳандислик тайёргарликдан кейинги ҳолатда ҳисобланганда энг паст кўрсаткич учинчи нуқтада яъни  $\Delta I = -0,81$  баллга камайганини аниқланган.

#### Адабиётлар

1. Bell A., Kirsch K. 2012. // Ground improvement//. – 3rd ed. – CRC Press.

2. Корпач А.И., Лофицкий А.В. Возможности применения технологии глубинного перемешивания грунта DSM для ограждения котлованов // Геотехника. - 2015. - № 3. - С. 16-22.

3. Захриев Ф.Ф., Внуков Д.А., Корпач А.И. Преобразование грунтовых оснований с применением технологии глубинного перемешивания грунта. - 2017. - Т. 8. - № 4. - С. 116-125. DOI: 10.15593/2224-9826/2017.4.12

4. Богданов О.И., Корпач А.И. Применение технологии глубинного перемешивания грунта DSM для усиления грунтовых оснований // Инновационные конструкции и технологии в фундаментостроении и геотехнике / Мат-лы науч.-техн. конф. с междунар. участием, Липецк. - М.: Палеотип, 2013. - С. 271-276.

5. Исмаилов В.А. О приращении сейсмической интенсивности при инженерной подготовке лессовых оснований зданий и сооружений // Вестник НУУз. - Т.: НУУз, 2017. - № 3/1. - С. 290-296.

6. Кригер Н.И., Кожевников А.Д., Миндель И.Г. Сейсмические свойства дисперсных пород (сейсмо-литологический подход). - М.: ИНЖЭКО, 1994.- 195 с.

7. КМК 2.01.03-19 Строительство в сейсмических районах // Строительные нормы и правила. - Т.: ИВЦ «АQATM» Госархитектстрой РУз, 1998. - 121 с.

8. Укрепление слабых грунтовых оснований способом глубинного перемешивания грунта по технологии DSM (Deep Soil Mixing): стандарт организации. - М., 2015.

### УЛУЧШЕНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ И СЕЙСМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСАЖДАЕМЫХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ, РАЗБРОСАННЫХ ПО СТРОИТЕЛЬНЫМ ПЛОЩАДКАМ, С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА DEEP SOIL MIXING И ОЦЕНКИ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИРОСТА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

Ш.И. Ёдгоров, Ж.Ш. Бозоров, Э.М. Ядигаров, А.С. Хусомиддинов,  
Б.У. Актамов, Ш.Б. Авазов

**Аннотация.** Представлены результаты инженерно-геологических, сейсморазведочных, микросейсмических исследований на территории строительства 16-этажных жилых домов в г. Коканде Ферганской области. Для улучшения физико-механических свойств грунтов применялся метод Deep Soil mixing (DSM). В этом методе для повышения качества строительства используется смешивание цементных, глинистых, известковых смесей с местными грунтами, разбросанными по строительной площадке, что улучшает несущую способность грунтов. Были проанализированы данные о скорости распространения сейсмических волн и H/V из слоев грунта в районе исследования.

**Ключевые слова:** грунт, сейсморазведка, строительство, грунтовый слой, сейсмическое воздействие, котлован, инженерно-геофизические исследования, геолого-литологический разрез.

### DEVELOPMENT AND DEVELOPMENT OF GEOTECHNICAL AND SEISMIC PROPERTIES OF SOIL BASES COMMON AT CONSTRUCTION SITES ASSESSMENT OF CHANGE IN EISMİK ACTIVITY

Sh.I. Yodgorov, J.Sh. Bozorov, E.M. Yadigarov, A.S. Khusomiddinov,  
B.U. Aktamov, Sh.B. Avazov

**Abstract.** The article presents the results of engineering-geological, seismic, microseismic studies on the territory of construction of 16-storey residential buildings in the city of Kokand, Ferghana region. To improve the physical and mechanical properties of soils, the Deep Soil mixing (DSM) method was used. In this method, to improve the quality of construction, mixing of cement, clay, lime mixtures with local soils scattered on the construction site is used, which improves the bearing capacity of soils. Data on the propagation velocity of seismic waves and H/V from the soil layers in the study area were analyzed.

**Key words:** grunt, seismorazvedka, construction, grunt layer, seismic impact, kotlovan, engineer-Geophysical Research, geologo-lithological Ridge.

УДК 550.347.097

ОПРЕДЕЛЕНИЕ  $V_{s30}$  МЕТОДОМ НАКАМУРЫ (HVSР)

А.Х. Ибрагимов, Т. Мамарозиқов

Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент

**Аннотация.** Приводятся результаты инженерно-сейсмологических изысканий методами MASW и HVSР, показана возможность определения средней скорости  $V_s$  по всему разрезу осадочных пород с использованием данных HVSР. Дается сопоставление полученных результатов.

**Ключевые слова:** микросейсмы, MASW, HVSР, скоростной разрез,  $V_s$ .

При сейсмическом микрорайонировании городских территорий в условиях плотной застройки возникает проблема выбора площадок без асфальтобетонного покрытия. При проведении сейморазведочных работ зачастую нет возможности разнести геофоны на необходимое расстояние. В таких случаях оправданно применение метода HVSР (метода Накамуры) [8].

Метод Накамуры основан на получении отношений спектров горизонтальных компонент микросейсмических колебаний к спектру их вертикальной компоненты (H/V отношений), которые представляют передаточную функцию разреза грунтов на всю толщу относительно несвязного геологического материала инженерного фундамента, как аналога амплитудно-частотной характеристики. Наблюдения выполняются одной трехкомпонентной станцией без потери качества результирующих материалов. Это позволяет за короткое время и с необходимой детальностью решать поставленные задачи при проведении инженерно-геофизических исследований. На рис. 1 приведен пример кривой HVSР.

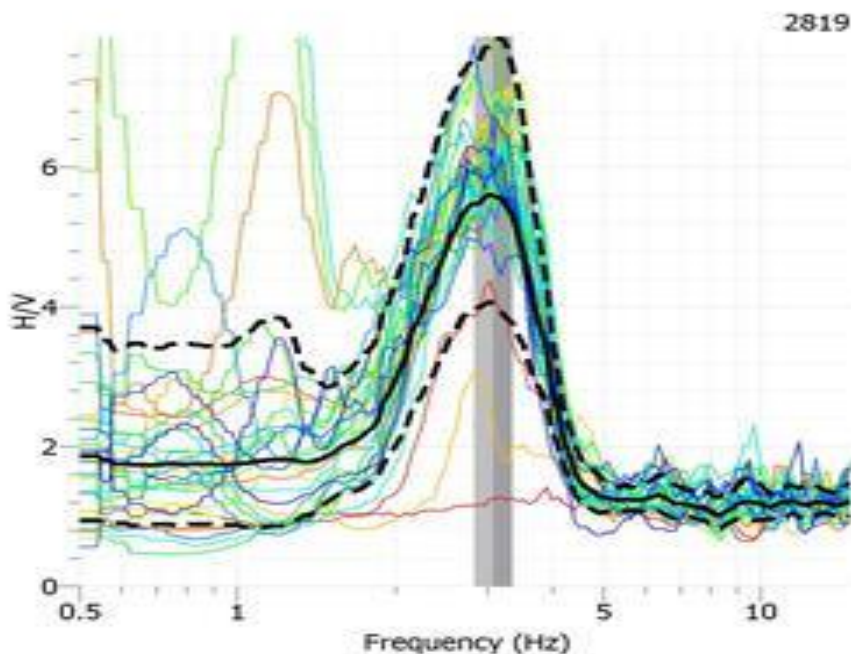


Рис. 1. Пример спектра HVSР. HV – передаточная функция грунтов,  $f$  – резонансная частота осадочного слоя грунтов, зависящая от мощности последнего.

Fig. 1. Example of the HVSР spectrum. HV is the transfer function of soils,  $f$  is the resonant frequency of the sedimentary layer of soils, depending on the power of the latter.

Ряд исследований посвящен оценке толщи осадочных пород методом микросейсм [2-11]. Исследователями получены уравнения, описывающие связь резонансной частоты грунтовой толщи и ее мощности (табл. 1). Все уравнения выражаются как

$$H \text{ (глубина, м)} = A * f_0^B. \quad (1)$$

Таблица 1

Автор	Уравнение	Мощность осадочной толщи, м	Район исследований
Seht [6]	$H = 96fo^{-1.388}$	15-1257	Нижний Рейн, Германия
Delgado [4]	$H = 55,64fo^{-1.268}$	3,8-46,1	Бассейн Бахо, Испания
Paudyal [10]	$H = 146fo^{-1.2079}$	357	Бассейн Катманду
Parolai [11]	$H = 108fo^{-1.551}$	10-401,6	Кёльн, Германия
Hinzen [5]	$H = 137fo^{-1.19}$	60-1250	Рейн, Германия
Birgören [1]	$H = 151fo^{-1.531}$	20-366	Стамбул
Özalaybey [9]	$H = 141fo^{-1.27}$	60-1120	Измит, Турция
Biswas [2]	$H = 160fo^{-1.459}$	10-200	Шиллонг, Индия
Del Monaco [3]	$H = 129,3fo^{-1.06}$	10-200	Западная равнина Л'Акуила
Khan [7]	$H = 134fo^{-1.23}$	4-138	Исламабад, Пакистан

Зная резонансную частоту грунтов и глубину отражающего горизонта из уравнения

$$V_s = fo * 4H \quad (2)$$

можно определить среднее значение  $V_s30$ .

По результатам комплексных инженерно-сейсмологических исследований территории г. Бухара методом MASW получены скоростные разрезы и рассчитано значение  $V_s30$ . Также синхронно производилась регистрация микросейсм и методом HVSR [1]: определены резонансная частота и передаточная функция грунтов. С использованием скоростных разрезов, полученных методом MASW, а также данных «реперных» скважин, уточнены коэффициенты «А» и «В» уравнения (1).

$$H = 139,23 * fo^{-1.13} \quad (3)$$

В табл. 2 приведен пример полученных величин глубины высокоскоростной границы.

Таблица 2

HVSR	fo	H, м
4,7	5,3	17,22842
2,82	5,3	17,22842
3,5	4,8	19,46158
4,1	4,05	23,98475
4,4	5,2	17,63684
4	4	24,35404
2,9	4,9	18,97421
4,8	5,2	17,63684
5,1	5,2	17,63684
4,05	5,2	17,63684
3,6	4,2	22,9355
3,6	4,3	22,2812
3,62	4,9	18,97421
2,85	6,2	14,20571
6,3	5,7	15,75356
3,62	5,7	15,75356

Сейсморазведочные работы MASW выполнены 24-канальной линейной сейсмостанцией с шагом пунктов приема 2 м, при этом были применены геофоны 4,5 Гц. Право- и левофланговая система наблюдений с удалений пункта возбуждения 12 и 2 м соответственно. Возбуждение и регистрация волн производилась по схеме Z-Z. В результате проведения полевых работ получены сейсмограммы общего пункта возбуждения, на которых в первых вступлениях наблюдаются прямая и преломленная волны, далее следуют гармоники поверхностных волн (рис. 2).

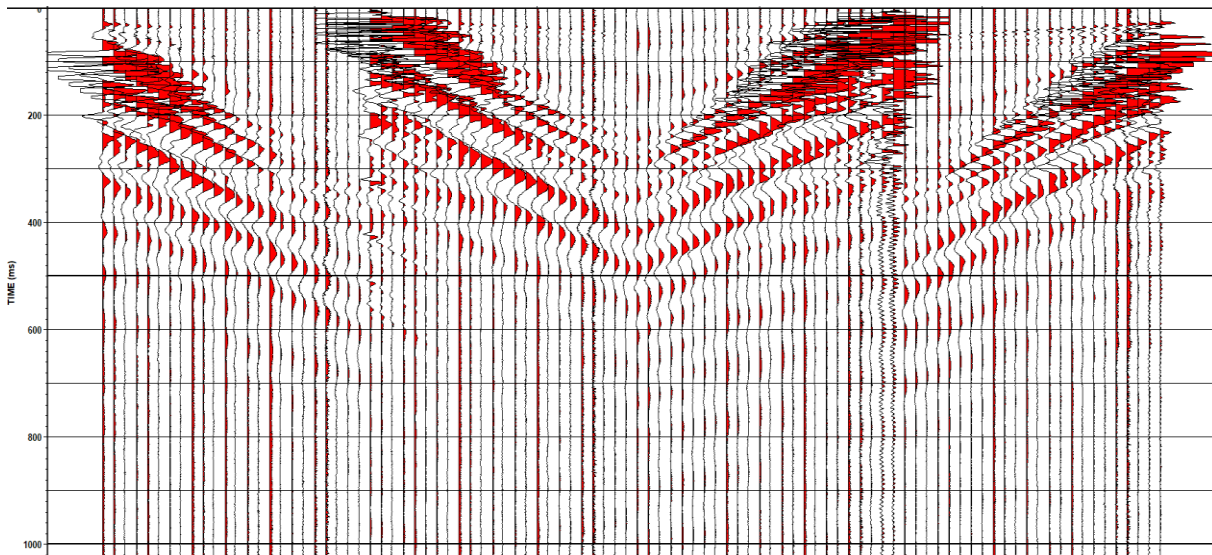


Рис. 2. Сейсмограммы общего пункта возбуждения.

Fig. 2. Seismograms of the general excitation point.

Обработка полевых данных состояла в присвоении геометрии, верхнего и нижнего мьютинга, двумерного преобразования, целью которого является получение дисперсионной картины. Указанные процедуры выполнены для каждого пункта наблюдений.

На полученных дисперсионных картинах наблюдается ярко выраженная зона, соответствующая фундаментальной моде поверхностных волн. С целью усиления фундаментальной моды, получения информации о низкочастотных составляющих дисперсионной области произведено накопление дисперсионных картин путем их суммирования (рис. 3).

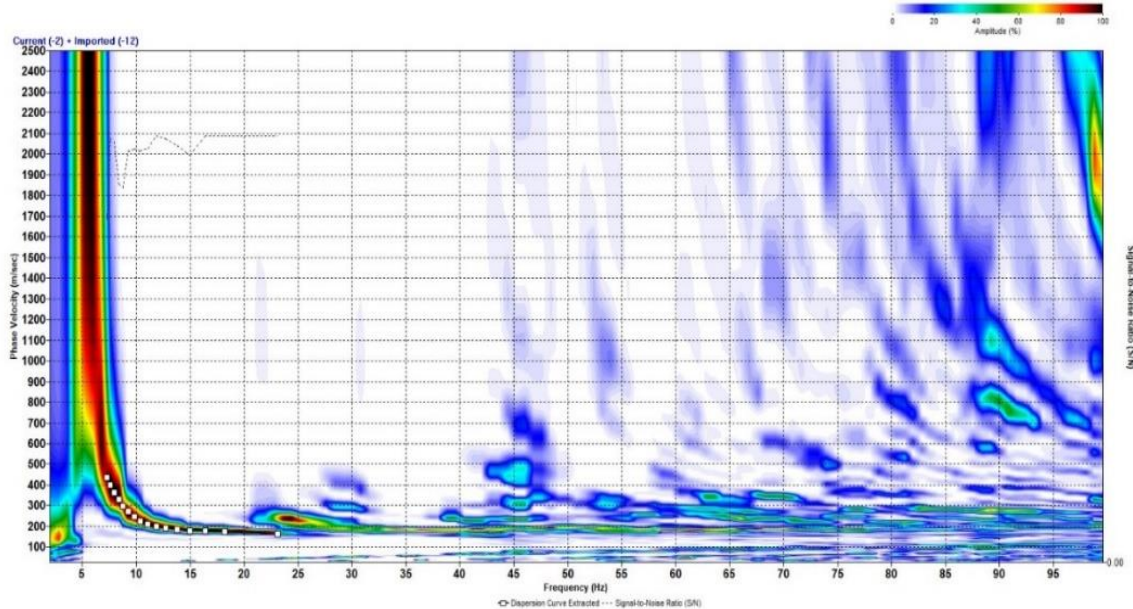


Рис. 3. Суммарная дисперсионная картина с выделенной дисперсионной кривой.

Fig. 3. The total dispersion picture with the selected dispersion curve.

По полученной результирующей дисперсионной картине получена дисперсионная кривая путем пикировки фундаментальной моды поверхностных волн. Инверсия дисперсионной кривой позволяет получить одномерную глубинно-скоростную модель, соответствующую центру приемной расстановки (рис. 4) [12, 13].

Расчет параметра  $V_{s30}$  заключается в расчете средней скорости пробега поперечных волн в 30-метровой грунтовой толще.



$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

В случае, когда глубинность исследований не позволяет исследовать 30-метровую толщу, применен метод расчета  $Vs30$  путем экстраполяции данных [14].

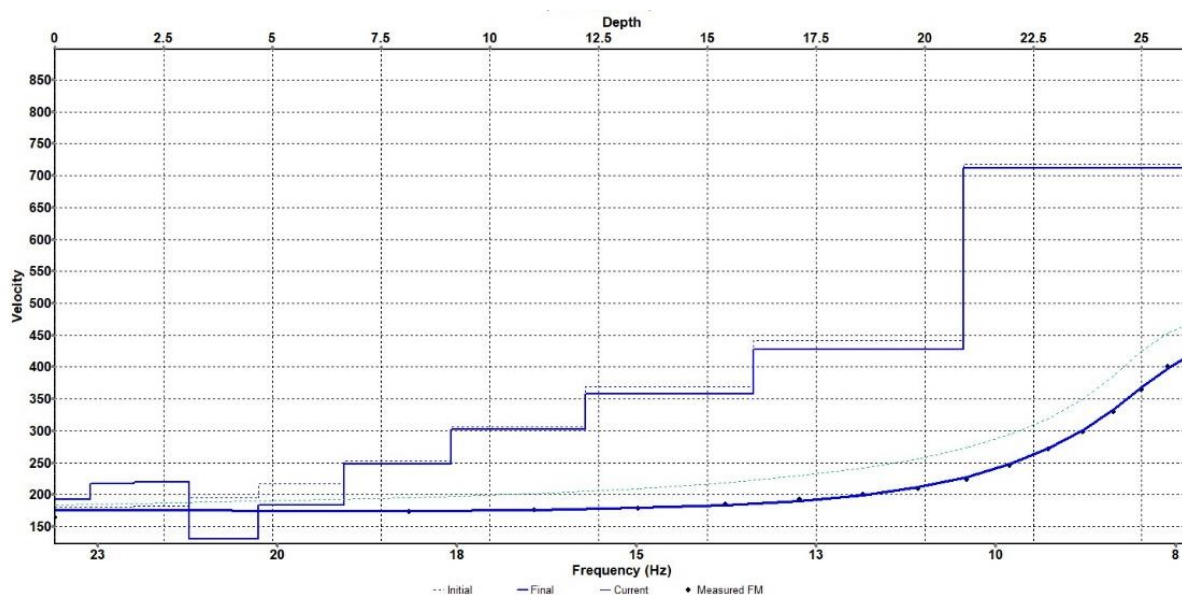


Рис. 4. Глубинно-скоростная модель поперечных волн.  
Fig. 4. Depth-velocity model of transverse waves.

Сопоставляя результаты по методу HVSR и MASW можно отметить наличие линейной корреляции. Полученный результат показывает достоверность данных и их идентичность.

В табл. 3 приводится сопоставление величин  $Vs30$ , полученных методом MASW и из уравнения 3 и 2.

Таблица 3

Сопоставление  $Vs30$  по MASW и HVSR (г. Бухара)

$Vs30$ , по данным MASW, м/с	$Vs30$ , по HVSR, м/с	Разница, м
365,2425	380,9805	15,73797
330,7857	344,6966	13,91091
315,2776	377,8095	62,53192
366,8462	355,4964	-11,3498
366,8462	387,1103	20,2641
296,2989	345,3197	49,02085
394,4906	397,0863	2,595737
323,8902	351,5916	27,70136
359,1812	362,3839	3,20272
390,6883	361,5035	-29,1848
301,1611	360,2259	59,0648
427,2648	373,0313	-54,2335

**Заключение.** Показано, что по результатам регистрации микросейсм имеется возможность оценки интегральных величин  $V_s$  по всей толще осадочных пород. Метод расчета  $V_s30$  по HVSR дает интегральную величину скорости для всего слоя осадочных пород, поэтому значения  $V_s$  могут отличаться от данных по материалам MASW.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Birgören G., Özel O., Siyahi B.* Bedrock depth mapping of the coast south of Istanbul: comparison of analytical and experimental analyses // *Turk. J. Earth Sci.*, 2009, 18. - 315-329.
2. *Biswas R., Baruah S., Bora D.* Mapping sediment thickness in Shillong City of Northeast India through empirical relationship // *J. Earthq.*, 2015, 572619-1-8.
3. *Del Monaco F., Durante F., Macerola L., Tallini M.* Quaternary sedimentary cover thickness versus seismic noise resonance frequency in Western L' Aquila Plain, 2015.
4. *Delgado J., Casado C.L., Estevez A., Giner J., Cuenca A., Molina S.* Mapping soft soils in the Segura river valley (SE Spain): a case study of microtremors as an exploration tool // *J. Appl. Geophys.* - 2000. - 45. - 19-32.
5. *Hinzen K. G., Weber B. and Scherbaum F.* On the resolution of H/V measurements to determine sediment thickness, a case study across a normal fault in the Lower Rhine Embayment, Germany // *J. Earthq. Eng.*, 2004. - 8. - 909-926.
6. *Ibs-von Seht M., Wohlenberg J.* Microtremor measurements used to map thickness of soft sediments // *B. Seismol. Soc. Am.*, 1999. - 89. - 250-259.
7. *Khan S., Khan M.A.* Mapping sediment thickness of Islamabad city using empirical relationships: Implications for seismic hazard assessment // *J. Earth Syst. Sci.*, 2016, 125. - 623-644.
8. *Nakamura Y.* A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface // *Quarterly Report Railway Technical Research Institute*, 1989. - 30 (1). - 25-30.
9. *Özalaybey S., Zor E., Ergintav S. and Tapırdamaz M.C.* Investigation of 3-D basin structures in the Izmit Bay area (Turkey) by single-station microtremor and gravimetric methods // *Geophys. J. Int.* - 2011. - 186. - 883-894.
10. *Paudyal Y.R., Bhandary N.P., Yatabe R.* Seismic microzonation of densely populated area of Kathmandu Valley of Nepal using microtremor observations // *J. Earthq. Eng.*, 2012, 16. - 1208-1229.
11. *Parolai S., Bormann P. and Milkereit C.* New relationships between  $V_s$ , thickness of sediments, and resonance frequency calculated by the H/V ratio of seismic noise for the Cologne area (Germany) // *B. Seismol. Soc. Am.*, 2002, 92. - 2521-2527.
12. *Park C.B., Miller R.D., Xia J.* Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record 68th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 1998. - 1377-1380.
13. *Park C.B., Miller R.D., Xia J.H.* Multichannel analysis of surface waves // *Geophysics.* - 1999. - 64. - 800-808.
14. *Wang Haiyun, Suyang Wang.* A New Method for Estimating  $V_S(30)$  from a Shallow Shear-Wave Velocity Profile (Depth <30 m) // *Bulletin of the Seismological Society of America.* 2015. - 105. 10.1785/0120140103.

#### DETERMINATION OF $V_s30$ BY NAKAMURA METHOD (HVSR)

A.Kh. Ibragimov, T. Mamarazikov

**Abstract.** The results of engineering and seismological surveys using MASW and HVSR methods are presented, the possibility of determining the average velocity  $V_s$  over the entire section of sedimentary rocks using HVSR data is shown. A comparison of the results obtained is given.

**Key words:** microseisms, MASW, HVSR, velocity cross-section,  $V_s$ .

#### NAKAMURA USULI (HVSR) YORDAMIDA $V_s30$ NI ANIQLASH

A.Kh. Ibragimov, T. Mamarazikov

**Annotatsiya.** Muhandislik-seysmologik izlanishlar natijalari ko'rsatilmoqda,  $V_s$  o'rtacha tezligini ma'lumotlardan foydalangan holda butun qismlar bo'yicha aniqlash imkoniyati ko'rsatildi. Olingan natijalarni solishtirish berilmoqda.

**Kalit so'zlar:** mikroseymsmalar, MASW, HVSR, tezlik kesimi,  $V_s$ .

УДК 551.3:550.3 (575.1)

**КЛАСТЕРИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В ЗОНАХ ВЛИЯНИЯ НИЗКОНАПОРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ УЗБЕКИСТАНА****Л.А. Хамидов, Б.Р. Ганиева, С.Г. Анварова, Д.Х. Бахриддинова***Институт сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, г. Ташкент*

**Аннотация.** Организация работы по кластерному распределению землетрясений в зонах влияния низконапорных водохранилищ Узбекистана и выявление в ближних разломах повторяемости землетрясений важны при оценке техногенной сейсмичности. Поэтому проведены исследования по изучению землетрясения в зоне влияния Чимкурганского и Пачкамарского водохранилищ Южного Узбекистана и Джизакского и Зааминского водохранилищ Центрального Узбекистана. Предварительно произведено образование локальных каталогов. Работая с ними, определены пространственно-временные распределения землетрясений по кластерам в ближних к этим водохранилищам разломах. Кластеризация произведена методом средних расстояний. При этом минимизаций межочаговых расстояний, наиболее плотное распределение очагов объединены в отдельные группы (кластеры). Основываясь на этом, можно произвести анализ методом «ближайшего соседа».

**Ключевые слова:** зона влияния, водохранилища, каталог землетрясений, кластеры, повторяемость, выборка.

**Введение.** Землетрясения, вызванные деятельностью человека, стали важной темой политических и научных дискуссий из-за опасений, что эти события могут быть причиной широкомасштабного ущерба и общего повышения сейсмичности [Gupta, 2002]. Давно известно, что заполнение резервуаров, наземная и подземная добыча полезных ископаемых, отбор флюидов и газа из недр, закачка флюидов в подземные образования [Stabile *u др.*, 2014; Lutfulla Khamidov *u др.*, 2023] способны вызывать землетрясения. Как отмечено в работах M.D.Zoback, S.H.Nickman и P.Talwani, возникновение сейсмичности, вызванной водохранилищами, контролируется многими факторами, такими как состояние регионального поля напряжений, геология местности, проницаемость пород и трещин, колебания уровня воды и размеры водохранилища [Zoback *u др.*, 1982; Talwani, 1997]. Постоянные сейсмические наблюдения в ближних зонах водохранилищ и достоверное определение местоположения эпицентров землетрясений является важной основой для исследования сейсмичности, вызванной водохранилищем. Пользуясь ими, можно определить более точную информацию о пространственно-временной уплотненности очагов землетрясений в тектонических структурах и состоянии сейсмичности в исследуемой зоне.

При непрерывном сейсмическом мониторинге в зоне влияния водохранилищ в Китае задокументированы случаи сейсмичности, вызванные водохранилищем [Zhang *u др.*, 2017], с использованием данных о пространственно-временной уплотненности очагов землетрясений в тектонических структурах в ближней зоне водохранилищ. Как отмечено в работах Zhang, H. Cheng, Y. Pang, Y. Shi, D.A. Yuen, исследуемое водохранилище – один из крупнейших в мире искусственных водоемов, тектонически расположенный в относительно стабильной параплатформе [Zhang *др.*, 2016]. В этих работах геологическая обстановка исследуемого региона отмечена как достаточно сложная. Так, столкновение искривляющихся, вероятнее всего, синклинальных структурных поясов, возможно, способствовало образованию ряда складчатых поясов [Zhang *u др.*, 2016; Zhang *u др.*, 2017].

**Объект и предмет исследования, исходные данные и методы исследования.** Для кластеризации распределения землетрясений в зонах влияния низконапорных водохранилищ Узбекистана объектами исследований выбраны Чимкурганское и Пачкамарское водохранилища в Южном Узбекистане и Джизакское и Зааминское водохранилища в Центральном Узбекистане. В районе возможного активного влияния водохранилищ Центрального и Южного Узбекистана с 2018 по 2023 г. действовали региональные сейсмические станции Республиканского центра сейсмопрогностического мониторинга (РЦСМ) при МЧС: с/с Китаб (КТБ) – 100 км СЗ, с/с Пачкамар (ПЧК) – 110 км Ю, с/с Байсун (БСН) – 85 км ЮЗ (табл. 1).

Результаты каталогизации землетрясений по всем указанным базам обобщены в виде отдельного каталога землетрясений, в котором указываются дата и время землетрясения, расположение эпицентра, глубина очага, магнитуда или энергетический класс, расстояние от створа водохранилищ до эпицентра, а также некоторые другие параметры землетрясения.

Таблица 1

Количество зарегистрированных сейсмических событий разными геофизическими службами в период с января 2011 по сентябрь 2022 г. в зонах влияния водохранилищ Центрального и Южного Узбекистана в радиусе 100 км от створа плотин

Table 1

The number of recorded seismic events by different geophysical services in the period from January 2011 to September 2022 in the zones of influence of the reservoirs of Central and Southern Uzbekistan within a radius of 100 km from the dam site

Службы	№ <sub>общ.</sub>	n	m	Источник
КОМЭ	287	198	89	Фонды лаборатории ЛСТГ*
РЦСМ	276	253	23	<a href="https://rcsm.fvv.uz/ru/catalog_col">https://rcsm.fvv.uz/ru/catalog_col</a>
KNDC	674	384	78	<a href="http://www.kndc.kz/index.php/ru/sejsmicheskie-byulleteni/interactive-bulletin">http://www.kndc.kz/index.php/ru/sejsmicheskie-byulleteni/interactive-bulletin</a>
IRIS	251	204	22	<a href="http://ds.iris.edu/wilber3/find_event">http://ds.iris.edu/wilber3/find_event</a>
GS RAS	367	312	14	<a href="http://ceme.gsras.ru/ceme/ssd_news.html">http://ceme.gsras.ru/ceme/ssd_news.html</a>

Примечание. КОМЭ – Комплексная опытно-методическая экспедиция Института Сейсмологии (ИС) АН РУз; ЛСТГ\* – Лаборатория локального сейсотехногенеза ИС АН РУз; РЦСМ – Республиканский центр сейсмопрогностического мониторинга при МЧС РУз; KNDC – Казахский центр данных; GS RAS – Международный сейсмологический центр развития наук о Земле (SAGE); GS RAS – Геофизическая служба Российской Академии наук; №<sub>общ.</sub> – общее количество землетрясений в каталоге; n – количество землетрясений, совпадающих до трех источников по основным параметрам с другими каталогами; m – количество землетрясений, не совпадающих хотя бы по одному параметру в других каталогах.

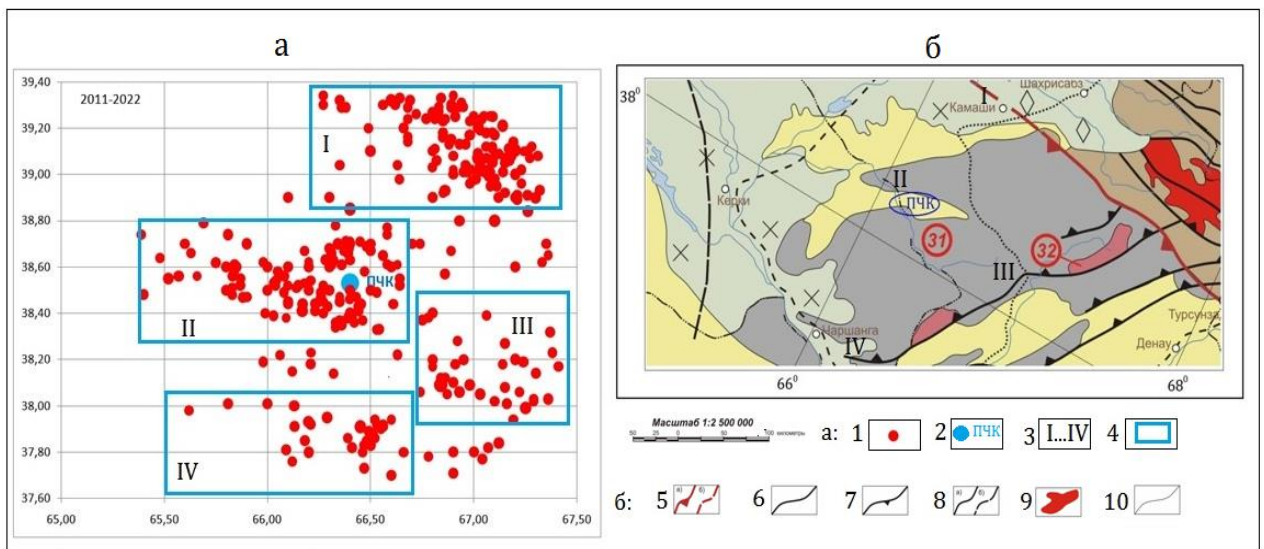
Образование локальных каталогов составлено на предмет определения пространственно-временных распределений землетрясений по кластерам в ближних к этим водохранилищам разломах. Кластеризация произведена методом средних расстояний на базе исходных данных, основанных на координатах и глубине очагов землетрясений. Для минимизации межочаговых расстояний – наиболее плотного распределения очагов – они объединены в отдельные кластеры. По ним отдельно оценена повторяемость землетрясений. Чтобы более детально изучить взаимосвязь между двумя переменными, сначала построили пространственно-временное распределение землетрясения в зонах Пачкамарского, Чимкурганского, Джизакского и Зааминского водохранилищ с помощью метода, предложенного F.Waldhauser, W.L.Ellsworth [Waldhauser *u др.*, 2000]. Для дальнейшего анализа характеристик землетрясений использовали метод «ближайших соседей» для проведения кластерного анализа [Han *u др.*, 2012]. В этом методе сходство определяется квадратом Евклидова расстояния. Наилучшие результаты можно получить, согласно [Zhang *u др.*, 2017; Han *u др.*, 2012], когда пороговое значение  $d = d_0^2$  квадрата Евклидова расстояния  $(x_2-x_1)^2+(y_2-y_1)^2$  принимается равным от  $1xM^2$  до  $1,2xM^2$  км ( $M$  – магнитуда). После кластеризации землетрясения делятся по количеству уплотнения эпицентров в группы, с учетом того, что землетрясения распределяются неоднородно во времени. Согласно этому, производится анализ методом «ближайшего соседа».

**Основные результаты.** Зоны влияния Пачкамарского, Чимкурганского (Южный Узбекистан) и Джизакского, Зааминского (Центральный Узбекистан) водохранилищ охватывают территорию, которая характеризуется активной тектонической деятельностью, проявляющейся, в т. ч., и в достаточно высоком уровне сейсмической активности [Анварова, 2023]. Примером для Южного Узбекистана служат Камашинские землетрясения в 1999 и 2000 годах. По данным Р.С.Михайловой, землетрясениям 31.10.1999 г. и 20.04.2000 г. можно присвоить названия Камашинское I с  $M_w = 5,0$  [Михайлова, 2005; Михайлова, 2006] и Камашинское II ( $M_w = 5,3$ ,  $KP = 13,7-13,8$  [Михайлова, 2005;], по названию ближайшего (25 и 15 км соответственно) к эпицентрам населенному пункту Камаша в Западных отрогах Гиссарского хребта (междуречье Кызылдарья и Урадарья) [Михайлова, 2005; Михайлова, 2006; Анварова, 2023]. Расстояние до створов Пачкамарского и Чимкурганского водохранилищ составляло соответственно 19 и 18 км. Они сопровождалась определенным количеством афтершоков.

Система мониторинга техногенной сейсмичности представляет специализированную сеть наблюдения. Анализ накопленного более чем за десятилетия сейсмического материала позволил выявить достаточно детальную картину пространственно-временной эволюции сейсмической активности на протяжении нескольких годовых циклов колебаний уровня воды [Анварова, 2023].

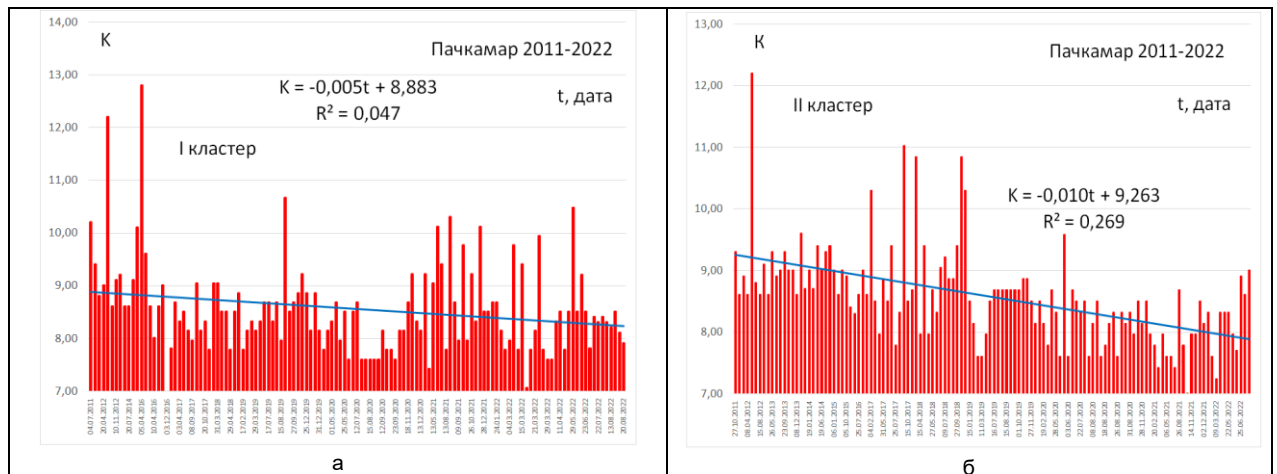
Последовательность проявления землетрясений в зоне Пачкамарского, Чимкурганского, Джизакского и Зааминского водохранилищ рассмотрена с позиции сопряжения Тянь-Шаньского орогена и Туранской платформы. При сопоставлении с тектоническими структурами использованы вырезки из тектонической карты Узбекистана и прилегающих территорий, разработанной лабораторией неотектоники и геодинамики Геологического института Российской Академии наук (вырезка на рис. 1, б) [Тектоническая карта..., 2004]. Пространственно-временное распределение кластеров по зоне влияния Пачкамарского водохранилища показано на рис. 1, а.

Пространственно-временное распределение землетрясений по кластерам в зоне Пачкамарского водохранилища показало рост плотности распределения эпицентров в тектонических структурах по сутурам и сдвиговым зонам [Анварова, 2023]. Последовательность проявления землетрясений [Касахара, 1985; Мураталиев и др., 2020] с  $K \geq 7$  или  $K \geq 8$  в зоне Пачкамарского водохранилища показано по кластерам на рис. 2 (а, б, в, г).



**Рис. 1. Пространственно-временное распределение землетрясений по кластерам в зоне Пачкамарского водохранилища и сопоставление со структурами в вырезке из карты [Тектоническая карта..., 2004]. а: 1 – эпицентры землетрясений с  $K \geq 7$  за период 2011-2022 гг.; 2 – место расположения водохранилища; 3 – кластеры выделенные (метод «ближайших соседей») [Нап и др., 2012]; 4 – выделенные кластеры; б: 5 – сутуры; 6 – сдвиги; 7 – надвиги; 8 – крупные разломы; 9 – гранитоиды; 10 – границы между структурными элементами.**

**Fig. 1. Spatio-temporal distribution of earthquakes by clusters in the area of the Pachkamarskoye reservoir and comparison with the structures in the clipping from the map [Tectonic map..., 2004]. а: 1 – epicenters of earthquakes with  $K \geq 7$  for the period 2011-2022; 2 – location of the reservoir; 3 – clusters identified (nearest neighbor method) [Han et al., 2012]; 4 – selected clusters; б: 5 – sutures; 6 – shifts; 7 – thrusts; 8 – large faults; 9 – granitoids; 10 – boundaries between structural elements.**



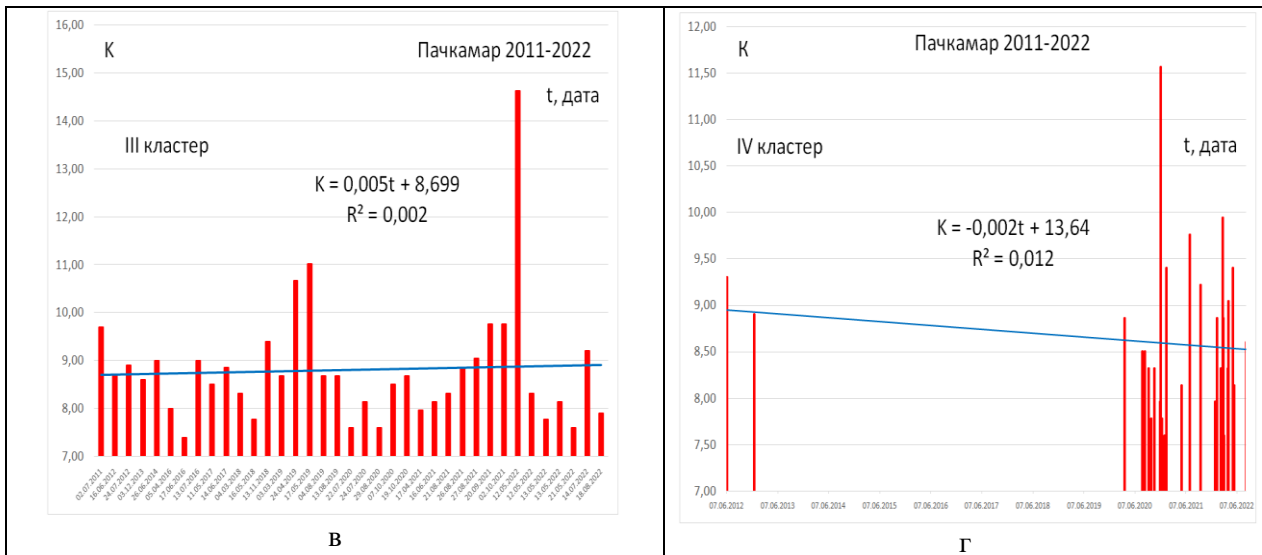


Рис. 2. Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Пачкамарского водохранилища по каждому кластеру.

Fig. 2. The sequence of manifestation of earthquakes with  $K \geq 7$  in the zone of the Pachkamar reservoir for each cluster.

Пространственно-временное распределение кластеров по зоне влияния Чимкурганского водохранилища показано на рис. 3, а.

Здесь тоже при сопоставлении с тектоническими структурами использованы вырезки из тектонической карты Узбекистана и прилегающих территорий (вырезка на рис. 3, б) [Тектоническая карта..., 2004].

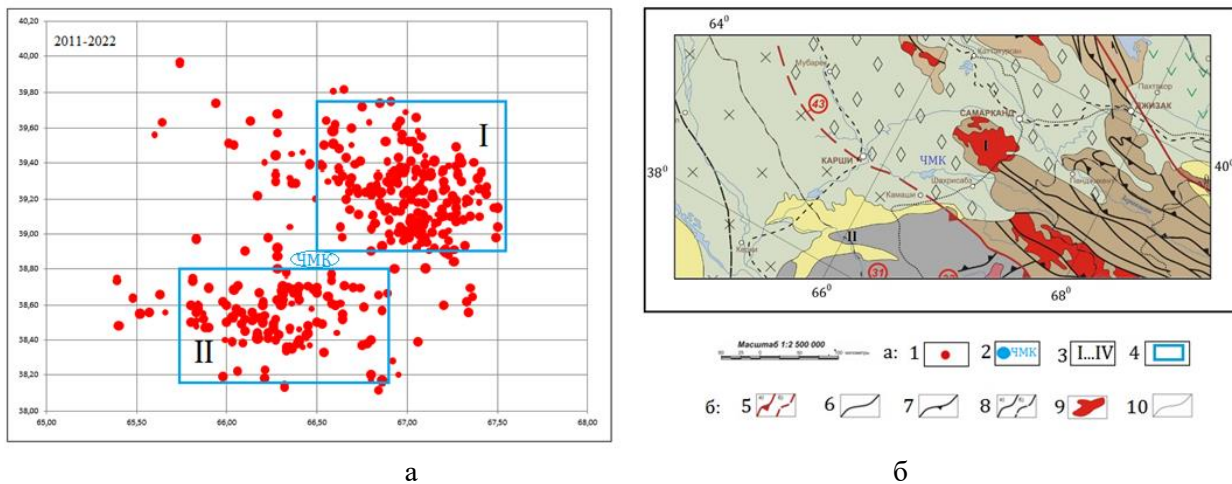


Рис. 3. Пространственно-временное распределение землетрясений по кластерам в зоне Чимкурганского водохранилища и сопоставление со структурами в вырезке из карты [Тектоническая карта..., 2004]. а: 1 – эпицентры землетрясений с  $K \geq 7$  за период 2011-2022 гг.; 2 – место расположения водохранилища; 3 – кластеры выделенные (метод «ближайших соседей») [Нап и др., 2012]; 4 – выделенные кластеры; б: 5 – сuture; 6 – сдвиги; 7 – надвиги; 8 – крупные разломы; 9 – гранитоиды; 10 – границы между структурными элементами.

Fig. 3. Spatial and temporal distribution of earthquakes by clusters in the area of the Chimkurgan reservoir and comparison with structures in the cut from the map [Tectonic map..., 2004]. а: 1 – epicenters of earthquakes with  $K \geq 7$  for the period 2011-2022; 2 – location of the reservoir; 3 – clusters identified (nearest neighbor method) [Han et al., 2012]; 4 – selected clusters; б: 5 – sutures; 6 – shifts; 7 – thrusts; 8 – large faults; 9 – granitoids; 10 – boundaries between structural elements.

Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Чимкурганского водохранилища приведена по каждому кластеру на рис. 4 (а, б).

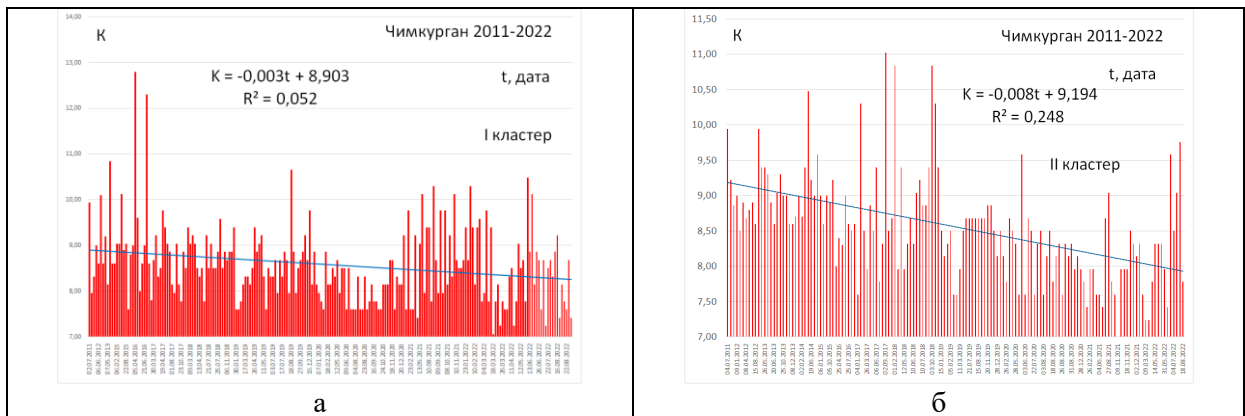


Рис. 4. Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Чимкурганского водохранилища по каждому кластеру.

Fig. 4. The sequence of manifestation of earthquakes with  $K \geq 7$  in the zone of the Chimkurgan reservoir for each cluster.

Пространственно-временное распределение землетрясений по зоне влияния Чимкурганского водохранилища показало рост плотности распределения эпицентров в тектонических структурах, в основном, в сутурах, надвиговых зонах и в крупных разломах.

Пространственно-временное распределение кластеров по зоне влияния Джизакского водохранилища показано на рис. 5, а. Здесь также при сопоставлении с тектоническими структурами использованы вырезки из тектонической карты Узбекистана и прилегающих территорий (вырезка на рис. 5, б) [Тектоническая карта..., 2004]. Пространственно-временное распределение землетрясений по зоне влияния Джизакского водохранилища отразило рост плотности распределения эпицентров в тектонических структурах, в основном, в сутурах, надвиговых зонах и в крупных разломах.

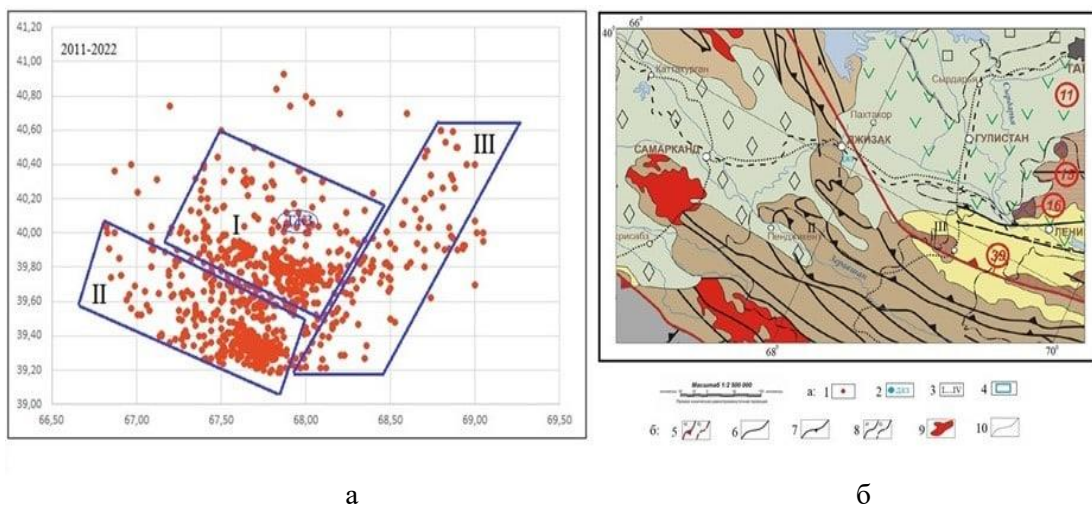


Рис. 5. Пространственно-временное распределение землетрясений по кластерам в зоне Джизакского водохранилища и сопоставление со структурами в вырезке из карты [Тектоническая карта..., 2004]. а: 1 – эпицентры землетрясений с  $K \geq 7$  за период 2011-2022 гг.; 2 – место расположения водохранилища; 3 – кластеры выделенные (метод «ближайших соседей») [Han и др., 2012]; 4 – выделенные кластеры; 5 – сутуры; 6 – сдвиги; 7 – надвиги; 8 – крупные разломы; 9 – гранитоиды; 10 – границы между структурными элементами.

Fig. 5. Spatial-temporal distribution of earthquakes by clusters in the zone of the Jizzakh reservoir and comparison with the structures in the cut from the map [Tectonic Map..., 2004]. а: 1 – epicenters of earthquakes with  $K \geq 7$  for the period 2011-2022; 2 – location of the reservoir; 3 – clusters identified (nearest neighbor method) [Han et al., 2012]; 4 – selected clusters; 5 – sutures; 6 – shifts; 7 – thrusts; 8 – large faults; 9 – granitoids; 10 – boundaries between structural elements.

Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Джизакского водохранилища приведена по каждому кластеру на рис. 6 (а, б, в).

Пространственно-временное распределение кластеров по зоне влияния Зааминского водохранилища показано на рис. 7, а.

Здесь тоже при сопоставлении с тектоническими структурами использованы вырезки из тектонической карты Узбекистана и прилегающих территорий (вырезка на рис. 7, б) [Тектоническая карта..., 2004].

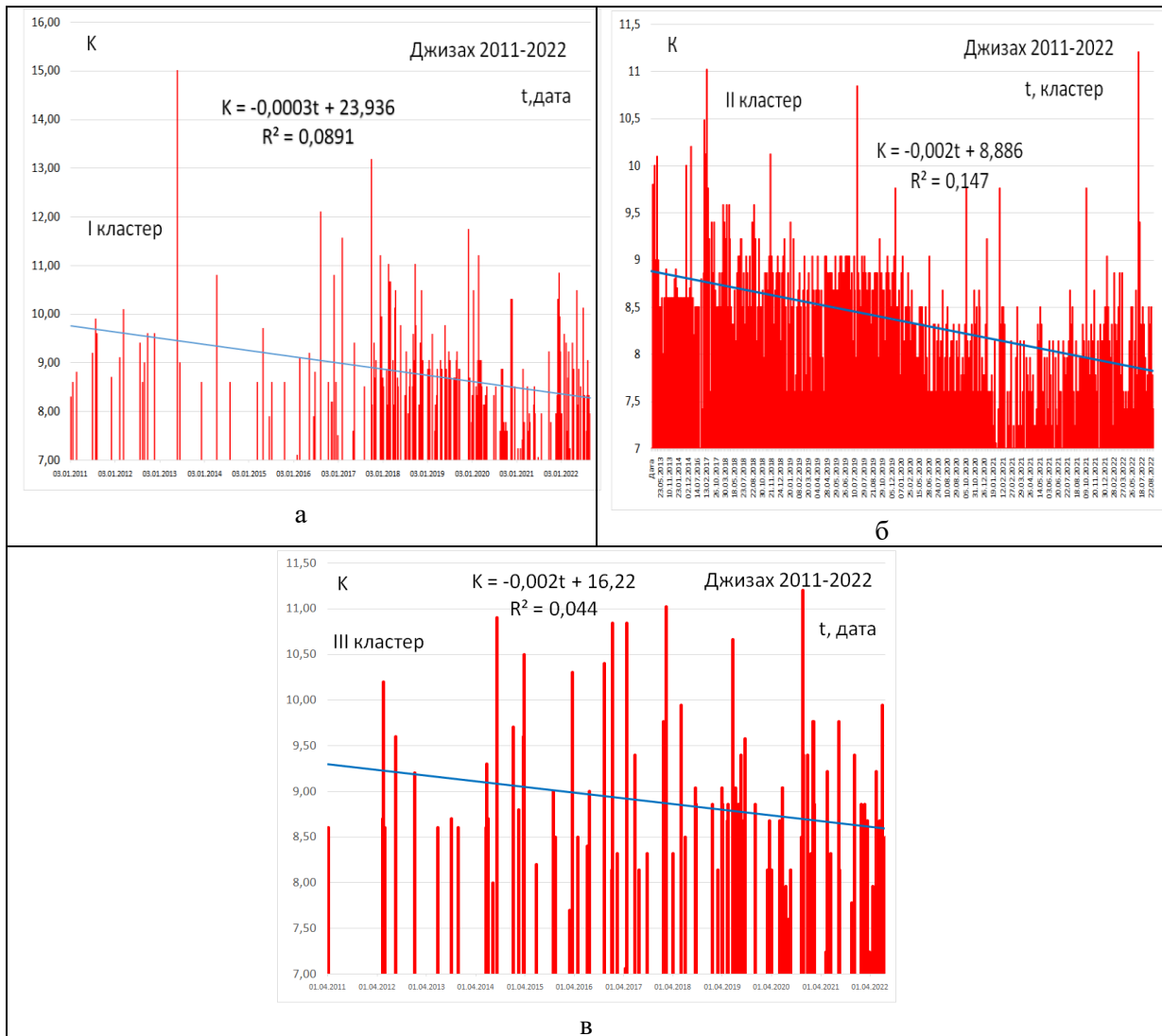


Рис. 6. Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Джизакского водохранилища по каждому кластеру.

Fig. 6. The sequence of manifestation of earthquakes with  $K \geq 7$  in the zone of the Jizzakh reservoir for each cluster.

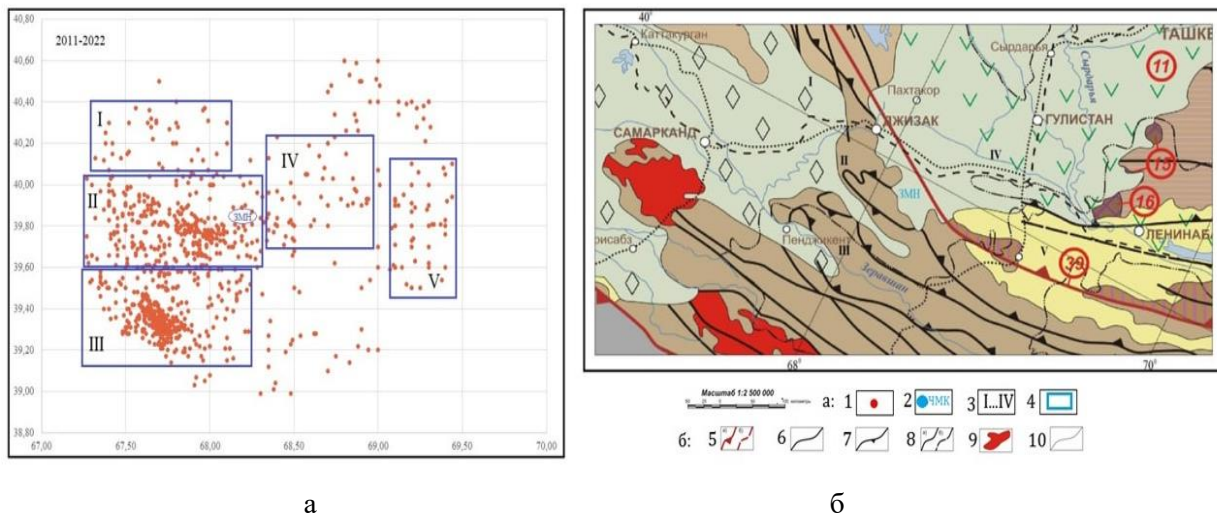


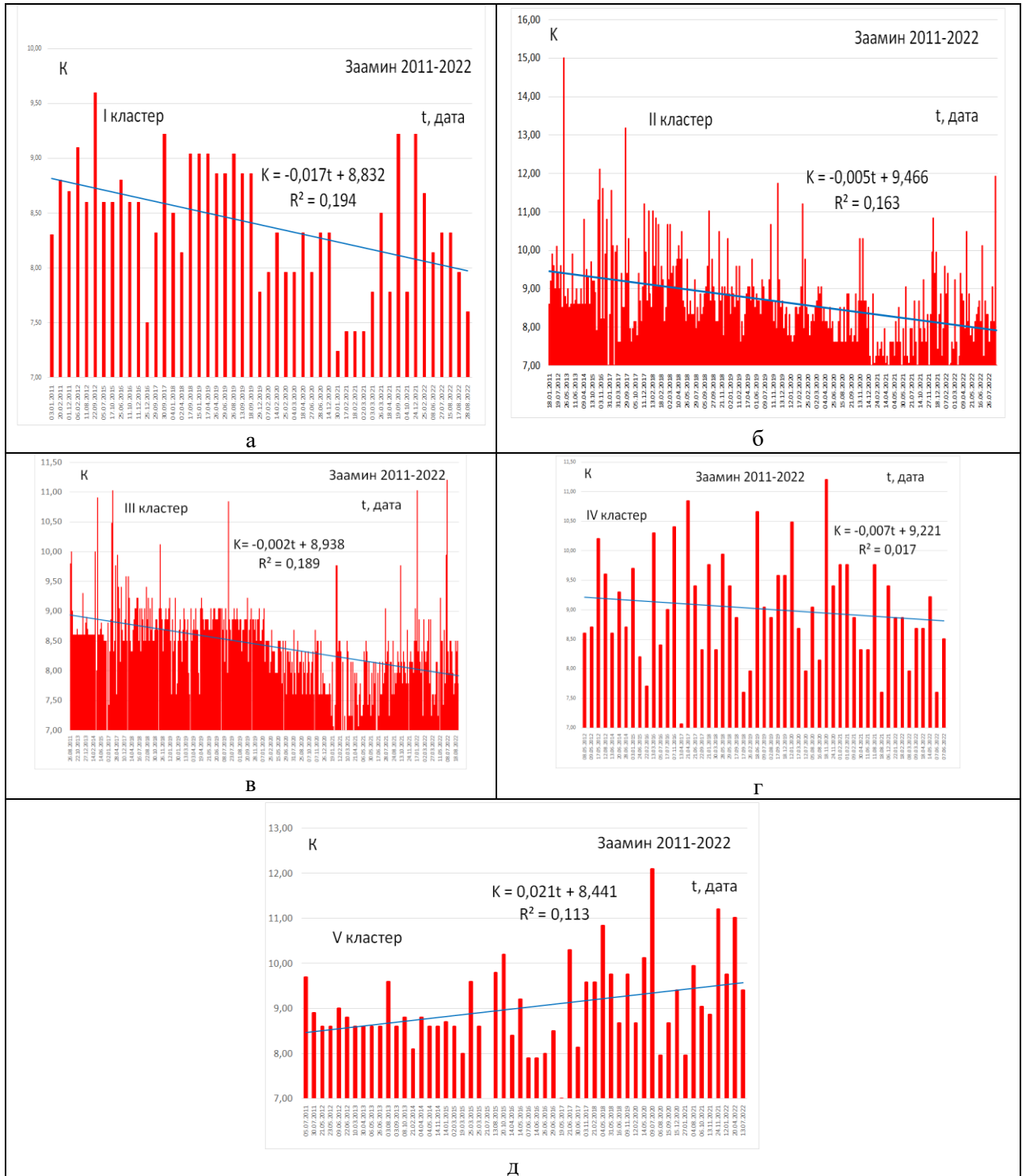
Рис. 7. Пространственно-временное распределение землетрясений по кластерам в зоне Зааминского водохранилища и сопоставление со структурами в вырезке из карты [Тектоническая карта..., 2004]. а: 1 – эпицентры землетрясений с  $K \geq 7$  за период 2011-2022 гг.; 2 – место расположения водохранилища; 3 – кластеры выделенные (метод «ближайших соседей») [Нап и др., 2012]; 4 – выделенные кластеры; б: 5 – сутуры; 6 – сдвиги; 7 – надвиги; 8 – крупные разломы; 9 – гранитоиды; 10 – границы между структурными элементами.



**Fig. 7. Spatio-temporal distribution of earthquakes by clusters in the zone of the Zaamin reservoir and comparison with the structures in the cut from the map [Tectonic map..., 2004]. a: 1 – epicenters of earthquakes with  $K \geq 7$  for the period 2011-2022; 2 – location of the reservoir; 3 – clusters identified (nearest neighbor method) [Han et al., 2012]; 4 – selected clusters; b: 5 – sutures; 6 – shifts; 7 – thrusts; 8 – large faults; 9 – granitoids; 10 – boundaries between structural elements.**

Пространственно-временное распределение землетрясений по зоне влияния Зааминского водохранилища показало рост плотности распределения эпицентров в тектонических структурах, в основном, в сдвиговых, надвиговых зонах и в границах между структурными элементами.

Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Зааминского водохранилища приведена по каждому кластеру на рис. 8 (а, б, в, г, д).



**Рис. 8. Последовательность проявления землетрясений с  $K \geq 7$  в зоне Зааминского водохранилища по каждому кластеру.**

**Fig. 8. The sequence of manifestation of earthquakes with  $K \geq 7$  in the zone of the Zaamin reservoir for each cluster.**

Как видно на рис. 2, 4, 6 и 8, после землетрясения с определенным большим энергетическим классом по каждому кластеру наступают периоды сейсмического затишья, что выражается более низкими энергетическими классами или отсутствием землетрясений в изучаемой зоне каждого кластера.

**Обсуждение.** По аналогии указанного Ж.З.Мураталиевым и А.М.Омуралиевым сочленения литосферы Тянь-Шаня и Казахского щита [Мураталиев и др., 2020], в кластерах, выделенных для зон Пачкамарского, Чимкурганского, Джизакского и Зааминского водохранилищ, в каждом цикле могут наблюдаться период сейсмической активности, максимум сейсмической активности, спад сейсмической активности и период сейсмического затишья. Это может дать возможность одновременного отслеживания сейсмических циклов разного периода по выделенным зонам Пачкамарского, Чимкурганского, Джизакского и Зааминского водохранилищ, совмещая с уровнем режима эксплуатации. Она позволит оценить состояние сейсмичности, вызванного водохранилищами, в исследуемом интервале времени.

Из карты по вырезкам, представленным на рис. 1 и 3, видно, что Пачкамарское и Чимкурганское водохранилища расположены в сейсмоактивной зоне вблизи Юго-Западного Гиссарского района. Ближайшим регионом, где происходят многочисленные землетрясения, воздействующие на Пачкамарское и Чимкурганское водохранилища, является юго-западная часть Гиссарского района. При этом факторами, вызывающими землетрясение, являются образование складчатых структур в фундаменте (палеозой) и его общее смещение по земным разломам. Процесс горообразования в юго-западной части Гиссара связан с четвертичными (плиоценовыми) тектоническими событиями, выделяются многочисленные очаги землетрясений. Резервуары расположены вблизи нескольких разрывных тектонических структур. Среди них Киргизско-Терской геосутура (см. рис. 3) проходила через западную часть Чимкурганского водохранилища, и ее генезис относится к каледонскому тектогенезу. Геологическое положение Чимкурганского водохранилища и прилегающих территорий покрыто сложным складчатым палеозойским фундаментом и мезо-кайнозойским осадочным слоем. В южной части Пачкамарского водохранилища расположены Коххитанг-Бойсунское поднятие (см. рис. 3) и шесть тектонических ступеней, таких как Гузорская, Атарская, Пачкамарская, Гумбулокская, Адамташская, Бешбулокская. Выделяются Байсун-Кухитангские разломы. В юго-восточной части Пачкамарского водохранилища расположен Бойсунский блок (см. рис. 3), а краевая часть этого блока относится к крупным надвигам. В юго-восточной части Пачкамарского и Чимкурганского водохранилищ выделяется Южно-Гиссарская зона, осложненная крупными надвигами (надвигами) и смещениями (сдвигами). В этой зоне вдоль разломов развивались магматические образования гранитоидного типа. Орогенная (горная) зона водохранилищ состоит из палеогеновых отложений, примыкающих к Бешкентской котловине. Гиссаро-Мангышлакский разлом (Гиссаро-Мангышлакский рифт, см. рис. 1, б) отделяется от Чимкурганского водохранилища, которое направлено на северо-запад и соединяется с Кыргызско-Терской геосутурой. Эта зона разломов пересекла мезо-кайнозойскую возрастную плиту.

Джизакское и Зааминское водохранилища геологически расположены в зоне, примыкающей к нескольким структурным единицам и тектоническим образованиям (см. рис. 5 и рис. 7). Разломы, образующиеся в периоды сложной тектонической складчатости, вызывают землетрясения, воздействующие на водохранилище под влиянием современных геодинамических движений.

Энергия (магнитуда) этих землетрясений, в свою очередь, зависит от геологического строения местности. Участки вблизи Джизакского водохранилища тектонически сложны, с Атбашинской геосутурой (замкнутым океаническим швом, сложенным океаническими образованиями литосферы), проходящей через восточную часть, и смещениями (надвиг) и перемещениями (сдвиг), возникающими в результате горизонтальных тектонических движений в северной и южной частях. В геологическом отношении мезо-кайнозойский осадочный слой содержит герцинские складки Северо-Туранской плиты. Эти образования представлены аллохтонами (надвиговыми блоками в наложенных структурах), отнесенными на большое расстояние в районе и образующими покровную структуру, а движение блоков зависит от горизонтальных тектонических движений. Зааминское водохранилище расположено в районе соединения Тянь-Шаньского орогена с Туранской платформой. Следовательно, в кластерах (см.

рис. 8) последовательность слабых землетрясений, произошедших в зоне влияния Зааминского водохранилища, может наблюдаться даже в относительно нелинейные периоды иерархии напряжений вдали от очага землетрясения.

## ВЫВОДЫ

По последовательностям проявления землетрясений с  $K \geq 8$  в пределах зон выделенных кластеров можно отметить, что оно увеличивает плотность землетрясений в зонах, близких к водохранилищам тектонических структур (см. рис. 1-8). В северной и юго-западной орогенных частях водоема имеются гранитоидные выходы, образовавшиеся в результате магматических процессов, пересеченные крупными тектоническими элементами (сдвиги, надвиги, шарьяжи). На участках вблизи водохранилища наблюдается множество горизонтальных тектонических движений, выразившихся в образовании складчатых структур и крупноамплитудных надвигов. Анализ плотности распределения этих локальных землетрясений вокруг разломов свидетельствует о возможности одновременного отслеживания сейсмических циклов разного периода по кластерам каждого водохранилища, совмещая их с вариацией режима эксплуатации, что позволит оценить уровень сейсмичности, вызванный водохранилищами, в рассматриваемой области в заданном интервале времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Gupta H. K. (2002). A review of recent studies of triggered earthquakes by artificial water reservoirs with special emphasis on earthquakes in Koyna, India, Earth Sci. Rev. 58, no. 3/4, 279-310, doi: 10.1016/S0012-8252(02)00063-6.
2. Stabile T.A., Giocoli A., Lapenna V., Perrone A., Piscitelli S., Telesca L. Evidences of Low-Magnitude Continued Reservoir-Induced Seismicity Associated with the Pertusillo Artificial Lake (Southern Italy) // Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 104. - No. 4. - P. 1-10, August 2014, doi:10.1785/0120130333
3. Lutfulla Khamidov, Farkhod Artikov, Khayrulla Khamidov, Barno Ganieva and Sadoqat Anvarova Seismicity caused by the hydrological regime of large reservoirs // CONMECHYDRO // J. E3S Web of Conferences 365, 03043 (2023). - P. 1-11. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202336503043>
4. Zoback M.D., Hickman S.H. In situ study of the physical mechanisms controlling induced seismicity at Monticello Reservoir// South Carolina, J. Geophys. Res. 87 (1982) P. 6959-6974.
5. Talwani P. (1997). On the nature of reservoir-induced seismicity, Pure Appl. Geophys. 150. - 473-492, doi: 10.1007/s000240050089.
6. Zhang L., Li J., Wei G., Liao W., Wang Q., Xiang Ch. Analysis of the relationship between water level fluctuation and seismicity in the Three Gorges Reservoir (China) // Geodesy and Geodynamics. - Vol. 8. - 2017. - P. 96-102.
7. Zhang H., Cheng H., Pang Y., Shi Y., Yuen D.A., The influence of the impoundment of Three Gorges Reservoir on the 16 December 2013 M5.1 Badong earthquake (Yangtze, China), Phys. Earth Planet. Inter. 261 2016. - P. 98-109.
8. Waldhauser F., Ellsworth W.L. A double-difference earthquake location algorithm: method and application to the Northern Hayward Fault // California, Bull. Seism. Soc. Am. 90 (6) 2000. - P. 1353-1368.
9. Han J.W., Micheline K., Pei J. Cluster analysis Data Mining, (Third ed.). - 2012. - P. 443-495.
10. Михайлова П.С. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северной Евразии. (См. раздел I (Обзор сейсмичности) - Обнинск: ГС РАН, 2006. - С. 254-264.
11. Михайлова П.С. (отв. сост.). Каталог землетрясений Северной Евразии // Землетрясения Северной Евразии в 1999 году. - Обнинск: ГС РАН, 2005. - С. 26-42.
12. Анварова С.Г., Ганиева Б.Р., Артиков Ф.Р. Локальный каталог землетрясений ближней зоны крупных водохранилищ Центрального и Южного Узбекистана // Тр. XXIV Уральской МНШ школы по геофизике - УМШГ-2023, Пермь, 22-24 марта 2023 г. - Пермь. - Россия. - 2023. - С. 3-7.
13. Тектоническая карта Узбекистана и прилегающих территорий // Геологический институт РАН, лаб. Неотектоники и современной геодинамики. - М. - 2004. [http://neotec.ginras.ru/neomaps/M025\\_Uzbekistan\\_2004\\_Tectonics\\_Tektonicheskaya-karta-uzbekistana-i-prilegayuschikh-territoriy.html](http://neotec.ginras.ru/neomaps/M025_Uzbekistan_2004_Tectonics_Tektonicheskaya-karta-uzbekistana-i-prilegayuschikh-territoriy.html) (обр.22.10.2022).
14. Касахара К. Механика землетрясений (пер. с англ.). - М.: Мир, 1985. - 264 с.
15. Мураталиева Ж.З., Омуралиева А.М. Слежение за динамикой сейсмичности в пределах Кеминско-Чиликской зоны, генерирующей землетрясения с  $M \geq 8$  // Российский сейсмологический журнал. - 2020. - Т. 2. - № 4. - С. 51-62.

## O'ZBEKISTONDAGI PAST BOSIMLI SUV OMBORLARI TA'SIR ZONALARIDA ZILZILALAR TAQSIMOTINI KLASTERLASH

L.A. Xamidov, B.R. G'aniyeva, S.G. Anvarova, D.X. Baxriddinova

**Annotatsiya.** Texnogen seysmiklikni baholashda O'zbekistondagi past bosimli suv omborlari ta'sir zonalarida zilzilani klaster bo'yicha taqsimlash va yaqin atrofdagi yoriqlarda zilzilalarning takrorlanishini aniqlash bo'yicha ishlarni tashkil etish muhim ahamiyatga ega. Shuning uchun O'zbekiston janubidagi Chimqo'rg'on va Pachkamar hamda Markaziy O'zbekistonning Jizzax va Zomin suv omborlari ta'sir zonasida zilzilani o'rganish bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Mahalliy ma'lumotnomalar oldindan shakllantirildi. Ular bilan ishlashda ushbu suv omborlariga eng yaqin bo'lgan yoriqlardagi klasterlar bo'yicha zilzilaning fazoviy-vaqt taqsimoti aniqlandi. Klasterlash o'rtacha masofa usuli bilan amalga oshirildi. Shu bilan birga, interfokal masofalarni minimallashtirish, o'choqlarning eng zich taqsimlanishi alohida guruhlariga (klasterlarga) birlashtiriladi. Shunga asoslanib, tahlil "eng yaqin qo'shni" usulida amalga oshirilishi mumkin.

**Kalit so'zlar:** ta'sir zonasi, suv omborlari, zilzilalar katalogi, klasterlar, chastota, namuna olish.

## CLUSTERING THE DISTRIBUTION OF EARTHQUAKES IN THE ZONES OF INFLUENCE OF LOW-PRESSURE RESERVOIRS IN UZBEKISTAN

L.A. Khamidov, B.R. Ganieva, S.G. Anvarova, D.Kh. Bakhridinova

**Annotation.** The organization of work on the cluster distribution of earthquakes in the zones of influence of low-pressure reservoirs in Uzbekistan and the identification of earthquake recurrence in nearby faults is important in assessing man-made seismicity. Therefore, studies were carried out to study the earthquake in the zone of influence of the Chimkurgan and Pachkamar reservoirs of southern Uzbekistan and the Jizzakh and Zaamin reservoirs of Central Uzbekistan. The formation of local directories has been preformed. Working with them, the spatio-temporal distributions of earthquakes by clusters in the faults closest to these reservoirs were determined. Clustering was done by the average distance method. At the same time, minimization of interfocal distances, the most dense distribution of foci, are combined into separate groups (clusters). Based on this, a nearest neighbor analysis can be performed.

**Key words:** zone of influence, reservoirs, earthquake catalog, clusters, frequency, sampling.

УДК 699. 841

## НОРМАТИВНО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ БАЗА СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОГО УЩЕРБА ОТ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

*С.А. Ходжаев, Б.А. Тулаганов*

*Ташкентский архитектурно-строительный университет,  
г. Ташкент, Республика Узбекистан*

**Аннотация.** Обобщены и критически проанализированы данные ученых из разных стран, информация в СМИ, фото и видео материалы по катастрофическим последствиям землетрясений 6 февраля 2023 г. в Турции. Показано, что сейсмостойкость зданий, безусловно, определяется научно-техническим уровнем применяемых норм по их строительству. Но самым важным при этом является неукоснительное их соблюдение. Изучение последствий землетрясений, выявление их причин и извлечение уроков актуально и для обеспечения сейсмической безопасности населения и территории нашей страны, снижения вероятного ущерба от землетрясений.

**Ключевые слова:** землетрясение, сейсмичность, разрушительные последствия, причины, сейсмостойкость, нормы проектирования, сейсмическая безопасность.

**Введение.** По данным Геологической службы США (USGS), с 1900 г. в среднем в год происходят около 19 землетрясений магнитудой 7,0-7,9 и одно землетрясение магнитудой 8 или более. В последние годы наблюдается заметное увеличение общего количества сильных землетрясений, что обычно указывает на увеличение тектонической активности [1]. Землетрясения

удерживают печальное первенство среди всех стихийных бедствий по причиняемому ими экономическому ущербу и одно из первых мест по количеству человеческих жертв.



Рис. 1. Эпицентры землетрясений 6 февраля 2023 г. в Турции [3].  
Fig. 1. Epicenters of earthquakes on February 6, 2023 in Turkey [3].

Подтверждением вышесказанного являются катастрофические последствия землетрясений 6 февраля 2023 г. на юго-востоке Турции. Они вошли в список 10 крупнейших по числу жертв (по разным источникам более 50 000 в Турции и 8500 человек в Сирии) землетрясений XXI в. Эпицентр первого, с магнитудой 7,8 ( $\pm 0,1$ ) по шкале Рихтера, находился в районе Шехиткамиль в Газиянтепе, эпицентр второго, с магнитудой 7,5 ( $\pm 0,1$ ), – в районе Экинезю в Кахраманмараше (рис. 1). Подземные толчки ощущались в 10 провинциях страны, а также в близлежащих государствах, в т. ч. в Сирии, где также были зарегистрированы крупные разрушения [2, 3].

На территории нашей страны и в сопредельных с ним регионах как за исторический период времени, так и на современном этапе неоднократно происходили землетрясения с магнитудой  $M > 7$ . Территория Узбекистана характеризуется сложным геологическим строением и высокой тектонической и сейсмической активностью земной коры [4]. Поэтому анализ последствий февральских землетрясений со столь катастрофическими разрушениями, выявление их причин и извлечение уроков актуально и для обеспечения сейсмической безопасности населения и территории нашей страны, снижения вероятного ущерба от землетрясений.

### Анализ причин последствий землетрясений в Турции

Турция расположена в одной из самых активных сейсмоопасных зон в мире. Район, в котором произошло землетрясение, находится на пересечении трёх тектонических плит: Анатолийской, Аравийской и Африканской [5]. Аравийская плита движется на север, в результате чего Анатолийская плита (на которой находится большая часть Турции) оттесняется на запад.

Движение плит создаёт давление на зоны разломов между ними. Внезапный выброс накопленной энергии этого давления вызывает землетрясения [6]

Все задаются вопросом, что делать при землетрясении и как к нему можно подготовиться? Почему землетрясение в Турции (рис. 2) оказалось настолько разрушительным? Почему современные дома рухнули (рис. 3), как карточные домики [7, 8]? Безусловно, до проведения всестороннего инженерного анализа его последствий о причинах столь масштабных разрушений говорить преждевременно. На сегодняшний день можно лишь критически анализировать статьи ученых в интернете, информацию в СМИ, фото и видео материалы, сравнивать их с аналогичными данными о землетрясениях в других странах. Например, в Чили в 2014 и 2015 гг. магнитуда землетрясений составила 8,2 и 8,3 соответственно – и оба раза погибли не более 15 человек [9], а 2010 г. при магнитуде 8,8 – 525 человек (таблица). Анализ данных таблицы также показывает, что в Японии, Мексике, Непале и Пакистане количество жертв и нанесенный ущерб несопоставимо меньше, несмотря на более высокую или такую же магнитуду (9,1; 8,1; 7,8 и 7,7 баллов) землетрясений соответственно. В чем причины такого несоответствия?

В предварительном отчете Стамбульского технического университета (МСЭ) перечислены основные причины серьезных разрушений, вызванных землетрясением: здания слишком старые; грунт, на котором установлены фундаменты, имеет низкую несущую способность; низкое качество используемых материалов; недостаточные размеры поперечного сечения колонн и балок, количество арматуры в них; несоответствие нормам [10]. В то же время, согласно данным Института статистики Турции, 51% жилых домов в 10 городах, пострадавших от землетрясения, были построены в 2001 г. и позже [11]. По словам экспертов [7, 8 и др.], несмотря на мощность прошедшего землетрясения, здания, построенные по всем правилам, должны были устоять. Модернизация существующих зданий проводится очень редко, и при этом в новых зданиях строительные нормы плохо соблюдаются.



**Рис. 2. Спасательные команды пытаются добраться до жителей, оказавшихся в ловушке внутри разрушенных зданий в Адане, Турция.**

**Fig. 2. Rescue teams try to reach residents trapped inside destroyed buildings in Adana, Turkey.**

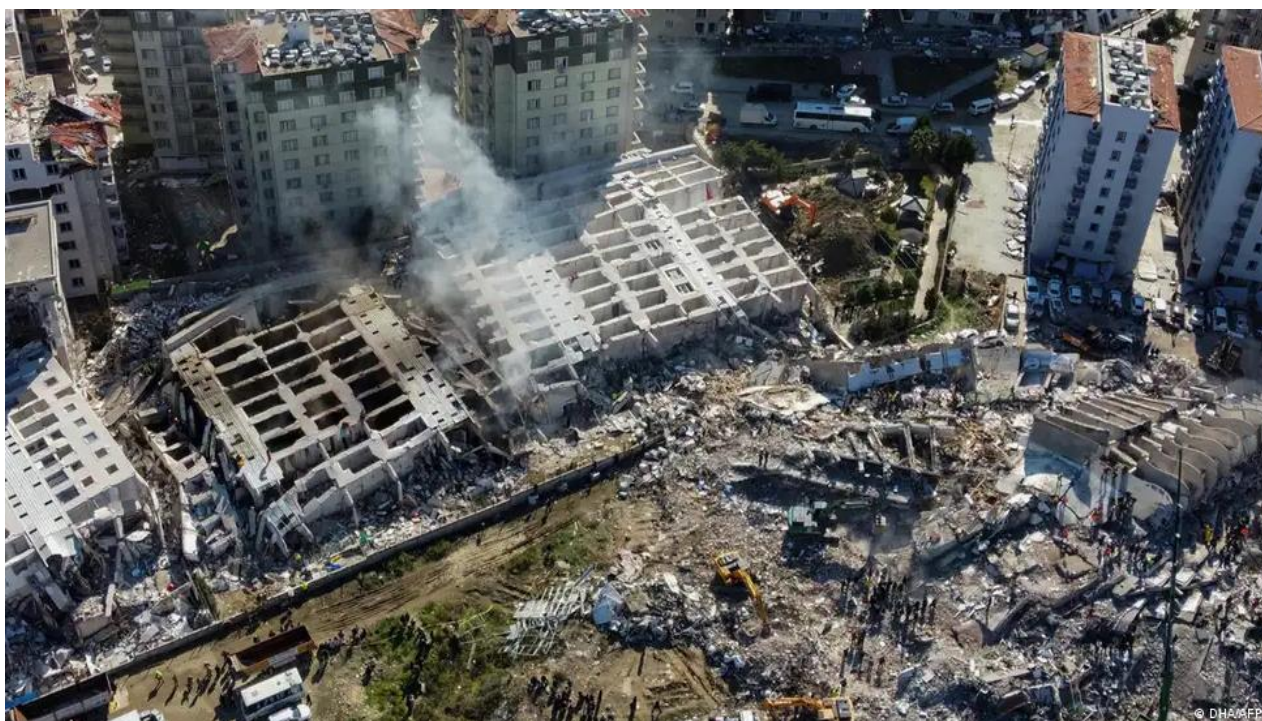


Рис. 3. Рухнувший 12-этажный дом в турецкой провинции Хатай.

Fig. 3. Collapsed 12-storey house in the Turkish province of Hatay.

Разрушительные землетрясения XXI в.

Дата	Место	Кол-во жертв, чел.	Магнитуда, балл	Нанесенный ущерб
26.01.2001	Индия	138 000-200 000	7,6	Около 166,8 тыс. человек пострадали. Землетрясение было самым разрушительным в Индии за полвека
26.12.2004	Индонезия	230 210	9,1-9,3	В 14 странах пострадали около 2,2 млн. чел. Экономический ущерб Таиланда оценивался в \$5 млрд., Индонезии – в \$4,5 млрд., Индии – в \$1,6 млрд.
12.05.2008	Китай	87 587	7,9	Более 370 тыс. получили ранения. Пострадали более 45,5 млн. человек. Ущерб \$86 млрд.
12.01.2010	Гаити	222 570	7,0	Более 194 тыс. получили ранения, 1,3 млн. остались без крова. Ущерб составил \$7,9 млрд.
27.02.2010	Чили	525	8,8	Около полумиллиона домов оказались непригодными для проживания, ущерб составил \$30 млрд.
11.03.2011	Япония	19 759	9,1	6 242 раненых, 2576 пропавших без вести. Последствием стала авария на атомной электростанции "Фукусима-1". Ущерб около \$300 млрд.
24.09.2013	Пакистан	825	7,7	Свыше 700 получили травмы. Повреждены более 21 тыс. домов
25.04.2015	Непал	8 964	7,8	Пострадали более 17,5 тыс. человек. Ущерб оценивается в сумму от 2 до 10 млрд. долл.
07 и 09.2017	Мексика	471	8,1	Пострадали свыше 16 тыс. учебных заведений, более 180 тыс. жилых домов и квартир, 50 тыс. полностью разрушены. Ущерб около \$2,5
06.02.2023	Турция и Сирия	50 783 8 476	7,7-7,8	в Турции пострадали 115 тыс. человек. Ущерб превышает \$20. млрд. В Сирии 14 800 раненных

Доцент кафедры гражданского и сейсмостойкого строительства Саутгемптонского университета в Великобритании, Мехди Кашани в интервью DW отмечает [9], что действующие нормы и стандарты сейсмостойкости Турции гарантируют, что здания не разрушатся даже во время сильных землетрясений. Но если здания спроектированы и построены неправильно, то даже дом целиком из бетона может рухнуть.

Турция с 1940 г., после землетрясения 1939 г. в Эрзинджане, стала разрабатывать правила, сначала основанные на строительных правилах Италии. Позже основные принципы сейсмостойкого строительства были разработаны в 1960-1970-х гг. С тех пор были опубликованы более десяти редакций кодекса с последним обновлением в 2018 г. При этом их значительное обновление произошло в 2000 г. после землетрясения 1999 г. магнитудой 7,6 вблизи Измита в 90 км на юг от Стамбула. Тогда обрушения зданий привели к массовой гибели людей – 17217 погибших и 43959 раненых [12]. Безусловно, сейсмостойкость зданий определяется научно-техническим уровнем применяемых норм по их строительству. Но самым важным при этом является неукоснительное их соблюдение.

Эксперты также называли одной из причин такого числа жертв низкое качество строительства [13]. В конструкциях зданий, разрушенных из-за землетрясения, нашли серьезные дефекты, связанные с тем, что дома массово строились с нарушениями. Профессор факультета гражданского строительства Харранского университета Касым Мермерташ указывает [14] на серьезные дефекты бетона в конструкциях, связанные с нарушениями его состава, применением заполнителей, не соответствующих предъявляемым требованиям. Так, размеры кусков гравия в общей массе не должны превышать 3 см, но в ряде случаев были найдены камни «размером с кулак». Использование материала с такими характеристиками значительно снижает прочность бетона. Таким образом можно сделать вывод о том, что главными причинами столь сильных разрушений являются несоблюдение строительных норм и снижение качества материалов.

### **Обсуждение уровня нормативно-методологической базы сейсмостойкого строительства**

Учитывая актуальность проблемы обеспечения сейсмической безопасности территории и населения, в нашей стране, в особенности после Ташкентского землетрясения, уделяли особое внимание: экспериментально-теоретическим исследованиям проблем сейсмологии, сейсмостойкости зданий и сооружений; натурным динамическим испытаниям зданий и сооружений; совершенствованию методов расчета на сейсмические воздействия; созданию новых сейсмостойких конструктивных систем.

Поиск решений этих научно-практических проблем и задач под руководством академиков М.Т.Уразбаева и Г.А.Мавлянова, В.К.Кабулова, продолженный их последователями, привел к разработке карт сейсмического макро- и микрорайонирования территории республики, алгоритмов и программ для расчета строительных конструкций на нормативном и физическом уровне, с учетом их работы в упруго-пластической стадии циклического деформирования, разработке методов и технических решений по сейсмическому усилению существующих зданий различных конструктивных систем.

Накопленный научно-практический потенциал позволил АО «УзЛИТТИ» (б. ТашЗНИИЭП), Институтам механики и сейсмостойкости сооружений (ИМиСС), сейсмологии, геологии и геофизики АН РУз и ТАСИ разработать национальные нормы по сейсмостойкому строительству КМК 2.01.03-96 [15].

Следует отметить, что из республик СНГ, расположенных в сейсмически опасных территориях, только в Узбекистане в девяностые годы были разработаны национальные нормы по строительству в сейсмических районах. В них был применен инновационный подход в обеспечении сейсмонадежности проектируемых зданий, заключающийся в рациональном применении коэффициентов редукиции. Как известно, подбор коэффициента редукиции заключается в снижении сейсмических нагрузок в зависимости от уровня максимальных (допустимых) остаточных деформаций в строительных конструкциях в результате землетрясений. Как в нормах стран СНГ, так и в зарубежных, понижающие коэффициенты редукиции относятся ко всей конструктивной системе, а не к усилиям отдельных конкретных элементов здания. В наших нормах вводятся разные значения коэффициентов редукиции к ригелям и стойкам каркасных зданий. Это было сделано для предотвращения преждевременных (опережающих) разрушений конструкций, воспринимающих вертикальную нагрузку. Другими словами – разрушение колонны



при землетрясении, которое более опасно для системы, не опережало разрушение ригеля. Здания, запроектированные таким способом, практически не нуждаются в расчетах на прогрессирующее разрушение системы [16].

За последние 20-25 лет на смену привычным, проверенным экспериментально-теоретическими исследованиями и реальными землетрясениями, конструктивным системам пришли новые, ранее не применяемые или ограниченного применения конструктивные системы, материалы и технологии. Это каркасные здания 7, 9, 12 этажей и выше с различным заполнением из кирпичной кладки, мелкоштучных блоков и камней; монолитные каркасные здания безригельной системы; многоэтажные каркасно-стеновые монолитные здания безригельной системы; здания с гибким первым этажом и др. Для большинства из перечисленных конструктивных систем в нормах отсутствовали рекомендации по их проектированию. В таких случаях новые конструктивные решения могут использоваться в массовом строительстве лишь после всесторонних экспериментально-теоретических исследований и натуральных испытаний. Вместе с тем, экспериментальной оценки сейсмостойкости жилищно-гражданских зданий новых конструктивных систем практически не производилось [16]. Проектирование осуществлялось по специальным техническим условиям (СТУ), которые не всегда могут учесть все важные особенности новых систем.

В 2017-2019 гг. АО «ToshuyjoyLITI» (б. АО «УзЛИТТИ») переработали нормы [15] при участии Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз, ВУЗов и др. В обновленные нормы [17] были включены рекомендации по проектированию монолитных железобетонных каркасов: безригельных связевых; жестких зданий с «гибким» первым этажом. Так, применение безригельных связевых каркасов в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов допускается при условии, что вся горизонтальная сейсмическая нагрузка воспринимается связями в виде жестких стен, ядер жесткости и диафрагм. При этом по осям колонн в ортогональных направлениях должны предусматриваться зоны усиленного армирования, включая применение жесткой арматуры. По периметру здания по осям крайних колонн устраиваются ригели, а вокруг колонн в перекрытиях – приопорные (капитальные) зоны. Они обеспечивают жесткую заделку колонны в диск перекрытия, с восприятием возникающих усилий и напряжений в стыке при всех возможных расчетных сочетаниях нагрузок. Сечение колонн должно быть не менее 50×50 см, а при 9-балльной зоне иметь в сечении стоек 1-го этажа жесткую арматуру. При выборе конструктивных схем каркасных зданий предпочтение следует отдавать схемам, в которых зоны пластичности возникают в первую очередь в горизонтальных элементах каркаса (ригелях, балках).

Работа жестких зданий с «гибким» первым этажом была в свое время достаточно изучена в ТашЗНИИЭП и ИМиСС. Она была признана ненадежной при сейсмических воздействиях. Поэтому эта конструктивная система не получила распространения и не использована в нормах [15]. Несмотря на это, они повсеместно применяются в современной застройке городов. Это происходит благодаря повышенному интересу к ним в современной архитектуре для размещения объектов сферы услуг и торговли не только у нас, но и в других странах, о чем свидетельствует трагический опыт февральских землетрясений в Турции [18]. Как следует из фото (см. рис. 3) и видео материалов, именно здания с «гибким» первым этажом пострадали больше других конструктивных систем.

В обновленных нормах [17] для обеспечения сейсмостойкости зданий с «гибким» первым этажом введены ограничения по их этажности в зависимости от сейсмичности площадки. Так, для площадок сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов допускается строительство зданий с «гибким» первым этажом высотой, м (числом этажей) 24(7), 19(5) и 12(3) соответственно. Кроме того, предусмотрены специальные технические решения, заключающиеся: во введении по торцам гибкого этажа элементов жесткости в виде диафрагм жесткости или стен; в дополнительном к обычному армированию усилении жесткой арматурой колонн и ригелей первого этажа; в выполнении перекрытия над первым этажом из монолитного железобетона толщиной не менее 200 мм; в принятии колонн первого гибкого этажа, как минимум, сечением 50×50 см.

Безусловно, сейсмостойкость зданий, как уже отмечалось выше, определяется научно-техническим уровнем применяемых норм по проектированию и строительству, а также неукоснительным их соблюдением. Но при этом, учитывая различный уровень сейсмонадежности существующей застройки, не менее важно обеспечение сейсмической безопасности населения и территории республики и снижение потерь за счет подготовленности к землетрясениям в сейсмоактивных зонах с высокой вероятностью их возникновения. В мировой науке и практике

разрабатываются различные методы оценки территориальной сейсмоопасности, прогнозного анализа сейсмических рисков, а также сейсмической уязвимости, сейсмостойкости зданий и сооружений, направленных на снижение возможного ущерба, наносимого землетрясениями. Конечной целью этих исследований является минимизация ущерба от землетрясений и оптимизация затрат на антисейсмические мероприятия.

Указанные задачи занимают особое место в государственной научно-технической политике нашей страны по обеспечению сейсмической безопасности населения и территории [19-21], так как более 55% ее территории подвержено землетрясениям силой 7, 8, 9 баллов и более [4]. В стране системно уделяется пристальное внимание принятию целенаправленных мер по защите населения и территорий республики от сейсмической опасности.

Для недопущения значительных повреждений и разрушений зданий при возможном расчетном землетрясении важна оценка состояния уровня сейсмобезопасности существующей застройки, выявление уязвимых конструктивных систем. Первые попытки в решении этих проблем были предприняты в конце прошлого столетия в рамках международного проекта ООН «РАДИУС» по оценке сейсмического риска застройки Ташкента [22]. Кроме того, также важно: выявление случаев нарушения норм и стандартов, технологии работ, применения некачественных материалов. Для обеспечения нормативно-методологической основы по антисейсмическому усилению зданий существующей застройки АО «ToshuyjoyLITI» впервые разработаны (руководитель темы Ш.А.Хакимов) новые ШНК 2.01.22-22 [23].

