

Отчет

# Наука о землетрясениях и их рисках в Центральной Азии

Конспект конференции

декабрь 2016



EARTHQUAKES  
WITHOUT  
FRONTIERS



Научно-образовательный фонд  
им. Академика **ШАХМАРДАНА ЕСЕНОВА**

---

Overseas Development Institute  
203 Blackfriars Road  
London SE1 8NJ

Tel. +44 (0) 20 7922 030  
Fax. +44 (0) 20 7922 0399  
E-mail: [info@odi.org.uk](mailto:info@odi.org.uk)

[www.odi.org](http://www.odi.org)  
[www.odi.org/facebook](http://www.odi.org/facebook)  
[www.odi.org/twitter](http://www.odi.org/twitter)

Мы призываем читателей воспроизводить материалы из отчетов ODI для их собственных публикаций, при условии, что это не для коммерческих целей. Являясь правообладателем, ODI просит должное подтверждение и копию такой публикации. Для использования онлайн мы просим указывать ссылку на источник (веб-сайт ODI). Точка зрения авторов, процитированные в данной публикации, необязательно совпадают с точкой зрения составителей данного отчета (ODI).

© Overseas Development Institute 2016. Данная работа публикуется по лицензии Creative Commons Attribution — NonCommercial Licence (CC BY-NC 4.0).

Фото обложки: полевой выезд в Ушконоыр (Алматы) в рамках Научной конференции. Виктор Магдеев/  
Научно-образовательный фонд им. Акад. Шахмардана Есенова, 2016.

---

*«Землетрясениям безразлично, кыргызстанец вы или казахстанец,  
мужчина или женщина» — