

3 (1) 2023

ISSN 2541-9641



# ГЕОЛОГИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА



ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Геология и  
о окружающая  
среда

Том 3  
№ 1  
2023

Geology and  
Environment

Преемник Вестника кафедры географии Восточно-Сибирской государственной академии образования  
Год основания 2010 г.

Научный электронный журнал

Выходит четыре раза в год

**Главный редактор:** Примина С.П., канд. геол.-минерал. наук, профессор,  
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

**Заместители главного редактора:** Рассказов С.В., доктор геол.-минерал. наук, профессор  
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия; Сасим С.А., канд. геол.-минерал.  
наук, Иркутский государственный университет, доцент, Иркутск, Россия

**Ответственный секретарь:** Коваленко С.Н., канд. геол.-минерал. наук, Иркутский  
государственный университет, Иркутск, Россия

**Редакционная коллегия:** Акулова В.В., – кандидат геол.-минерал. наук, Институт земной коры СО  
РАН, Иркутск, Россия; Баженова О.И. – доктор геогр. наук, профессор, Институт географии СО РАН,  
Иркутск, Россия; Бат Б. – доктор философии, профессор, Национальный университет Монголии,  
Улан-Батор, Монголия; Борняков С.А. – канд. геол.-минерал. наук, Институт земной коры СО РАН,  
Иркутск, Россия; Бычинский В.А. – кандидат геол.-минерал. наук, доцент, Иркутский  
государственный университет, Иркутск, Россия; Горячев Н.А. – член-корр. РАН, доктор геол.-  
минерал. наук, профессор, Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт  
ДВО РАН, Магадан, Россия; Давыденко А.Ю. – доктор физ.-мат. наук, профессор, Иркутский  
государственный университет, Иркутск, Россия; Дэмбэрэл С. – кандидат физ.-мат. наук, Институт  
астрономии и геофизики, Улан-Батор, Монголия; Исаев В.П. – доктор геол.-минерал. наук,  
профессор, Иркутский государственный университет, Иркутск; Кононов Е.Е. – кандидат геол.-  
минерал. наук, доцент, Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Иркутск, Россия; Корольков А.Т. – доктор геол.-минерал. наук, профессор, Иркутский  
государственный университет, Иркутск, Россия; Никишин А.М. – доктор геол.-минерал. наук,  
профессор, геологический факультет МГУ, Москва, Россия; Роговская Н.В. – кандидат геогр. наук,  
доцент, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия; Саньков В.А. – кандидат  
геол.-минерал. наук, доцент, Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия; Сие  
Чжэньхуа – доктор наук, профессор, Институт вулканов и минеральных источников Академии наук  
провинции Хэйлуцзян, Удаляньчи, Китай; Чувашова И.С. – кандидат геол.-минерал. наук, Иркутский  
государственный университет, Иркутск, Россия.

**Адрес редакции:**

664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 3.

Тел.: (3952)243278.

Email: [kaf-dinamgeol@mail.ru](mailto:kaf-dinamgeol@mail.ru)

Сайт: <http://geoenvir.ru>

Сетевое издание «Геология и окружающая среда»

Учредитель: ФГБОУВО «Иркутский государственный университет»

Гл. редактор: С.П. Примина

Регистрирующий орган: Федеральная служба по надзору в сфере  
связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Номер свидетельства о регистрации: ЭЛ № ФС 77-82002, от 24.09.2021 г.

ISSN: 2541-9641

12+

В журнале Геология и окружающая среда публикуются материалы научно-образовательного направления, отражающие теоретические, методические и практические результаты научной деятельности молодых ученых, преподавателей, аспирантов, магистров и бакалавров. Кроме научных статей, в журнале помещаются рецензии и отзывы на монографии, учебники, материалы конференций, тематические обзоры и дается информация о событиях научной и учебной жизни по профилю издания

# С О Д Е Р Ж А Н И Е

© ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет»  
© Геология и окружающая среда, 2022, Т. 2, № 1

C O N T E N T S

© Irkutsk State University

© Geology and Environment, 2022, Vol. 2, No. 1

## От редколлегии журнала

В современные университетские образовательные стандарты в качестве важнейшей составляющей учебного процесса включены научные исследования с участием студентов. Чтобы квалификационные бакалаврские и магистерские исследования содержали новые факты и гипотезы, проводится научно-исследовательская практика, организуются молодежные конференции. Работы, выполненные со студенческим азартом, часто представляют интерес для всей геологической науки, но, к сожалению, так и остаются в забвении. Бумажная версия квалификационной бакалаврской и магистерской работы хранится на выпускающей кафедре 5 лет после окончания вуза студентом. Рационально все же закреплять основные достижения и выводы до выхода на защиту квалификационной работы в публикациях, уровень которых должен служить критерием для оценки квалификационной работы рецензентом и аттестационной комиссией.

Публикации студенческих и аспирантских работ в материалах специальных молодежных конференций и школ в России имеют приниженный статус и фактически не решают проблемы подготовки квалификационных работ. Прорваться с самостоятельной публикацией в журнал студенту не реально. Необходимо инициировать и поддерживать взаимодействие между преподавателями и студентами для выявления среди них способных к науке, для развития и закрепления понятий и подходов в организации и проведении научных исследований. Не секрет, что наука в России постарела. На научных конференциях часто присутствуют только пожилые научные работники и преподаватели. Система образования, развитая в западных университетах, позволяет организовывать форумы, в которых участвуют преимущественно аспиранты и студенты бакалаврской, магистерской подготовки. Генеральная ассамблея Европейского союза геологических наук (EGU) ежегодно собирает в Вене около 10-11 тыс. докладов, большинство из которых произносится молодыми людьми, начинающими свой путь в науке.

Издание журнала Геология и окружающая среда – эффективная форма создания условия для повышения качества подготовки специалистов высшей школы. Основное требование для опубликования научной статьи в журнале – авторство или соавторство студента, аспиранта или молодого научного сотрудника. В журнале публикуются материалы научно-образовательного направления, отражающие теоретические, практические результаты и методические разработки молодых геологов и географов – научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, студентов магистерской и бакалаврской подготовки. Наряду с исследовательскими статьями, вводится раздел «События».

Исследования геологии и окружающей среды рассматриваются в настоящее время как приоритетные. В университетах разных стран созданы факультеты, имеющие конкретную тематическую направленность на изучение геологии окружающей среды. Издаются международные журналы *Environmental Earth Sciences* (Университет Питтсбурга, штат Пенсильвания, США) и *Geology, Geophysics and Environment* (AGH Научно-технический университет им. Станислава Сташица, Краков, Польша). Журнал Геология и окружающая среда (*Geology and Environment*) ориентирован, прежде всего, на освещение вопросов, касающихся этой тематики в Байкало-Монгольском регионе и в сопредельных районах Азии.

Геологический факультет Иркутского госуниверситета как базовый для издания журнала Геология и окружающая среда многие годы проводит учебные, производные и научно-исследовательские практики в южной части Сибирской платформы и в сопредельном Хамардабанском террейне, который был аккретирован к краю платформы в раннем палеозое. Студентам демонстрируются разновозрастные комплексы осадочных, магматических и метаморфических пород от раннеархейского до позднекайнозойского возраста, породы Слюдянского метаморфического субтеррейна, содержащего множе-

ство уникальных минералов, карьеры и шахты месторождений угля и соли, молодые вулканы и минеральные источники. Непосредственно на обнажениях освещаются вопросы новейшей геодинамики и тектоники Байкальской рифтовой системы, в которой ярко проявился процесс континентального рифтогенеза, частично в сочетании с орогенезом. Демонстрируются сейсмодислокации, оставшиеся после сильных землетрясений. Проводится серия маршрутов по выходам венд-кембрийских пород, служащих в качестве вмещающей среды для газоконденсатных месторождений Сибирской платформы. Организуются наблюдения выходов нефти и газа из позднекайнозойского осадочного заполнения Южно-Байкальской рифтовой впадины. Многогранный природный учебный полигон Прибайкалья создает все необходимые условия для наглядного преподавания геологических дисциплин в сочетании с развитием студенческих и аспирантских исследований геологии и окружающей среды.

В рамках решения задач опубликования материалов квалификационных исследований, связанных с изданием журнала Геология и окружающая среда, редколлегия приглашает к сотрудничеству профессоров и преподавателей из университетов Байкало-Монгольского региона и из других российских и зарубежных организаций. В качестве одного из учредителей журнала выступает Китайско-Российский исследовательский центр Удаляньчи–Байкал по новейшему вулканизму и окружающей среде (сайт: <http://www.crust.irk.ru/crc/>). Издание осуществляется на русском языке.

#### ТЕМАТИКА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СТАТЕЙ

- Региональная геология
- Полезные ископаемые
- Минералогия, петрология
- Геология нефти и газа
- Литология
- Вулканизм, новейшая геодинамика
- Неотектоника, геоморфология
- Гидрогеология, инженерная геология
- Экологическая геофизика
- Геоэкология
- Физическая и экономическая география
- Мониторинг окружающей среды
- Безопасность жизнедеятельности
- Ученые-первопроходцы
- Педагогическая практика
- Исторические обзоры
- Обзоры
- Экспедиции

---

---

---

# М

---

---

---

УДК 699.841 + 624.042.7

<https://doi.org/10.26516/2541-9641.2023.1.7>

## Оперативная оценка последствий разрушительного землетрясения в Турции (по официальным опубликованным данным СМИ и глобальной сети)

Р.Т. Акбиев<sup>1,2</sup>, М.С. Абаканов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Евразийская Сейсмо Ассоциация, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», г. Москва, Россия

**Аннотация.** В данной статье, на основе анализа сеймотектонической и сейсмологической ситуации, проводится оценка последствий землетрясения в Турции. Рассмотрены геотектонические процессы в регионе, крупнейшие землетрясения в новейшей истории Турции. Выполнен сравнительный анализ норм по сейсмостойкому строительству Турции, России и стран СНГ.

**Ключевые слова:** землетрясение, сейсмическая активность, градостроительное регулирование, сейсмостойкое строительство, разрушения, безопасность, сейсмические воздействия, защита зданий и сооружений.

## Operational assessment of the consequences of the devastating earthquake in Turkey

(according to the official published data of the media and the global network)

R.T. Akbiev<sup>1,2</sup>, M.S. Abakanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Eurasian SEISMO Association, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Central Institute for Research and Design of the Ministry of Construction and, Russia

**Abstract.** In this article, based on the analysis of the seismotectonic and seismological situation, an assessment of the consequences of the earthquake in Turkey is carried out. Geotectonic processes in the region, the largest earthquakes in the recent history of Turkey are considered. A comparative analysis of the standards for earthquake-resistant construction in Turkey, Russia and the CIS countries was carried out.

**Keywords:** earthquake, seismic activity, urban planning regulation, earthquake-resistant construction, destruction, safety, seismic impacts, protection of buildings and structures.

### Описание проблемы

Настоящая статья подготовлена по результатам оперативной экспертной оценки причин и последствий катастрофического землетрясения, которое произошло 6 февраля 2023 года на юге Турции, в результате чего погибли 49 000 и пострадали 87 000 человек, с целью извлечения уроков (Письмо ЕАСА в Минстрой России № 24/23 от 17.02.2023 г).

Сейсмическое событие, которое коснулось двух стран региона – Турции и Сирии, стало катастрофой международного масштаба, признано самым мощным после землетрясения 1939 года в Эрзинджане, объявлено сильнейшим из когда-либо зарегистрированных в Ближневосточном регионе (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023; ISC (2022)... 2023). По смертоносности среди произошедших землетрясений на

территории Анатолии оно уступает лишь землетрясению в Киликии (1268), а с учётом последствий на региональном уровне — землетрясению в Алеппо (1822).

Последствия масштабной катастрофы очевидны при просмотре фотографий с мест событий, сравнении разрушений городской застройки, оценки её состояния до и

после землетрясения, эпизоды которых приведены на рис. 1, 2, в многочисленных публикациях глобальной сети (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023; и др.).



**Рис. 1.** Турция, г. Адияман (до и после землетрясения).

**Fig. 1.** Turkey, Adiyaman (before and after the earthquake).





**Рис. 2.** Турция, г. Нурдагы (до и после землетрясения).

**Fig. 2.** Turkey, Nurdagi (before and after the earthquake).

По разным оценкам экономике Турции нанесён ущерб в сумме до 84 миллиардов долларов, а общие потери этой страны достигли 2 % от ВВП (Свободная энцикло-

педия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023).

**Сейсмотектоническая и сейсмологическая ситуация в Турции**

На рис. 3, 4 отражены механизмы формирования сейсмической активности в регионе, которые формирует тектонические движения 4 из 8 основных плит (платформ) – Аравийская, Африканская, Евразийская и Индо-станская; при этом территория Турции рас-

положена в основном в пределах размещившейся между основными платформами Анатолийской плиты. Такая ситуация определяет данный регион как зону постоянного возникновения землетрясений, крупнейшие из происшедших в котором приведены на карте (рис. 5).



**Рис. 3.** Геотектонические процессы в регионе.

**Fig. 3.** Geotectonic processes in the region.



**Рис. 4.** Карта тектонических разломов.

**Fig. 4.** Map of tectonic faults.

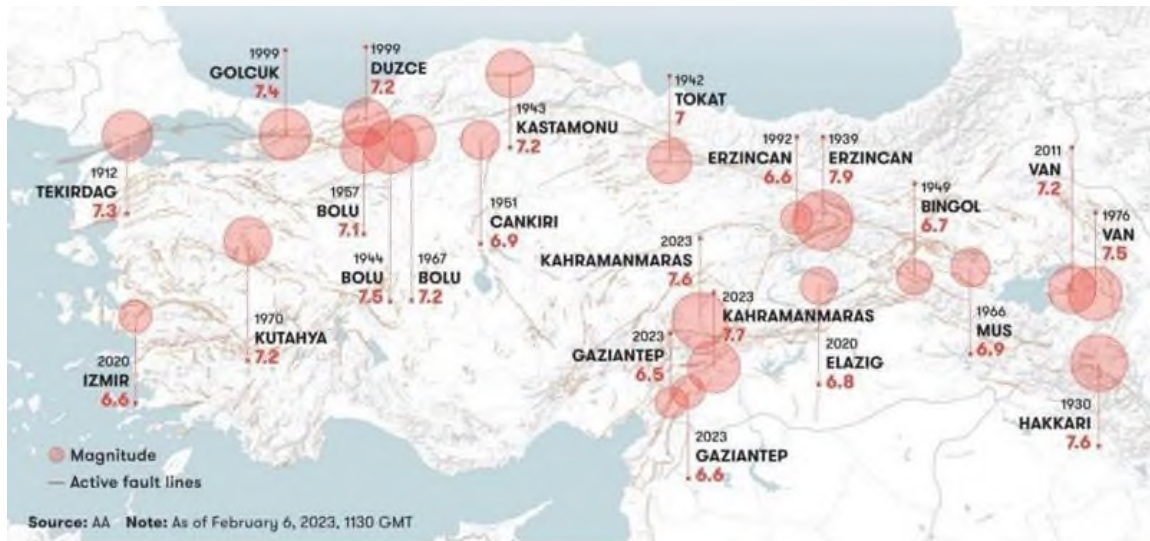


Рис. 5. Крупнейшие землетрясения в новейшей истории Турции.

Fig. 5. The largest earthquakes in the modern history of Turkey.

Сравнение данных по рис. 4, 5 показывает, что ранее происхождение землетрясений на территории Турции было связано, в первую очередь с активностью главного и наиболее активного Северо-Анатолийского разлома, на продолжении которого видны три почти параллельных ответвления на крайнем западе, начинающихся в районе города Эрзинджана. Вблизи этого города и далее разлом пересекается с Восточно-Анатолийским разломом, активность которого последнее столетие не проявлялась. Очевидно, что область пересечения именно этих двух разломов должна была привлекать внимание учёных как потенциально наиболее опасная в сейсмическом отношении.

С давних времён на территории Турции и Сирии были неоднократно отмечены землетрясения с магнитудой не менее 7.0: в 1912 году произошло землетрясение в районе Дарданелл; в 1939 году произошло самое крупное в регионе за всё историческое время землетрясение с магнитудой до 8.0, эпицентр которого находился вблизи города Эрзинджана. Далее, серия катастрофических землетрясений в 1939–1944 годах вызвала в сумме правый сдвиг на 3.0–4.4 м и подъём южного крыла до 1 м. В 1966 году сильное землетрясение близ села Варто также вызвало правый сдвиг в плитах. В 1999 году произошло Измитское землетрясение магниту-

дой 7.4–7.6 в западной оконечности разлома с эпицентром вблизи города Голчук, которое обрушилось на одну из самых густонаселённых и промышленно развитых городских территорий Турции, похоронив под обломками разрушенных строений 17 000 человек (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023).

Механизмы возникновения и прогнозов землетрясений в связи с активизацией Северо-Анатолийского разлома подробно описаны в работе (ISC (2022)... 2023). После землетрясения 6 февраля 2023 года выяснилось, что изучению Восточно-Анатолийского разлома учёные начали уделять повышенное внимание лишь недавно.

### **Характеристики землетрясения в Турции**

Землетрясение 6 февраля 2023 года является результатом многолетнего давления Аравийской плиты на Анатолийскую, в результате чего напряжение в зоне их сопряжений постоянно возрастало и, поскольку мощных выбросов в этом регионе ранее не было, произошёл огромный выплеск накопленной энергии.



Рис. 6. Зона проявления толчков 06.02.2023 г.

Fig. 6. The zone of manifestation of tremors 06.02.2023.



Рис. 7. Очаги произошедших землетрясений и их последствия.

Fig. 7. Centers of earthquakes and their consequences.

Сведения о местах основных очагов, сильных афтершоков, их проявлениях произошедшего землетрясения показаны на рис.

б–8, а характеристики сейсмических событий 06.02.2023 г. приведены в таблице.



Рис. 8. Фиксация серии толчков 06.02.2023 г.

Fig. 8. Fixation of a series of tremors 06.02.2023.

Т а б л и ц а

**Основные толчки и сильнейшие афтершоки**

Дата	Время UTC	Магнитуда	Глубина	Координаты эпицентра	Место
6.02.2023	01:17:35	7.8	17.9 км	37.174° с. ш. 37.032° в. д.	33 км западнее г. Газиантепа
6.02.2023	01:28:15	6.7	14.5 км	37.127° с. ш. 36.943° в. д.	—
6.02.2023	10:24:49	7.5	10.0 км	38.024° с. ш. 37.203° в. д.	4 км восточнее г. Экинезю
6.02.2023	10:26:48	6.0	20.1 км	38.030° с. ш. 37.964° в. д.	—
6.02.2023	12:02:11	6.0	10.0 км	38.061° с. ш. 36.537° в. д.	—
6.02.2023	17:04:29	6.3	16.0 км	36.109° с. ш. 36.017° в. д.	в 9 км от г. Ан-такьи

Первое землетрясение произошло ранним утром в 04:17 по-местному времени в районе Шахиткамил в Газиантепе на глубине 17.9 километров, его магнитуда по разным данным составила 7.7–7.8; сильные толчки ощущались в 10 турецких провинциях. В течение шести часов после первого землетря-

сения в Газиантепе произошло 24 повторных толчка, магнитуда сильнейшего из которых составила 6.7.

В тот же день произошло ещё одно мощное землетрясение магнитудой 7.5–7.6 с эпицентром в районе Эльбистан провинции Кахраманмараш. Через десять дней после

землетрясения всего было зафиксировано 4734 подземных толчка; существует мнение, что повторные толчки будут продолжаться как минимум ещё год (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023).

В момент высвобождения энергии при землетрясении плиты вдоль Восточно-

Анатолийского разлома протяжённостью 150 км разошлись, сместившись в течение нескольких секунд на расстояние до 3 и более метров; при этом смещение плит друг относительно друга произошло в горизонтальной и в вертикальной плоскости; на месте разлома образовалось ущелье глубиной до 30 метров и шириной до 200 метров (рис. 9).



**Рис. 9.** Фотофиксация разлома после землетрясения 06.02.2023 г.

**Fig. 9.** Фотофиксация разлома после землетрясения 06.02.2023 г.

В результате землетрясения Турция фактически сдвинулась относительно Сирии на юго-запад, а часть территории этой страны одновременно опустилась на 5 – 6 м, в результате чего выросла вероятность её затопления. Особенно настораживает факт, что движение тектонических плит вдоль линии

разлома фиксировалось после землетрясения.

На рис. 10 приведены характерные записи землетрясения, полученные в разных точках.

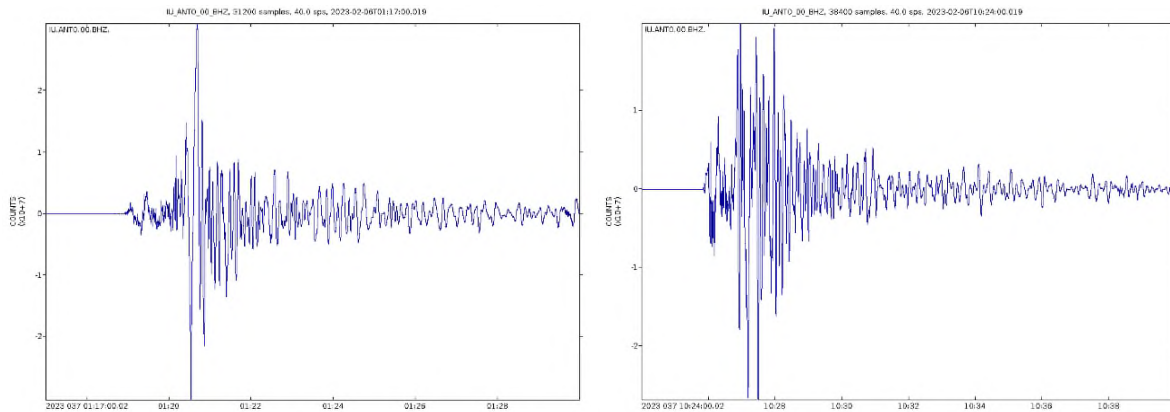


Рис. 10. Сейсмограммы: Газиантеп (справа) и Кахраманмараш (слева).

Fig. 10. Сейсмограммы: Газиантеп (справа) и Кахраманмараш (слева).

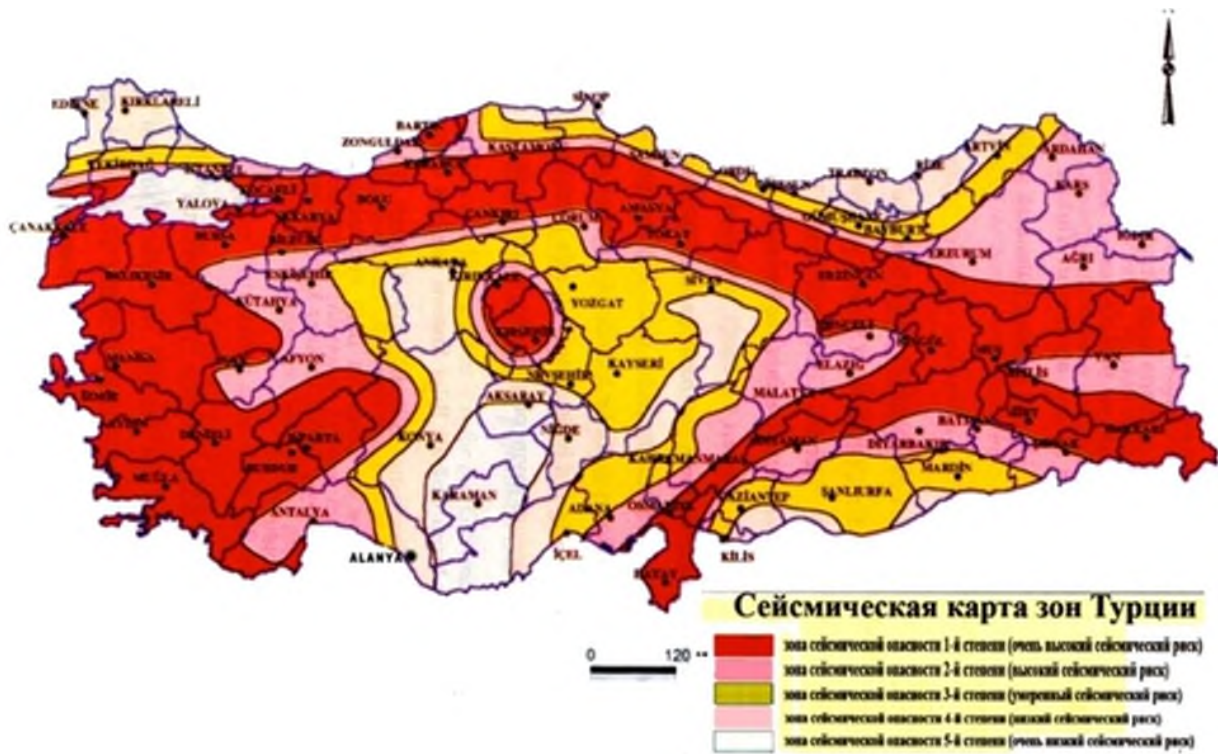


Рис. 11. Карта сейсмического зонирования Турции (Кодекс Турции, 2020).

Fig. 11. Карта сейсмического зонирования Турции (Кодекс Турции, 2020).

Сравнивая сложившуюся после землетрясения 6.02.2023 г. ситуацию с прогнозами вероятного проявления землетрясений определённой интенсивности по картам сейсмического зонирования территории Турции (рис. 11) можно сделать вывод о том, что опасность и риск территорий, где проявились максимальные разрушения оказалась несколько ниже ожидаемой.

Проявление последствий турецкого землетрясения в виде образовавшихся значительных разломов, выходящих на поверхность земли (рис. 9) и массовых разрушений зданий, повлёкших за собой многочисленные жертвы, материальный ущерб (рис. 1, 2) предполагает классифицировать произошедшее событие как катастрофическое.

Согласно описательной части шкалы MSK-64, с учётом рекомендаций (Шкала сейсмической... 1964; Методические рекомендации... 1981) некоторыми учёными в эпицентре интенсивность прошедшего землетрясения была оценена на уровне 10 и более баллов.

По нашему мнению, произошедшее землетрясение близкое по масштабу и характеру разрушений напоминают Спитакское землетрясение (1988), сила которого в эпицентре составляла 10 баллов, а в расположенных на расстоянии от 20 до 40 км от него – от 8 до 9 баллов.

### **Градостроительная регулирование в Турции**

В Турции впервые обязательные нормативные требования по устройству сейсмостойких зданий (строительный Кодекс) были введены с 1940 года, положения которого до Измитского землетрясения (1999) ориентировались на итальянские правила с графическими приложениями. Экспертами указанные нормы оценивались, как весьма «либеральные», в сравнении с СНиП II-7-81\*, действовавшими на тот момент в нашей стране. За весь период этот документ пересматривался более 10 раз, причём в последний раз в 2020 году (Кодекс Турции, 2020).

Известно, что после 50-х годов прошлого столетия в Турции начался период так называемой «неконтролируемой урбанизации», которая привела в городах и населённых пунктах к росту плотности застройки, этажности строений, перепланировкам без разрешений, в том числе во вновь возводимых зданиях.

С середины 90-х годов во всем мире начали меняться подходы к обеспечению

сейсмической безопасности территорий и застройки городов, в том числе в связи с началом реализации Международного проекта ООН-ХАБИТАТ по снижению сейсмической угрозы (Айзенберг и др., 2005).

В этой связи в Турции была принята Национальная стратегия с планом действий для смягчения последствий землетрясений (2012–2023) (Национальная стратегия... 2023).

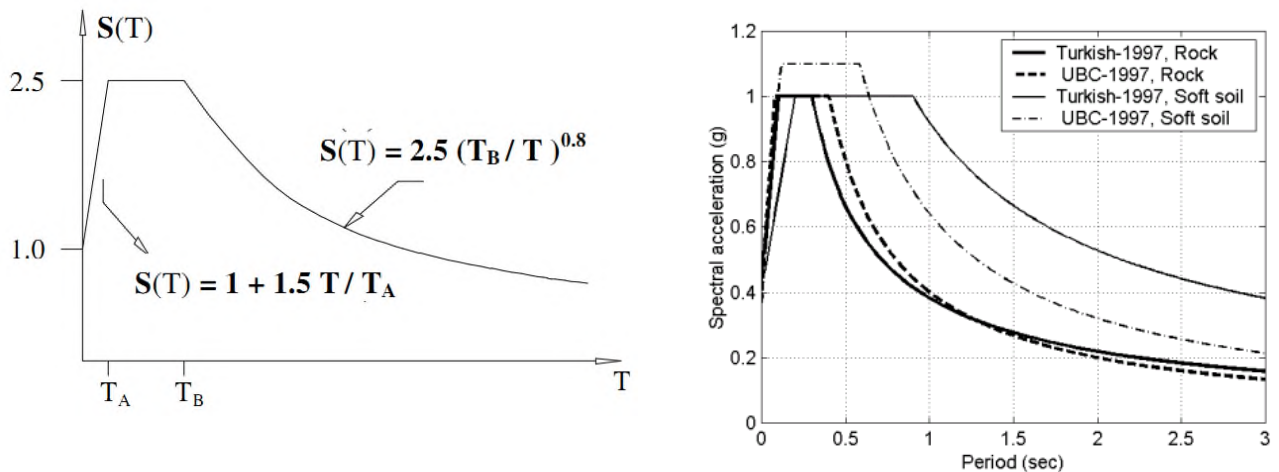
### **Нормы по сейсмостойкому строительству Турции**

Для выявления причин возникновения массовых разрушений, зафиксированных после землетрясения 06.02.2023 г. представим некоторый анализ турецких норм (Кодекса) по сейсмостойкому строительству.