Таким образом, во исполнении директивных документов [19-21] важными направлениями науки и практики сегодня являются: прогнозирование, управление сейсмическим риском и снижение ущерба от вероятных землетрясений; создание информационно-аналитической базы на платформе ГИС о техническом состоянии и сейсмоуязвимости существующей застройки, сформированной в течении десятков и сотен лет и поэтому обладающей различным уровнем сейсмонадежности. Информационно-аналитическая база предназначена для разработки и реализации мероприятий по повышению сейсмостойкости существующих зданий и обеспечению готовности местных органов власти и служб спасения к оперативной ликвидации последствий землетрясений [24-27]. Для решения этой крупной научно-технической проблемы и реализации указанного направления необходимо объединение усилий АН РУз и её научно-исследовательских институтов, ведомственных научных организаций, строительных вузов, Министерства высшего образования, науки и инноваций, Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства, Министерства по чрезвычайным ситуациям, местных властей и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://new-science.ru/12-krupnejshih-zemletryasenij-v-21-veke/>
2. Son Depremler. [www.koeri.boun.edu.tr](http://www.koeri.boun.edu.tr).
3. <https://bloknот.ru/v-mire/korrupsiya-i-narusheniya-norm-v-turtsii-posle-zemletryaseniya-massovy-e-aresty-zastrojshhikov-1060401.html>
4. Мавлянова Н.Г. Типизация городов Узбекистана для оценки сейсмической уязвимости // Геоэкология. Инженерная геология, Гидрогеология, Геокриология. - 2014. - № 1. - С. 56-65.
5. Jenny Jenkins. Turkey-Syria earthquakes: a seismologist explains what has happened.
6. Землетрясения в Турции и Сирии с точки зрения науки. [vesti.ru](http://vesti.ru).
7. Джейк Хортон и Уильям Армстронг. BBC Reality Check и BBC Monitoring. Землетрясение в Турции: <https://www.bbc.com/russian/news-64585819>
8. <https://iz.ru/1470051/2023-02-14/mer-goroda-v-turtcii-nazvan-geroem-iz-za-utceleвшikh-pri-zemletriasenii-zdaniy>
9. <https://www.dw.com/ru/zemletrasenie-v-turtcii-nedostatki-pri-postrojke-domov-pricina-razrusenija/a-64667303>
10. Yeni görüntü: İskenderun Limanı'nda deprem anı. [www.cnnturk.com](http://www.cnnturk.com). Дата обращения: 20 февраля 2023.
11. cem. TÜİK: Yıkılan binaların yüzde 51'i 2001'den sonra yapıldı (тип.). Paraanaliz (15 февраля 2023).
12. <https://www.turkeyhomes.com/ru/blog/post/the-earthquake-building-code-in-turkey>
13. В Турции нашли дефекты в конструкциях, разрушенных при землетрясении домов <https://www.rbc.ru/society/10/02/2023/>
14. <https://www.rbc.ru/society/18/02/2023/>
15. КМК 2.01.03-96 Строительство в сейсмических районах. - Т.: Госкомархитектстрой РУз. - 1996. - 65 с.
16. Хакимов Ш.А. Новые конструктивные системы жилищно-гражданских зданий и проблемы актуализации сейсмических норм // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2020. - № 3. - С. 31-43.

17. КМК 2.01.03-19 «Строительство в сейсмических районах». - Т.: Минстрой РУз. - 2020. - 112 с.

18. Ходжаев С.А. Землетрясения 6 февраля 2023 года в Турции – катастрофа века // Архитектура и строительство Узбекистана. - 2023. - № 02-03. - С. 2-6.

19. Постановление Президента Республики Узбекистан от 30 июля 2020 года № ПП-4794 «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан».

20. Указ Президента Республики Узбекистан от 30 мая 2022 года № УП-144 «О мерах по совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности Республики Узбекистан».

21. Постановление Президента Республики Узбекистан от 16 мая 2023 года № ПП-158 «О дополнительных мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан».

22. Заключительный отчет по международному проекту ООН «РАДИУС», блок № 2: «Сейсмическая уязвимость зданий и оценка сейсмического риска» (Руководители темы: Ходжаев С.А., Хакимов Ш.А., Абдурашидов К.С.; ответственные исполнители:

Ибрагимов Р.С., Плахтий К.А., Мамышева Д.Х.). - Т.: АО «УзЛИПТИ». - 1999. - 30 с.

23. ШНК 2.01.22-22 Восстановление и антисейсмическое усиление зданий и сооружений существующей застройки. - Т.: Минстрой РУз - 2022. - 56 с.

24. Tulaganov B.A., Khodzhaev S.A., Schwarz J., Abrahamczyk L. Assessment of seismic vulnerability of buildings and structures by using European standards. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. - 2021. - Vol. 12. - № 7. - P. 323-330.

25. Исмаилов В.А. К выбору результатов оценки сейсмической опасности региональных территорий при решении задач сейсмического риска // Сб. докладов междунар. науч. конф. «Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий» (Ташкент, 3-4 октября 2023 г.). - Т.: «BIZNES POLIGRAF», 2023. - С. 354-359.

26. Исмаилов В.А., Хусомиддинов А.С., Мансуров А.Ф., Рузимбоев Ф.Ф. Оценка сейсмического риска Ташкентской области // Там же. - С. 359-365.

27. Тулаганов Б.А., Ходжаев С.А. Основные направления создания платформы ГИС для оценки сейсмического риска и ущерба существующей застройки от вероятных землетрясений // Там же. - С. 371-377.

## ZILZILALARGA CHIDAMLI QURILISH NORMATIV-USLUBIY ASOSLARIVA ZILZILALARDAN EHTIMOLIY ZARARNI KAMAYTIRISH

S.A. Xodjaev, B.A. To'laganov

**Annotatsiya.** 2023-yil 6-fevralda Turkiyada sodir bo'lgan zilzilalarning halokatli oqibatlariga oid turli mamlakatlar olimlari ma'lumotlari, ommaviy axborot vositalaridagi ma'lumotlar, foto va videomateriallar umumlashtirilib, tanqidiy tahlil qilindi. Ko'rsatilgandek, binolarning seysmik chidamliligi, albatta, ularni qurish uchun qo'llaniladigan meorlarning ilmiy-texnik darajasi bilan belgilanadi. Lekin eng muhimi, ularga qat'iy rioya qilishdir. Mamlakatimiz aholisi va hududining seysmik xavfsizligini ta'minlash, zilzilalar natijasida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan zararni kamaytirishda zilzila oqibatlarini o'rganish, ularning sabablarini aniqlash va saboq olish ham muhim ahamiyatga ega.

**Kalit so'zlar:** zilzila, seysmiklik, halokatli oqibatlari, sabablari, seysmik chidamlilik, loyihalash meorlari, seysmik xavfsizlik.

## REGULATORY AND METHODOLOGICAL BASIS FOR EARTHQUAKE-RESISTANT CONSTRUCTION AND REDUCTION OF PROBABLE DAMAGE FROM EARTHQUAKES

S.A. Khodzhaev, B.A. Tulaganov

**Annotation.** Data from scientists from different countries, information in the media, photos and video materials on the catastrophic consequences of the earthquakes of February 6, 2023 in Turkey are summarized and critically analyzed. It is shown that the seismic resistance of buildings is certainly determined by the scientific and technical level of the applied standards for their construction. But the most important thing is their strict adherence. Studying the consequences of earthquakes, identifying their causes and drawing lessons is also important for ensuring seismic safety of the population and territory of our country and reducing the likely damage from earthquakes.

**Key words:** earthquake, seismicity, destructive consequences, causes, seismic resistance, design standards, seismic safety.

**Краткая информация**  
**о Международной научной конференции «Актуальные проблемы обеспечения**  
**сейсмической безопасности населения и территорий»**  
**3-4 октября 2023 года, г. Ташкент**

Международная научная конференция организована по Приказу Министра высшего образования, науки и инноваций № 118 от 2 мая 2023 г. «Об утверждении перечня международных и республиканских научных и научно-технических мероприятий, планируемых к проведению в 2023 году».

Конференция подготовлена Организационным комитетом Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова АН РУз. Организатором Международной конференции также является Академия наук Республики Узбекистан.

В целях проведения конференции на высоком уровне Фондом по поддержке сферы сейсмологии, обеспечения сейсмостойкости сооружений и сейсмической безопасности при Кабинете Министров Республики Узбекистан выделены 136,7 миллиона сумов.

На эти средства арендован зал гостиницы «Гранд Мир» для проведения конференции, распечатан сборник трудов конференции, баннеры и бейджики, блокноты с логотипом конференции, ручки, сумки, сувениры для иностранных участников, организованы кофе-брейки, обеды и ужин, покрыты командировочные расходы старшего советника ЛСА, профессора Института исследования катастроф Университета Тохоку Сатору Нишикавы (Япония).

Для подготовки и издания научных трудов конференции создана редакционная коллегия в следующем составе: У.А.Нурматов (главный редактор), С.Х.Максудов, Т.Л.Ибрагимова, Л.А.Хамидов, А.Х.Ибрагимов, М.Т.Усманова, А.И.Туйчиев (ответственный секретарь), М.А.Мирзаев.

**Участники конференции.** В работе конференции приняли участие более 100 ведущих специалистов и молодых ученых из 31 научно-исследовательских и научно-изыскательских, производственных организаций, ВУЗов из 9 стран мира – России, Японии, Германии, Белоруссии, Казахстана, Таджикистана, Туркменистана, Литвы, Узбекистана.

Участники конференции представляли следующие организации Республики Узбекистан: Министерство по чрезвычайным ситуациям РУз, Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РУз, Государственная служба геологического мониторинга РУз, ГУ «Институт геологии и геофизики им. Х.М.Абдуллаева», Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Уразбаева АН РУз, АО «ToshuyjoyLITI», Национальный университет Узбекистана, Ташкентский государственный технический университет, Ташкентский архитектурно-строительный институт, Ташкентский государственный транспортный университет, Самаркандский государственный архитектурно-строительный университет, Наманганский инженерно-строительный институт, Институт гражданской защиты МЧС РУз, НИИ по техническому нормированию и стандартизации МСЖКХ РУз, Центр передовых технологий при Министерстве науки, АО «ГИДРОПРОЕКТ», Туринский политехнический университет в г. Ташкенте, Каракалпакский НИИ естественных наук КК О АН РУз и др.

**Зарубежные участники.** На конференции участвовали представители следующих зарубежных организаций: Международный научно-исследовательский институт катастроф Университета Тохоку (Япония), Институт теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН, Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН (Россия), Центр геофизического мониторинга Национальной Академии наук Беларуси, MB Geobitas, Центрально-Азиатский Институт прикладных исследований Земли (Кыргызстан), ТОО «Институт сейсмологии» МЧС Республики Казахстан, ПРООН Туркменистана, Институт сейсмологии и физики атмосферы Академии наук Туркменистана, Научно-исследовательский институт Сейсмостойкого строительства Министерство строительства и архитектуры Туркменистана, Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана и др.

**Основной целью конференции** было обсуждение современных проблем сейсмологии и сейсмического безопасности, развития научно-технического сотрудничества и создания единой

площадки для обмена и интеграции научно-практической информации, идеями и мнениями ученых, экспертов и специалистов различных стран в области обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий.

В соответствии с программой конференции состоялись пленарные и секционные заседания по следующим секциям:

1. Повышение эффективности сейсмологического и сейсмопрогностического мониторинга в сейсмоактивных регионах, а также теоретические и практические аспекты системы раннего оповещения землетрясений.

2. Совершенствование методологии оценки сейсмической опасности и сейсмического районирования, включая детальное сейсмическое районирование и сейсмомикрорайонирование.

3. Инновационные и передовые технологии в области обеспечения сейсмической безопасности зданий и сооружений и развитие нормативной базы.

4. Оценка сейсмического риска и сейсмической уязвимости зданий и сооружений, меры по смягчению последствий сильных землетрясений.

На открытии конференции с приветствием выступили: главный ученый секретарь Академии наук Республики Узбекистан Г.А.Бахадиров, первый заместитель Министра по чрезвычайным ситуациям РУз С.Т.Зупаров, директор Института сейсмологии АН РУз В.А.Рафиков и др., которые отметили актуальность темы конференции, поздравили коллектив Академии наук Республики Узбекистан с 80-летием со дня образования.

В первый день конференции 3 октября на утреннем пленарном заседании был заслушан доклад старшего советника ИСА, профессора Международного научно-исследовательского института катастроф Университета Тохоку Сатору Нишикавы «Ичи-ничи-маэ (за день перед катастрофой) проект по информированности о землетрясении», д. ф.-м. н., член-корреспондента РАН, директора Института теории прогноза землетрясений и математической геофизики РАН П.Н.Шебалина «О моделировании сейсмического режима в задачах оценки сейсмической опасности», д. ф.-м. н., заместителя директора по вопросам инженерной сейсмологии и оценке сейсмической опасности Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН Р.Э.Татевосяна «Землетрясение 29 июня/12 июля 1900 г. в восточной Анатолии (Турция) на основании сведений в периодической печати Российской империи», д. г.-м. н., академика, главного научного сотрудника ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК А.У.Абдуллаева «Сейсмообусловленные опасные геологические явления и их распространение в Юго-Восточном и Восточном Казахстане как отражение современных геодинамических процессов», к. ф.-м. н., главного научного сотрудника ТОО «Институт сейсмологии» МЧС РК О.М.Белослюдцева «Комплексирование информативных параметров сейсмомониторинга для прогноза сильных землетрясений», д. ф.-м. н., заведующего лабораторией Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН Ю.Л.Ребецкого «Опыт тектонофизического районирования опасных разломов по уровню кулоновых напряжений», д. ф.-м. н., ведущего научного сотрудника Института сейсмологии АН РУз И.У.Атабекова «Возможно ли моделированием предсказывать сильные землетрясения?». Всего на утреннем пленарном заседании заслушаны 7 докладов.

В первый день конференции 3 октября на вечернем пленарном заседании был заслушан доклад д. ф.-м. н., ведущего научного сотрудника Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана А.Р.Ищука «Вероятностный анализ сейсмической опасности территории Таджикистана в баллах шкалы MSK-64», д. т. н., проф. Ташкентского архитектурно-строительного университета С.А.Ходжаева «Нормативно-методологическая база сейсмостойкого строительства и снижение возможного ущерба от землетрясений», PhD по техническим наукам, заведующего лабораторией Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз А.С.Ювмитова «Динамические показатели многоэтажных зданий при использовании инерционных демпферов под воздействием сейсмических сил», д. ф.-м. н., проф. Ташкентского государственного транспортного университета И.Мирзаева «Сейсмомоделирование протяженного подземного трубопровода по модели сухого трения», к. т. н., доцента Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета М.Н.Убайдуллоева «Проблемы дальнейшего развития гармонизации нормативных документов Республики Узбекистан в области сейсмостойкого строительства с нормативными документами

ведущих зарубежных стран (основные направления – предложения)», к. т. н., ведущего научного сотрудника Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз С.И.Умархонова «Динамическое поведение грунтовых плотин при кратковременных динамических воздействиях», к. ф.-м. н., ведущего научного сотрудника Института сейсмологии и физики атмосферы АН Туркменистана А.Ходжаева «Шкала сейсмической интенсивности Туркменистана на основе инструментальных данных», д. т. н., эксперта ПРООН Туркменистана С.А.Тягунова «Оценка сейсмического риска для территории г. Ашхабада, Туркменистан», к. т. н., заведующего лабораторией Института сейсмологии и физики атмосферы АН Туркменистана С.С.Абасеева «Новая методика сейсмического микрорайонирования Туркменистана по данным цифровой регистрации микросейсмического волнового фона на поверхности районируемой территории». Всего на вечернем пленарном заседании заслушаны 9 докладов.

Во второй день конференции 4 октября на утреннем пленарном заседании был заслушан доклад академика АН РУз, заведующего лабораторией Института сейсмологии АН РУз К.Н.Абдуллабекова «Основные результаты геофизических исследований по проблеме прогнозирования землетрясений в Узбекистане», д. ф.-м. н., ведущего научного сотрудника Института сейсмологии АН РУз Р.С.Ибрагимов «Количественные характеристики сейсмической опасности территории Узбекистана», к. ф.-м. н., заведующего лабораторией Института сейсмологии АН РУз У.А.Нурматова «Геодинамические блоки Западного Тянь-Шаня и особенности сейсмичности Узбекистана», д. г.-м. н., профессора Ташкентского государственного технического университета им. Ислама Каримова Р.А.Умурзакова «О необходимости тектодинамических исследований в сейсмологии и перехода к ранжированному районированию сейсмической опасности», к. ф.-м. н., заведующего лабораторией Института геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева Б.С.Нуртаева «Обзор программных модулей по активным разломам Среднего, Южного Тянь-Шаня и прилегающих территорий», PhD по техническим наукам, первого проректора Ташкентского архитектурно-строительного университета Б.А.Тулаганова «Основные направления создания платформы ГИС для оценки сейсмического риска и ущерба существующей застройки от вероятных землетрясений», д. г.-м. н., проф., заместителя директора по науке Института сейсмологии АН РУз В.А.Исмаилова «К выбору результатов оценки сейсмической опасности региональных территорий при решении задач сейсмического риска», PhD по г.-м. наукам, заместителя руководителя Государственной службы геологического мониторинга Г.А.Бимурзаева «Основные факторы, влияющие на активизацию оползней в Узбекистане», к. ф.-м. н., заведующего лабораторией Института сейсмологии АН РУз А.Х.Ибрагимов «Система раннего оповещения о сильных землетрясениях с использованием редкой сети акселерографов». Всего на утреннем пленарном заседании заслушаны 9 докладов.

Во второй день конференции 4 октября на вечернем пленарном заседании был заслушан доклад инженера МВ Geobitas П.С.Паукова «Сейсмические системы мониторинга на ГЭС Республики Казахстан и Республики Узбекистан», д. ф.-м. н., заведующего лабораторией Института сейсмологии АН РУз Л.А.Хамидова «Кластеризация плотности распределения землетрясений по тектоническим разломам вблизи водохранилищ», PhD по г.-м. наукам, заведующего лабораторией Института сейсмологии АН РУз Ш.И.Ёдгорова «Методология оценки сейсмического риска и картографирования в региональном масштабе», базового докторанта Института сейсмологии АН РУз Т.У.Мамарозикова «Оценка резонансных эффектов при сейсмическом микрорайонировании». Всего на вечернем пленарном заседании заслушаны 4 доклада.

**Решение конференции.** По заслушанным докладам на пленарных заседаниях состоялись обсуждения, дискуссии по основным проблемным вопросам тематики конференции.

После заслушивания и обсуждения докладов и дискуссий участниками конференции принято следующее решение:

- Основным результатом конференции являлось определение путей дальнейшего развития фундаментальных и прикладных научных исследований по актуальным проблемам обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий.
- Поздравляя Академию наук Республики Узбекистан с 80-летием, отмечено, что в Узбекистане достигнуты значительные успехи в области обеспечения сейсмической безопасности

населения и территорий – по оценке сейсмической опасности, общего, детального и микросейсморайонирования территорий, по разноуровневой оценке и районированию сейсмического риска, разработке научных основ методов прогнозирования сильных землетрясений.

- Дальнейшее содействие объединению усилий ученых и специалистов по обмену новейшими научно-техническими разработками по оценке сейсмической опасности и риска, сейсмическому усилению зданий и сооружений и обеспечению сейсмической безопасности населения и территории как в регионе Центральной Азии, так и с национальными и международными центрами с целью уменьшения риска от вероятных местных и трансграничных землетрясений.