Согласно действующей редакции строительного Кодекса территория Турции в зависимости от уровня сейсмической опасности и риска делится на 5 зон, при этом регион, в котором произошло землетрясение расположен в зонах от 1 до 3 уровня опасности с рисками от умеренного до очень высокого [Кодекс Турции, 2020].

За основу для расчётов в Кодексе, также как в нормах России и стран СНГ, основанных на базовых положениях СНиП II-7-81\*, принят линейно-спектральный метод. При этом, характер огибающей расчётного (упругого) спектра реакций  $\Leftrightarrow$  коэффициент динамического усиления (рис. 12, слева) не отличается принципиально от установленного в российских нормах (СП 14.13.330 (Свод правил... 2018) и казахстанских нормах (СП РК 2.03-30-2017 (Свод правил... 2017)).





**Рис. 12.** Линейно-спектральный метод расчета сооружений (Турция).

**Fig. 12.** Линейно-спектральный метод расчета сооружений (Турция).

В редакциях Кодекса после 2000 г. обновление коснулось правил учёта различий грунтов оснований зданий и сооружений, зависимости по которым продемонстрированы на рис. 12 (справа). Были ужесточены требования к составу инженерно-геологических изысканий, результатом которых является установление и устранение потенциальной возможности деградации грунтов и просадок фундаментов в момент возникновения и после землетрясений; установлены повышенные требования по глубине заложения фундаментов и используемым для их устройства материалам.

Ниже приведены положения Кодекса, которые специалисты именуют «несовершенством» или «недостатком», так как на практике при определённых условиях они приводят к негативным последствиям.

В Кодексе, также как в странах СНГ предусмотрена возможность учёта нелинейной работы конструкций, которая обеспечивается введением понижающих коэффициентов к расчётной нагрузке, полученной по результатам расчёта линейной модели. При этом предполагается возможность снижения нагрузок за счёт развития пластических деформаций для отдельных конструкций в 3-4 раза (как принято в СП 14.13330 (Свод правил... 2018) и СП РК 2.03-30 (Свод правил... 2017)). Для конструкций из железобетона и металла допускается возможность гораздо

больших повреждений за счёт нелинейных деформаций (расчётная нагрузка может быть снижена от 5 до 8 раз).

Другой отличительной особенностью Кодекса от наших норм является необязательность соблюдения застройщиками основополагающих правил, обязательных для применения в нормах России и стран СНГ:

- принимать регулярные конструктивные системы в плане и по высоте;
- обеспечивать пространственный характер работы сооружения, равномерное распределение нагрузок на перекрытия, масс и жёсткостей конструкций в плане и по высоте;
- обеспечивать устойчивость сооружений с учётом работы элементов и узлов соединений конструкций в области пластических деформаций (Свод правил... 2018; Свод правил... 2018).

Вышеперечисленное, включая желание застройщиков обеспечить в нижних этажах свободные планировки, освобождая помещения и площади под офисы и магазины, в итоге привело к повсеместному распространению в Турции зданий каркасной системы без диафрагм жёсткости, в том числе с «гибкими этажами», подобных представленному на рис. 13, а также другими аналогичными конструктивными схемами, весьма «уязвимыми» с точки зрения восприятия сейсмических нагрузок.



**Рис. 13.** Характерные для Турции недостатки объемно-планировочных и конструктивных решений при строительстве зданий.

**Fig. 13.** Характерные для Турции недостатки объемно-планировочных и конструктивных решений при строительстве зданий.

Показанные на рисунке, иные аналогичные конструктивные системы, которые были использованы строителями в Турции весьма чувствительны:

— к проявлениям неравномерных осадок грунтовых оснований под фундаментами, например, в результате их замачивания водами техногенного происхождения;

— к крутильным формам колебаний, которые неизбежны при пространственных сейсмических воздействиях, возникновении «Р-Δ» эффектов второго рода, особенно при вертикальном «ударе» во время подземных толчков.

Как показывает мировой опыт, изложенное выше, а также сопутствующие этому факторы приводят к повреждениям или разрушениям несущих конструкций нижних этажей, или в случаях сохранения остаточной устойчивости в последующем подвергаются прогрессирующему разрушению.

### **Выводы по результатам анализа землетрясения в Турции**

1. Несмотря на прогнозную вероятность возникновения катастрофического события в зоне Восточно-Анатолийского разлома, учёными в этом регионе не ожидалось землетрясение такой силы, прежде всего, двух сильных толчков с коротким промежутком, а также большого количества афтершоков (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023).

Из рис. 11 видно, что землетрясения высокой интенсивности, ранее произошедшие в регионе, отличаются от прогнозируемых действующими картами сейсмического зонирования территории Турции.

По совокупности оценок интенсивность землетрясения 06.02.2023 г. в эпицентральной области и близлежащих городах, где произошли массовые разрушения, оценивается силой от 8 до 10 баллов по шкале MSK-

64 (Кодекс Турции, 2020; Шкала сейсмической... 1964).

2. В Национальной стратегии Турции (2012–2023) одной из потенциальных угроз безопасности сооружений и городов была предопределена «неконтролируемой урбанизацией», результатом которой стала густонаселённость центров и даже развивающихся спальных районов, кроме того, в ряде случаев здания, как новые, так и старой постройки оказались с дефицитом сейсмостойкости (Национальная стратегия... 2023).

3. Дефицит сейсмостойкости существующей застройки связан в первую очередь с недооценкой сейсмической опасности и риска территорий, несовершенством норм (см. выше), низким качеством применяемых строительных материалов, возрастающим износом несущих конструкций зданий. В большинстве зданий за весь период жизненного цикла, как правило, не проводились плановые ремонтно-восстановительные работы или усиление, реконструкция с учётом современных норм, которые, кроме того, постоянно обновлялись.

4. Сведения о последствиях турецкого землетрясения, поступающие от СМИ, опубликованные в глобальной сети (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023), а также основанный на таких данных анализ дают общее представление о произошедшем землетрясении в Турции, но не позволяют в полной мере судить о фактическом дефиците сейсмостойкости объектов, которые были повреждены или разрушены. К тому же, неизвестно на какие сейсмические нагрузки рассчитывались конструкции зданий, с какими характеристиками использовались материалы и какие применялись антисейсмические мероприятия, изменились или не изменились значения параметров конструкций перед землетрясением по сравнению с проектными значениями и т. д.

Тем не менее, масштаб и характер разрушений, а также причины их происхождения в целом являются «типичными» для аналогичных событий, обусловлены: недооценкой специфики сейсмической активности и опасности региона; недостатками, несовершенством и нарушением норм по сей-

смостойкому строительству; необоснованной экономией материалов, низким качеством строительства; отсутствием необходимой ответственности участников градостроительной деятельности; отсутствием контроля за состоянием зданий при эксплуатации и пр., которые при турецком землетрясении проявились в наиболее неблагоприятной форме.

5. Выше нами отмечены очевидные недостатки строительных норм Турции в части установления требований к расчётам и проектированию сейсмостойких конструкций зданий, касающиеся подходов по учёту нелинейной работы, применяемым схемам и принципам конструирования. Характерным для существующей застройки в Турции, где произошли массовые повреждения и разрушения, является не соблюдение строителями требований по регулярности строений в плане и по высоте, которые в реальной жизни усугубилось необоснованными перестройками / перепланировками (данные из оперативных заключений экспертов).

6. Значительное число разрушенных зданий в Турции было построено по безригельной конструктивной схеме, в том числе с «гибкими нижними этажами», с перекрытиями минимальной толщины и недостаточным армированием, которые в связи с отсутствием необходимого числа вертикальных диафрагм (стен и связей) не могли обеспечить пространственный характер работы сооружений и их требуемую сейсмостойкость. Видеоролики в интернете свидетельствуют о наличии в основании некоторых таких зданий неблагоприятных для них «мягких» грунтов; по всей видимости они также попадали в зону близкую к резонансной.

Комментарий: Мировая практика по анализу последствий сильных и разрушительных землетрясений показывает, что в общем, на «мягких» грунтах следует возводить здания с жёсткой конструктивной системой, а на жёстких грунтах – гибкой. В случае, если известны преобладающие периоды на определённых сейсмических зонах, как это принято в нормах Армении (Нормы США... 2023) в зависимости от категорий грунтов, то следует проектировать здания с периодами, отличающимися от преобладающих периодов грунтов площадки строительства в

1.5–2 раза в большую или меньшую сторону, т. е. отдалить период собственных колебаний проектируемого сооружения от резонансной зоны. Такой принцип применяется в России при проектировании зданий с «выключающимися» и «включающимися» связями.

7. Одной из обсуждаемых тем в Турции среди журналистов (Al Jazeera и др.) после катастрофы стало несоблюдение требований строительных норм по безопасности, ненадлежащее качество используемых строительных материалов, низкое качество строительства и эксплуатации зданий, отсутствие надлежащего контроля и надзора в районах, пострадавших от землетрясений (Свободная энциклопедия... 2023; Национальный телеканал... 2023; Международная телекомпания... 2023; Новостное агентство... 2023).

8. В регулирующих и нормативных документах Турции выявлены недостатки, оказавшие негативное влияние на «уязвимость» зданий, в том числе не учитывалась возможность повышения сейсмических воздействий, их характер на площадках строительства, территориях близлежащих городов и населённых пунктов к очаговым зонам.

Важным фактором увеличения масштаба разрушений зданий в городах, близкорасположенных к эпицентру является характер сейсмических воздействий — высокая интенсивность вертикальных, как и горизонтальных составляющих, повторность сейсмических толчков, приведших к деформированию элементов конструктивных систем в области «малоциклового усталости», что не учитывается нормами ни в одной стране, включая Турцию.

Все вышеизложенные факторы привели к наиболее неблагоприятному «сценарию», бедствию при землетрясении 06.02.2023 г. и серии афтершоков, привело к полному разрушению 6217 зданий, в том числе: в Адане (24), Адиямане (600), Газиантепе (581), Диярбакыре (20), Кахраманмараше (310), Килисе (50), Малатье (130), Османии (101), Хатае (278), Шанлыурфе (201).

### **Уроки землетрясения в Турции**

1. Землетрясение в Турции продемонстрировало следующее:

— в большей степени риски при землетрясениях связаны с разрушением существующей, в том числе старой застройки, объем которой оказался значительно больше по сравнению с вновь вводимыми в эксплуатацию объектами нового строительства;

— обеспечение сейсмической безопасности сооружений и городов является комплексной проблемой, которая должна решаться целевыми методами, путём системного выявления территорий и объектов повышенного риска в пределах границ застроенных территорий, с проектированием различных «сценариев бедствий» и ситуационных изменений, с построением на их основе и реализацией плана превентивных градостроительных мероприятий по снижению сейсмической угрозы на уровне микрорайона и/или города и/или агломерации.

2. Анализ показал, что проблема сейсмической безопасности существующих объектов и территорий, в первую очередь должна решаться градостроительными средствами и методами, а не только посредством проектирования и строительства новых сейсмостойких зданий.

В связи с этим, на первый план выходят задачи по организации проведения непрерывного мониторинга качества и безопасности градостроительных объектов, необходимость проведения сплошной паспортизации с оценкой дефицита сейсмостойкости после ввода таких объектов в эксплуатацию, планирования и реализации мероприятий, направленных на сохранение / обеспечение приемлемого уровня безопасности объектов на протяжении всего жизненного цикла (реконструкция, усиление, восстановительные ремонты).