- Расширение сотрудничества международных организаций в реализации проектов, направленных на обеспечение сейсмической безопасности населения, оценку и снижение сейсмического риска для стран Центральной Азии.

- Конференция отмечает особую необходимость расширения исследований по геологическому изучению новейших активных разломов, тектонических разрывных нарушений и структур земной коры с проведением полевых структурно-геологических и тектонофизических методов на территории Узбекистана.

- С целью создания системы раннего оповещения землетрясений в Центрально-Азиатском регионе признать целесообразным оперативное развертывание систем сейсмического мониторинга сильных землетрясений в трансграничных регионах.

- В целях обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий необходимо расширить взаимодействие и сотрудничество среди межотраслевых специалистов – инженеров-геологов, геофизиков, сейсмологов, механиков, проектировщиков и строителей.

Реализация вышеперечисленных мер позволит решать актуальные вопросы по сейсмическому районированию, прогнозированию землетрясений, разработке превентивных мер и максимально снизить размер ущерба и потерь в случае возникновения сильных землетрясений.

Признать состоявшуюся Международную конференцию «Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий» успешной. Работа конференции должна послужить повышению сейсмической безопасности во многих странах мира, предложено в дальнейшем проводить подобные конференции с периодичностью один раз в 3 года.

Опубликовать краткую информацию о конференции на сайте Института сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан, в журналах «Геология и минеральные ресурсы», «Проблемы сейсмологии» и в Интернет-ресурсах СМИ стран Центральной Азии, отправить резолюцию участникам конференции, заинтересованным научно-исследовательским институтам и центрам, международным организациям.

Участники конференции выразили благодарность организаторам за инициативу в организации и проведении данной конференции.

**Ответственный секретарь конференции**

**А.И. Туйчиев**

**Краткая информация  
о «Школа молодых сейсмологов»  
11-16 сентября 2023 года, г. Ташкент (Узбекистан)**

**Школа молодых сейсмологов** организована на основании письма Министерства культуры Республики Узбекистан от 27 сентября 2021 г. № 04-12-19-4311 в соответствии с обращением Межгосударственного фонда гуманитарного сотрудничества государств СНГ по направлению «Мероприятия в области образования и науки».

Школа подготовлена Организационным комитетом Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова АН РУз. Организатором Международной школы также является Академия наук Республики Узбекистан.

В целях проведения конференции на высоком уровне Фондом по поддержке сферы сейсмологии, обеспечения сейсмостойкости сооружений и сейсмической безопасности при Кабинете Министров Республики Узбекистан выделены 274,8 миллиона сумов и Межгосударственным фондом гуманитарного сотрудничества государств-участников СНГ – 2 966,9 тыс. руб.

На эти средства арендован зал гостиницы «Узбекистан» для проведения школы, распечатан сборник трудов конференции, баннеры и бейджики, блокноты с логотипом конференции, ручки, сумки, сувениры для иностранных участников, организованы кофе-брейки, обеды и ужин, покрыты командировочные расходы.

**Участники конференции.** В работе школы приняли участие более 210 ведущих специалистов и молодых ученых из 150 научно-исследовательских и научно-изыскательских, производственных организаций, ВУЗов из 9 стран мира – Азербайджан, Армения, Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Молдова, Россия, Таджикистан, Узбекистан

**Зарубежные участники.** В работе школы участвовали представители следующих зарубежных организаций: International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom D.A. Storchak, директор Единой геофизической службы РАН, д. т. н. Ю.А. Виноградов, Б.А. Дзобоев, д. ф.-м. н., заместитель директора Геофизического центра Российской Академии наук, заместитель директора Института физики Земли им. О.Ю.Шмидта РАН (Россия), д. ф.-м. н. Р.Э.Татевосян, директор Геофизического центра мониторинга НАН Беларуси Г.А.Аронов, директор Института геологии и инженерной сейсмологии им. А.Назарова Национальной Академии наук Республики Армения Джон Карапетян, директор Института геологии и сейсмологии Академии наук Республики Молдова И.Н.Никоар, Центрально-Азиатский Институт прикладных исследований Земли (Кыргызстан), ТОО «Институт сейсмологии» МЧС Республики Казахстан, Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии НАН Таджикистана и др.

**Основная цель школы.** Ознакомление с современными методами и технологиями выполнения оценки сейсмической опасности с использованием вероятностных методов; изучение теоретических и практических основ современных методов оценки сейсмической опасности для территорий и крупных строительных объектов; расширение взаимовыгодного научно-образовательного сотрудничества и вовлечение в эту деятельность молодых ученых.

В работе Школы приняли участие делегации молодых ученых-сейсмологов из Казахстана, Кыргызстана, Молдовы, России, Таджикистана, Беларуси, Армении, Азербайджана, Узбекистана. Торжественная церемония открытия Школы состоялась 11 сентября 2023 г. в большом зале заседаний здания АН РУз в г. Ташкенте. Школу открыл президент Академии наук Республики Узбекистан, академик Юлдашев Бехзод Садыкович, который поприветствовал молодых ученых-сейсмологов. Также на церемонии открытия с научными докладами выступили: Рафиков Вахоб Асомович – директор Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, Маловичко Алексей Александрович – член-корреспондент РАН, научный руководитель ФИЦ ЕГС РАН; Максудов Сабитжан Хамидович – ведущий научный сотрудник Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова Академии наук Республики Узбекистан, а также руководители делегаций стран СНГ: Азербайджанской Республики – Гаравелиев Этибар Саяд



оглы, Республики Армения – Карапетян Джон Костикович, Республики Беларусь – Аронов Геннадий Аркадьевич, Республики Казахстан – Жунусова Айжамал Жамеловна, Кыргызской Республики – Калысова Жибек Калысовна, Республики Молдова – Игорь Николаевич Никоара, Российской Федерации – Дзедобов Борис Аркадьевич, Республики Таджикистан – Муродкулов Шохрух Якубович.

В первый день работы школы 11 сентября на пленарном заседании заслушаны следующие доклады: академик АН РУз, заведующий лабораторией Института сейсмологии АН РУз К.Н.Абдуллабеков «Основные результаты геофизических исследований по проблеме прогнозирования землетрясений в Узбекистане», директор Единой геофизической службы РАН, д. т. н. Ю.А.Виноградов «Состояние системы сейсмологических наблюдений в России и перспективы ее развития», чл.-корр. РАН (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск) А.А.Маловичко «Пассивная сейсмика. Не реализованный потенциал при работах на нефть и газ», РЦСМ МЧС PhD К.И.Кучкаров «Сейсмологические и сейсмометрические наблюдения на территории Республики Узбекистан», В.С.Селезнев, д. г.-м. н. А.В.Лисейкин, к. г.-м. н. И.В.Коковкин (СЕФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск) «Метод сейсмического мониторинга «Дисконт»», Г.Г.Кочарян, д. ф.-м. н., А.М. Будков, д. т. н. (ИДГ РАН, г. Москва) «Развитие нарушенной зоны в окрестности сейсмогенного разрыва», D.A.Storchak, Dr., K.Lieser, D.Di Giacomo, J.Harris (International Seismological Centre, Thatcham, United Kingdom) «Notable New Services from the ISC», В.А.Исмаилов, д. г.-м. н. (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Методологическая основа оценки сейсмического риска Республики Узбекистан», Р.С.Ибрагимов, д. ф.-м. н. (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Современные методы оценки сейсмической опасности и их реализация на территории Узбекистана» А.Г.Аронов, д. ф.-м. н., Т.И.Аронова, к. г.-м. н., В.А.Беляева, Ю.В.Мартиневич, К.В.Терещенко, О.В.Захаревич (ЦГМ НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь) «Сейсмологический мониторинг в структуре Белорусской антарктической станции», Б.А.Дзедобов, д. ф.-м. н. (ГЦ РАН, г. Москва) «Оценка сейсмической опасности на основе распознавания мест возможного возникновения землетрясений», М.Ю. Нестеренко, д. г.-м. н. (ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург) «Развитие сети сейсмических станций в Оренбургской области», В.А.Салтыков, д. ф.-м. н. (КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский) «Пространственно-временные особенности представительности каталога землетрясений Камчатки», С.В.Баранов, д. ф.-м. н., А.Ю.Моторин, С.А.Жукова, к. т. н. (КоФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты) «Сезонные вариации продуктивности землетрясений на месторождениях Хибин», Ф.Х.Каримов, д. ф.-м. н., Б.К.Олимов, Ш.А.Олимов (ИГССС НАНТ, г. Душанбе, Таджикистан) «Вариации рН подземных термоминеральных вод Южного Таджикистана за 2021-2023 гг.». Всего на пленарном заседании заслушано 15 докладов.

Во второй день работы школы 12 сентября на пленарном заседании заслушаны следующие доклады: Л.А.Хамидов, д. ф.-м. н., Ф.Р.Артиков, С.Г.Анварова, Б.Р.Ганиева (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Распределение очагов землетрясений в разломах вблизи крупных водохранилищ Узбекистана», Ю.Ф.Копничев, д. ф.-м. н. (ИФЗ РАН, г. Москва), И.Н.Соколова, д. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск) «Неоднородности поля поглощения короткопериодных S-волн в литосфере Центральной Турции и их связь с сильными землетрясениями», Р.А.Дягилев, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск) «Комплекс программ для анализа сейсмических данных при УИС и ДСР», А.А.Еманов, к. г.-м. н., А.Ф.Еманов, д. т. н., А.В.Фатеев, к. ф.-м. н., Е.В.Шевкунова, Е.А.Гладышев (АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск) «Детальные исследования локальных сейсмических активизаций и общей структуры сейсмичности в Алтае-Саянской горной области», А.В.Федоров, к. ф.-м. н., В.Э.Асминг, к. ф.-м. н., С.В.Баранов, д. ф.-м. н., И.С.Федоров (КоФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты) «Наблюдения активизации ледника Бломстранд на севере о. Западный Шпицберген по данным одиночной сейсмической станции», А.Д.Завьялов, д. ф.-м. н., О.Д.Зотов, к. ф.-м. н., А.В.Гульельми, д. ф.-м. н. (ИФЗ РАН, г. Москва) «Роль афтершоков сильных землетрясений при определении характерных размеров очаговой зоны», Р.Э.Татевосян, д. ф.-м. н., Н.Г.Мокрушина (ИФЗ РАН, г. Москва) «Землетрясение 11/23 сентября 1888 г. в системе Северо-Анатолийских разломов», Д.К.Карапетян, к. г. н. (ИГИС НАН РА, г. Гюмри, Армения) «Некоторые особенности региональных и локальных проявлений сейсмичности Тавро-Кавказского региона и проблемы оценки сейсмической опасности», Г.А.Аронов (ЦГМ НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь) «Сейсмологические наблюдения в Беларуси. Состояние

и перспективы», И.Н.Никоара, PhD (ИГиС АН РМ, г. Кишинёв, Молдова) «Оценка сейсмической опасности для территории г. Унгень и Унгенского района Республики Молдова», М.С.Петрищев, к. т. н., Ю.А.Копытенко, д. ф.-м. н., П.А.Сергушин, к. т. н., В.С.Исмагилов, к. ф.-м. н. (СПб Ф ИЗМИРАН, г. Санкт-Петербург), С.С.Хусомиддинов, д. ф.-м. н., В.Р.Юсупов, к. ф.-м. н. (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Анализ электромагнитных возмущений в связи с тектоническими процессами в окрестности обсерватории «Янгибазар», Н.В.Андреева, к. г.-м. н. (ИФЗ РАН, г. Москва) «Использование метода микросейсмического зондирования при решении задач современной тектоники», А.В.Лисейкин, к. г.-м. н., В.С.Селезнев, д. г.-м. н. (СФФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск) «Контроль разрушительных процессов на ГЭС по малоамплитудным сейсмическим сигналам», А.С.Фомочкина, к. т. н. (РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М.Губкина, ИТПЗ РАН, г. Москва) «Построение модели очага Иллингаского землетрясения 2013 г. по записям поверхностных волн», А.Г.Гоев, к. ф.-м. н. (ИДГ РАН, г. Москва) «Скоростное строение земной коры и верхней мантии северо-западной части Лапландско-Кольского орогена методом функций приемника», А.Н.Морозов, к. т. н. (ИФЗ РАН, г. Москва), Н.В.Ваганова, к. г.-м. н., Я.А.Михайлова, Е.Р.Морозова, И.В.Старков (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск) «Роли землетрясений как проявление вулканотектонических процессов на хребте Гаккеля в Арктике», Д.Ю.Шулаков, к. т. н., А.С.Мурыськин (ФИЦ ЕГС РАН, «ГИ УрО РАН», г. Пермь) «Комплексирование шахтных и поверхностных сейсмологических наблюдений в условиях Верхнекамского месторождения солей», Е.А.Кобелева, к. ф.-м. н., В.В.Чечельницкий, к. г.-м. н., Я.Б.Радзиминович, к. г.-м. н. (БФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Иркутск) «Инструментальные и макросейсмические оценки интенсивности землетрясений в Прибайкалье», У.А.Нурматов, к. ф.-м. н. (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Геодинамические особенности сейсмичности Узбекистана и Центральной Азии», Н.К.Гайдай, к. г.-м. н. (ФГБОУ В», СВКНИИ ДВО РАН, г. Магадан) «Подготовка специалистов для отрасли в условиях турбулентности, неопределенностей и перемен. Новые компетенции?», В.Ю.Бурмин, д. ф.-м. н., Г.Р.Петросян, к. ф.-м. н. (ИФЗ РАН, г. Москва). «Распределение гипоцентров землетрясений на территории Туркменистана и Северного Ирана, зарегистрированных с 1964 по 2011 г.», К.Ю.Силкин, к. г.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск) «Двоичные отпечатки: новый подход к обработке и интерпретации сейсмологических записей». Всего на пленарном заседании заслушано 17 докладов.

В третий день школы 13 сентября на пленарном заседании были заслушаны следующие доклады Ш.Э.Усупаев, д. г.-м. н. (ЦАИИЗ, г. Бишкек, Кыргызстан) «Ноосферная сейсмогеономия прогноза землетрясений в теории палеопрочности геоида», И.А.Сдельникова, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск), А.А.Саяпина (СОФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ), Ю.В.Габсатаров, к. ф.-м. н., И.С.Владимирова, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск) «Перспективы развития Северо-Кавказского регионального геодинамического полигона», А.А.Шакирова, к. г.-м. н., В.А.Салтыков, д. ф.-м. н. (КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский) «Вариации наклона графика повторяемости в зоне субдукции Тонга в 2005-2022 гг.», И.М.Алешин, к. ф.-м. н. (ИФЗ РАН, г. Москва), А.Г.Гоев, к. ф.-м. н. (ИДГ РАН, г. Москва), М.Ю.Нестеренко, д. г.-м. н. (ОФИЦ УрО РАН, г. Оренбург), А.И.Астаскевич (ИФЗ РАН, г. Москва) «Кора и верхняя мантия Южного Предуралья по приемным функциям», И.В.Егоров, к. ф.-м. н., А.С.Бугаев, академик РАН, В.М.Агафонов, к. ф.-м. н. (ООО «Р-сенсорс», г. Долгопрудный) «Среднепериодный электрохимический сейсмометр», В.В.Быкова, к. ф.-м. н., Р.Н.Вакарчук, И.В.Матвеев, А.Г.Михин, Л.Д.Николаев, Р.Э.Татевосян, д. ф.-м. н. (ИФЗ РАН, г. Москва) «Опыт оценки сейсмической опасности района Северной Якутии», А.Н.Беседина, к. ф.-м. н. (ИДГ РАН, г. Москва). «Микросейсмический мониторинг при ведении горных работ на примере железорудного месторождения», Н.Н.Носкова, к. г.-м. н. (ИГ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар), Ф.Г.Верхоланцев (ФИЦ ЕГС РАН, г. Пермь), Р.А.Дягилев, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск) «Макросейсмическое поле Вятского землетрясения 13 августа 1897 г», С.Б.Кишкина, к. ф.-м. н., А.М.Будков, д. т. н. (ИДГ РАН, г. Москва). «Сверхсдвиговые землетрясения и их опасность», О.Ю.Айрапетян, к. т. н. (ИГИС НАН РА, г. Гюмри, Армения) «Сравнительный анализ динамических характеристик зданий и сооружений различных типов при микросейсмических колебаниях», П.О.Полянский, к. г.-м. н., А.Ф.Еманов, д. т. н., А.А.Еманов, к. г.-м. н. (АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск), Ю.А.Виноградов, д. т. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск), Е.В.Шевкунова (АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск) «Сейсмическое воздействие на крупные

инженерные объекты Западной Сибири», Ц.А.Тубанов, к. г.-м. н., А.Н.Беседина, к. ф.-м. н., П.А.Предеин, к. г.-м. н., (ГИН СО РАН, г. Улан-Удэ) «Региональные особенности микросейсм и спектров землетрясений Байкальского рифта», Х.Д.Магомедов, О.А.Асманов, к. ф.-м. н. (ДФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала) «О Гунибском землетрясении 8 декабря 2022 г.», А.Т.Данабаева (ИС МЧС РК, г. Алматы, Казахстан) «Оценка сейсмической опасности Жонгар-Балхашского региона», Ф.Г.Верхоланцев (ФИЦ ЕГС РАН, «ГИ УрО РАН», г. Пермь), С.В.Баранов, д. ф.-м. н., В.Э.Асминг, к. ф.-м. н. (КоФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты), Ю.В.Варлашова («ГИ УрО РАН», г. Пермь) «Афтершоковая серия Катав-Ивановского землетрясения 4 сентября 2018 г. с  $M_w = 5,0$  (Урал)», В.Р.Юсупов, PhD (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Изучение суточных и вековых вариаций магнитного поля земли по данным магнитной обсерватории «Янгибазар» (Узбекистан)», З.Ф.Шукуров, PhD (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Моделирование напряженно-деформированного состояния Приташкентской области с помощью технологий ARCGIS», В.Э.Асминг, к. ф.-м. н., И.С.Федоров, А.Ю.Моторин (КоФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты). «Автоматическая система сейсмического мониторинга Восточного рудника КФ АО «Апатит»», П.А.Сергушин, к. т. н., М.С.Петрищев, к. т. н., П.Е.Терещенко, к. ф.-м. н., Ю.А.Копытченко, д. ф.-м. н., В.С.Исмагилов, к. ф.-м. н., (СПб Ф ИЗМИРАН, г. Санкт-Петербург), С.С.Хусумиддинов, д. ф.-м. н., В.Р.Юсупов, к. ф.-м. н. (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Возможности применения геофизического комплекса «Очаг-1» для прогноза землетрясений», А.Н.Морозов, к. т. н., С.Д.Иванов, к. т. н., А.Д.Завьялов, д. ф.-м. н., И.М.Алёшин, к. ф.-м. н., К.И.Холодков, к. т. н. (ИФЗ РАН, г. Москва) «Модифицированный метод КОЗ: расчет ретроспективных статистических характеристик прогностических признаков», И.Ю.Лободенко, к. г.-м. н., С.Б.Кишкина, к. ф.-м. н., Е.Г.Бугаев, д. т. н. (ФБУ «НТЦ ЯРБ», г. Москва) «Анализ параметров техногенных землетрясений при обосновании безопасности площадок АЭС», С.М.Аммосов, к. ф.-м. н., А.В.Калинина, к. ф.-м. н., Я.В.Савватеев (ИФЗ РАН, г. Москва) «Применение методов регистрации микросейсм для задач сейсмического микрорайонирования», И.М.Басакина, к. т. н., Г.Н.Антоновская, д. т. н. (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск), А.М.Царев (ИКЗ ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень), Е.М.Игнатчик (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск) «Сейсмические свойства грунтов по результатам СМР на площади Ломоносовского ГОКа», О.А.Усольцева, к. ф.-м. н., В.М.Овчинников., д. ф.-м. н. (ИДГ РАН, г. Москва) «Характеристики волн  $P_sP$  и  $R_kiKP$  под Центральной Азией», Б.А.Ассиновская, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Санкт-Петербург) «О сейсмической опасности региона архипелага Новая Земля», Т.Ю.Королева, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Санкт-Петербург) «Распределение скоростей волн Релея на территории Кавказа по данным различных сейсмических сетей». Всего на пленарном заседании заслушано 26 докладов.

В четвёртый день работы школы 14 сентября на пленарном заседании были заслушаны следующие доклады С.Зверева (ФИЦ ЕГС РАН, г. Пермь), И.П.Габсатарова, к. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Обнинск), А.А.Саяпина (СОФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Владикавказ) «Добротность литосферы центральной части Северного Кавказа», М.А.Мкртчян, Б.В.Саакян, Д.К.Карапетян, к. г. н., Э.Г.Геодакян, к. ф.-м. н., С.М.Оганесян, чл.-корр. НАН РА (ИГИС НАН РА, г. Гюмри) «Об активизации сейсмичности Армении, связанной с возникновением сильных землетрясений на Кавказе», В.Саакян, М.А.Мкртчян, Р.К.Карапетян, А.Г.Сехпосян (ИГИС НАН РА, г. Гюмри, Армения) «Выявление областей подготовки сильных землетрясений на территории Северной Армении», Н.В.Костылева, Д.В.Костылев (СФ ФИЦ ЕГС РАН, ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск), Т.А.Фокина (СФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Южно-Сахалинск) «К 50-летию мониторинга сейсмической активности приводохранилищного района Зейской ГЭС», С.В.Курткин, Е.И.Алёшина, Ю.В.Габдрахманова Л.И.Карпенко, к. г.-м. н., В.В.Атрохин (МФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Магадан) «Представительность землетрясений и модернизация оборудования на Северо-Востоке РФ», Р.Н.Вакарчук (ИФЗ РАН, г. Москва) «Типизация земной коры на примере актуальных данных по тепловому потоку, рельефу, гравитационному полю, мощностям земной коры и осадочного чехла», К.Е.Велница (ИГиС АН РМ, г. Кишинёв, Молдова) «Карпатские землетрясения и их последствия для территории Республики Молдова», А.А.Макаров, Б.М.Козьмин, к. г.-м. н. (ИГАБМ СО РАН, г. Якутск) «Сейсмичность Тимптоно-Учурского блока (Южная Якутия)», Ж.К.Калысова, К.Е.Абдрахматов, чл.-корр. НАН КР (ИС НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан) «Распределение роевых последовательностей землетрясений Северного Тянь-Шаня», В.В.Арапов (АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск). «Оценка внутреннего поглощения и рассеяния

сейсмических волн для территории Горного Алтая», З.А.Адилев (ДФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Махачкала) «Индукционная сейсмичность на территории Дагестана и прилегающих районов в результате Турецкого землетрясения 6 февраля 2023 г.», А.В.Верхоланцев («ГИ УрО РАН», г. Пермь) «Результаты комплексного мониторинга сейсмического воздействия промышленных взрывов на эксплуатируемое здание», Н.А.Серёжников, А.А.Еманов, к. г.-м. н., А.Ф.Еманов, д. т. н., В.М.Соловьев, к. г.-м. н., П.О.Полянский, к. г.-м. н. (АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск) «Спектрально-корреляционные особенности волновых полей взрывов с близкими координатами», П.Рябенко (ИГИ НЯЦ РК, г. Алматы, Казахстан) «Методика оцифровки исторических сейсмограмм с помощью программного обеспечения WaveTrack и результаты ее использования в KNDC», Ж.Ш.Бозоров (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Особенности влияния инженерной подготовки оснований лессовых грунтов на сейсмическую интенсивность строительной площадки», Т.Алтынбек у., А.К.Шаршебаев, А.В.Зубович, к. ф.-м. н., П.А.Иманалиева (ЦАИИЗ, г. Бишкек, Кыргызстан) «Апробация программного обеспечения SES для обработки и интерпретации сейсмических данных по сети станций сильных движений ACROSS», А.С.Чемарёв, Е.А.Матвеев, к. ф.-м. н. (КФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Петропавловск-Камчатский). «Единая информационная система сейсмологических данных КФ» ФИЦ ЕГС РАН в 2023 г., Р.Б.Тешаева (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан). «Использование сейсмогрунтовых моделей при задачах СМР», А.И.Маневич (ГЦ РАН, г. Москва). «Моделирование напряженно-деформированного состояния эпицентральных зон сильных коровых землетрясений», Д.К. Комекбаев (ИГИ НЯЦ РК, г. Алматы, Казахстан) «Динамические параметры записей мирных ядерных взрывов, произведенных на территории СССР, по историческим сейсмограммам», Б.Алимов (ИС АН РУз, г. Ташкент, Узбекистан) «Система наращивания потенциала Национального центра данных Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова АН РУз, Ж.З.Мураталиева, Ж.К. Калысова (ИС НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан). «Особенности распределения землетрясений за 2020-2022 гг. в зоне проявления сильных катастрофических землетрясений Северного Тянь-Шаня», А.Г.Аронов, д. ф.-м. н., В.А.Беляева, А.А.Курсевич, А.А.Левченко, Ю.В.Мартиневич, К.В.Терещенко (ЦГМ НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь). «Программный комплекс SeisComp-5 в системе сейсмологического мониторинга Беларуси», К.Омурбек к., К.Е.Абдрахматов, чл.-корр. НАН КР, М.О.Омуралиев, к. г.-м. н., А.М.Омуралиева, к. г.-м. н. (ИС НАН КР, г. Бишкек, Кыргызстан). «Проявления сейсмических «брешей» землетрясений с  $K \geq 8$  в пределах территории месторождения «Кумтор» во время его разработки в 1995-2022 гг.», А.Ю.Моторин, С.В.Баранов, д. ф.-м. н. (ФИЦ ЕГС РАН, г. Апатиты), П.Н.Шебалин, чл.-корр. РАН (ИТПЗ РАН, г. Москва) «Пространственное распределение сейсмических событий, инициированных взрывами, на примере Хибинской ПТС», Я.А.Михайлова (ФГБУН ФИЦКИА УрО РАН, г. Архангельск) «Выделение роевой сейсмичности на хребте Гаккеля методом кластерного анализа», Ю.Епонешникова, П.А.Дергач, А.А.Заплавнова (ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск) «Комплексный анализ данных сейсмологического мониторинга и МТЗ в районе дельты реки Лены», А.С. Куляндина (ЯФ ФИЦ ЕГС РАН, СВФУ, г. Якутск) «Фрактальные особенности пространственно-временного распределения сейсмичности дельты реки Лены и их взаимосвязь с геофизическими полями», Р.А.Ершов, В.М.Семибаламут, к. ф.-м. н., А.Ю.Рыбушкин, А.А.Еманов, к. г.-м. н. (АСФ ФИЦ ЕГС РАН, г. Новосибирск) «Регистраторы Байкал-8L и 8.2 и их испытания с различными типами датчиков», Н.В.Костылева, Д.В.Костылев (СФ ФИЦ ЕГС РАН, ИМГиГ ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск) «О характере протекания сейсмического процесса в районе активной угледобычи на о. Сахалин по данным детальных наблюдений», А.А.Лебедев, И.А.Зуева (ИГ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск) «Сеть сейсмического мониторинга Карелии», И.А.Зуева, А.А.Лебедев (ИГ КарНЦ РАН, г. Петрозаводск) «Землетрясения Карелии». Всего на пленарном заседании было заслушано 32 доклада. 15 сентября 2023 г. – день проведения экскурсии. 16 сентября 2023 г. – день отъезда

**Решение школы.** По заслушанным докладам на пленарных заседаниях состоялись обсуждения, дискуссии по основным проблемным вопросам тематики конференции.

После заслушивания и обсуждения докладов и дискуссий участниками конференции принято следующее решение:

- Основным результатом школы молодых сейсмологов являлось определение путей дальнейшего развития фундаментальных и прикладных научных исследований по актуальным проблемам обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий.

- Поздравляя Академию наук Республики Узбекистан с 80-летием, отмечено, что в Узбекистане достигнуты значительные успехи в области обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий – по оценке сейсмической опасности, общего, детального и микросейморайонирования территорий, по разноуровневой оценке и районированию сейсмического риска, разработке научных основ методов прогнозирования сильных землетрясений.

- Дальнейшее содействие объединению усилий молодых ученых и специалистов по обмену новейшими научно-техническими разработками по оценке сейсмической опасности и риска, сейсмическому усилению зданий и сооружений и обеспечению сейсмической безопасности населения и территории как в регионе Центральной Азии, так и с национальными и международными центрами с целью уменьшения риска от вероятных местных и трансграничных землетрясений.

- Расширение сотрудничества международных организаций в реализации проектов, направленных на обеспечение сейсмической безопасности населения, оценка и снижение сейсмического риска для стран Центральной Азии.

- Конференция отмечает особую необходимость расширения исследований новейших активных разломов и изучения тектонических разрывных нарушений и структур земной коры с проведением полевых исследований структурно-геологическими и тектонофизическими методами на территории Узбекистана.

- С целью создания системы раннего оповещения землетрясений в Центрально-Азиатском регионе признать целесообразным оперативное развертывание систем сейсмического мониторинга сильных землетрясений в трансграничных регионах.

- В целях обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий необходимо расширить взаимодействие и сотрудничество среди межотраслевых специалистов – инженеров-геологов, геофизиков, сейсмологов, механиков, проектировщиков и строителей.

Реализация вышеперечисленных мер позволит решать актуальные вопросы по сейсмическому районированию, прогнозированию землетрясений, разработке превентивных мер и максимально снизить размер ущерба и потерь в случае возникновения сильных землетрясений.

Признать состоявшуюся «Школу молодых сейсмологов» успешной, что должно послужить повышению сейсмической безопасности во многих странах мира, предложить в дальнейшем проводить подобные конференции с периодичностью один раз в 2 года.

Опубликовать краткую информацию о школе на сайте Института сейсмологии Академии наук Республики Узбекистан, в журналах «Российский сейсмологический журнал», «Проблемы сейсмологии» АН РУз и в Интернет-ресурсах СМИ стран Центральной Азии, отправить резолюцию участникам школы, заинтересованным научно-исследовательским институтам и центрам, международным организациям.

Участники школы выразили благодарность организаторам за инициативу в организации и проведении данной конференции.

**Ответственный секретарь  
«Школы молодых сейсмологов государств-участников СНГ»**

**В.Р. Юсупов**

<b>M u n d a r i j a</b>	sah.
<b>Ibragimova T.L.</b> Seysmik xavfni baholashda moment va mahalliy magnitudalar o'rtasidagi bog'liqlik tenglamasini tanlash to'g'risida	<b>5</b>
<b>Mirzaev M.A.</b> O'zbekiston va Markaziy Osiyo zilzilalar katalogining zamonaviy xolati	<b>11</b>
<b>Muminov M.Yu., Jabbarov U.Ch., Mirzoidov M.Z.</b> Farg'ona vodiysi janubidagi zilzilani prognoz qilish yilnomasi	<b>19</b>
<b>Rasulov A.V., Hasanova G.I., Umurzakov R.K., Qayumov B.R.</b> Sho'rchi kompleks prognostik stantsiyasi yerosti suvlarida 2022 yil 12 maydagi Boysun zilzilasi bilan bog'liq bo'lgan gidrogeoseysmologik parametrlarning anomal o'zgarishlari haqida	<b>25</b>
<b>Nurmatov U.A., Yusupdjanova U.A.</b> Janubiy-Farg'ona seismogen zonasi kuchlanganlik xolatini qisqa muddatli o'zgaruvchanligi to'g'risida	<b>29</b>
<b>Yodgorov Sh.I., Bozorov J.Sh., Yadigarov E.M., Xusomiddinov A.S., Aktamov B.U., Avazov Sh.B.</b> Qurilish maydonlarida tarqalgan cho'kuvchan gruntli asoslarning muhandis-geologik va seysmik xossalari Deep soil mixing usuli bilan yaxshilash va seysmik jadallik orttirmasi o'zgarishini baholash	<b>38</b>
<b>Ibragimov A.Kh., Mamarazikov T.</b> Nakamura usuli (HVSР) yordamida Vs30 ni aniqlash	<b>46</b>
<b>Xamidov L.A., G'aniyeva B.R., Anvarova S.G., Baxriddinova D.X.</b> O'zbekistondagi past bosimli suv omborlari ta'sir zonalarida zilzilalar taqsimotini klasterlash	<b>51</b>
<b>Xodjaev S.A., To'laganov B.A.</b> Zilzilalarga chidamli qurilish normativ-uslubiy asoslariva zilzilalardan ehtimoliy zararni kamaytirish	<b>60</b>
<b>Tuychiyev A.I.</b> "Aholi va hududlarning seysmik xavfsizligini ta'minlashning dolzarb muammolari" xalqaro ilmiy konferensiyasi to'g'risidagi qisqacha ma'lumot 3-4-oktabr 2023-yil, Toshkent shahri	<b>68</b>
<b>Yusupov V.R.</b> "Yosh seysmologlar maktabi" haqida qisqacha ma'lumot 2023-yil 11-16-sentabr, Toshkent shahri.	<b>72</b>

<b>С о д е р ж а н и е</b>	стр.
<b>Ибрагимова Т.Л.</b> О выборе уравнения связи между моментной и локальной магнитудами при оценке сейсмической опасности	<b>5</b>
<b>Мирзаев М.А.</b> Современное состояние каталога землетрясений в Узбекистане и Центральной Азии	<b>11</b>
<b>Муминов М.Ю., Жаббаров У.Ч., Мирзоидов М.З.</b> Хроника пробного прогнозирования землетрясения на юге Ферганской долины	<b>19</b>
<b>Расулов А.В., Хасанова Г.И. Умурзаков Р.К.</b> Об аномальных изменениях гидрогеосейсмологических параметров, связанных с Байсунским землетрясением 12 мая 2022 года в подземных водах комплексной прогнозной станции «Шурчи»	<b>25</b>
<b>Нурматов У.А., Юсупджанова У.А.</b> О кратковременной изменчивости напряженного состояния Южно-Ферганской сейсмогенной зоны	<b>29</b>
<b>Ёдгоров Ш.И., Бозоров Ж.Ш., Ядигаров Э.М., Хусомиддинов А.С., Актамов Б.У., Авазов Ш.Б.</b> Улучшение инженерно-геологических и сейсмических свойств осаждаемых грунтовых оснований, разбросанных по строительным площадкам, с помощью метода Deep soil mixing и оценки изменений прироста сейсмической интенсивности	<b>38</b>
<b>А.Х.Ибрагимов, Т.Мамарозиков</b> Определение Vs30 методом Накамуры (HVSR )	<b>46</b>
<b>Хамидов Л.А., Ганиева Б.Р., Анварова С.Г., Бахриддинова Д.Х.</b> Кластеризация распределения землетрясений в зонах влияния низконапорных водохранилищ Узбекистана	<b>51</b>
<b>Ходжаев С.А., Тулаганов Б.А.</b> Нормативно-методологическая база сейсмостойкого строительства и снижение вероятного ущерба от землетрясений	<b>60</b>
<b>Туйчиев А.И.</b> Краткая информация о Международной научной конференции «Актуальные проблемы обеспечения сейсмической безопасности населения и территорий» 3-4 октября 2023 г., г. Ташкент	<b>68</b>
<b>Юсупов В.Р.</b> Краткая информация о «Школа молодых сейсмологов» 11-16 сентября 2023 г., г. Ташкент	<b>72</b>

<b>C o n t e n t</b>	page
<b>Ibragimova T.L.</b> On the choice of connection's equation between moment and local magnitudes at estimation of seismic hazard	<b>5</b>
<b>Mirzaev M.A.</b> Modern condition of the earthquake catalog in Uzbekistan and Central Asia	<b>11</b>
<b>Muminov M.Yu., Zhabbarov U.Ch., Mirzoidov M.Z.</b> Chronicle of trial earthquake prediction in the south of Fergana	<b>19</b>
<b>Rasulov A.V., Khasanova G. I., Umurzakov R.K.</b> About anomal changes in hydrogeoseismological parameters associated with the boysan earthquake on may 12, 2022 in the groundwater of the "Shurchi" comprehensive forecasting station	<b>25</b>
<b>Nurmatov U.A., Yusupdzhanova U.A.</b> On the short-term variability of the stress state of the Southern Fergana seismogenic zone	<b>29</b>
<b>Yodgorov Sh.I., Bozorov J.Sh., Yadigarov E.M., Khusomiddinov A.S., Aktamov B.U., Avazov Sh. B.</b> Development and development of geotechnical and seismic properties of soil bases common at construction sites assessment of change in eismik activity	<b>38</b>
<b>Ibragimov A.Kh., Mamarazikov T.</b> Determination of Vs30 by Nakamura method (HVSR)	<b>46</b>
<b>Khamidov L.A., Ganieva B.R., Anvarova S.G., Bakhriddinova D.Kh.</b> Clustering the distribution of earthquakes in the zones of influence of low-pressure reservoirs in Uzbekistan	<b>51</b>
<b>Khodzhaev S.A., Tulaganov B.A.</b> Regulatory and methodological basis for earthquake-resistant construction and reduction of probable damage from earthquakes	<b>60</b>
<b>Tuichiev A.I.</b> Brief information about the International Scientific Conference "Actual problems of ensuring seismic safety of the population and territories" October 3-4, 2023, Tashkent	<b>68</b>
<b>Yusupov V.R.</b> Brief information about the "School of Young Seismologists" September 11-16, 2023, Tashkent	<b>72</b>



**Коллектив авторов**

**SEISMOLOGIYA MUAMMOLARI**

**ПРОБЛЕМЫ СЕЙСМОЛОГИИ**

**SEISMOLOGY PROBLEMS**

**2023, № 2, том 5**

*Утверждено к печати Ученым советом  
Института сейсмологии им. Г.А.Мавлянова*

Редактор *Т.Г.Кочергина* (рус.)

Компьютерная верстка *В.Р.Юсупов*

---

Формат 80×64<sub>1/8</sub>. Усл. печ. л. 10,25. Уч.-изд. л. 13. Тираж 100 экз.  
Отпечатано в Бизнес Полиграф.  
Ташкент, Чиланзар, ул. Козиробот, 65.

Обуна индекси (подписной индекс) 1351.