3. Необходимо уточнять или при отсутствии определять характеристики потенциально возможных очагов сильных землетрясений, активных разломов, их расстояния до городов и населённых пунктов, оценивая усиления их воздействий на площадках строительства, устанавливая преобладающие амплитуды и периоды (спектры), соответствующим образом отражая вновь полученные данные в нормах как «региональные модели воздействий» или «сценарные землетрясения».

На основе полученных таким образом данных специалистами могут разрабатываться соответствующие рекомендации для возведения на конкретных площадках зданий и сооружений с конструктивными системами, наиболее «устойчивыми» с точки зрения сейсмической безопасности, а это, как правило, позволяет возводить оптимальные по показателям технико-экономической эффективности здания и сооружения.

4. При строительстве и реконструкции зданий и сооружений вблизи разломов (в зависимости от расстояний до очагов) следует учитывать повышение интенсивности горизонтальных, так и вертикальных составляющих сейсмических воздействий.

Например, в нормах США такие факторы в зависимости от категорий разломов и расстояния от 2 до 10 км до строительной площадки при ожидаемых ускорениях грунта 0.4g учитывается коэффициентом, изменяющимся в пределах от 1.5 до 1.0 (Нормы США... 2023).

В нормах Армении в 3-й сейсмической зоне (0.4g) для строительных площадок, расположенных на расстоянии менее 10 км от возможных очаговых зон (активных разломов) значение ожидаемого ускорения грунта (A) умножается на коэффициент 1.2 (Строительные нормы... 2006).

В нормах России (Свод правил... 2018], Казахстана [Свод правил... 2017), других стран СНГ указанные факторы никоим образом не учитываются.

5. Необходимо разработать для применения на практике методы расчёта на малоцикловую усталость элементов конструктивных систем и как следствие, прогрессирующее разрушение при землетрясениях, которые в отечественных нормах сейсмостойкого строительства пока не учитываются.

Для этого рекомендуется проанализировать и обобщить результаты имеющихся исследований по малоцикловой прочности при действии нагрузок типа сейсмических высокого уровня, в том числе приведённые в работе (Абаканов, 2013), где рассматривались статически неопределимые балки, колонны со смешанным армированием, узлы каркасных зданий и пр.

Предлагается организовать целенаправленные экспериментальные исследования по этой актуальной проблеме, выработав единую методику комплексных статических и динамических испытаний по малоцикловой усталости строительных конструкций на действие нагрузок высокого уровня сейсмического характера, для получения новых дополнительных данных для разработки обоснованных рекомендаций и включения в нормы по сейсмостойкому строительству.

### Литература

Абаканов М.С. Прочность железобетонных конструкций при малоцикловых нагружениях типа сейсмических. М.: Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2013, № 5.

Айзенберг Я.М., Сухов Ю.П., Акбиев Р.Т. О реализации и перспективах развития проекта ООН-ХАБИТАТ «Устойчивое развитие городов в условиях сейсмической угрозы». – М.: Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, 2005, № 4.

Кодекс Турции (Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında esaslar), 2020.

Международная телекомпания «Аль Джазира». Новости и публикации по землетрясению в Турции, <https://www.aljazeera.com/>.

Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений / Поляков С.В., Килимник Л.Ш., Жаров А.М. – М.: ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко Госстроя СССР, 1981.

Национальная стратегия Турции по землетрясениям (National earthquake strategy and action plan 2012-2023, Ankara-Türkiye).

Национальный телеканал РБК. Новости и публикации по землетрясению в Турции, <https://www.rbc.ru/>.

Никонов А.А. Сейсмическая катастрофа в Турции. – М.: Природа, 1999, № 11.

Новостное агентство «SPUTNIK». Землетрясение в Турции: фото до и после, <https://sputnik-osssetia.ru/20230215/21515231.html#>.

Нормы США: ASCE STANDART ASCE/SEI 7-10. American Society of Engineers. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.

Свободная энциклопедия: Новости и публикации по землетрясению в Турции, <https://ru.wikipedia.org/>.

Свод правил СП 14.13.330.2018 «Актуализированная редакция СНиП II-7-81\* «Строительство в сейсмических районах» (Россия).

Свод правил СП РК 2.03-30-2017 «Строительство в сейсмических районах Республики Казахстан».

Строительные нормы и правила Республики Армения. СНРА II-6.02-2006 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования».

Шкала сейсмической интенсивности Медведева-Шпонхойера-Карника (MSK). -М.: Стройиздат, 1964.

ISC (2022), ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1904–2018), Version 9.1, International Seismological Centre (ISC).

**Акбиев Рустам Тоганович,**

*кандидат технических наук,*

*председатель Координационного совета Евразийской СЕЙСМО Ассоциации, руководитель Департамента комплексной градостроительной безопасности ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России», Россия, Москва,*

*тел. +7 (926) 075-1111,*

*email: akbi.rust@gmail.com.*

**Akbiiev Rustam Toganovich,**

*Candidate of Technical Sciences,*

*Chairman of the Coordination Council of the Eurasian SEISMO Association, Head of the Department of Integrated Urban Planning Safety of the Federal State Budgetary Institution "TsNIIP of the Ministry of Construction of Russia", Russia, Moscow,*

*tel. +7 (926) 075-1111,*

*email: akbi.rust@gmail.com.*

**Абаканов Миркен Сейткасымович,**

*доктор технических наук, профессор,*

*член-корр. Международной инженерной академии, вице-президент Евразийской СЕЙСМО Ассоциации, научный руководитель межрегионального Научно-исследовательского и экспериментального центра (НИЭКС), Казахстан, Алматы.*

**Abakanov Mirken Seitkasymovich,**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,*

*Member-Corr. International Academy of Engineering, Vice-President of the Eurasian SEISMO Association, Scientific Director of the Interregional Research and Experimental Center (NIEX), Kazakhstan, Almaty.*

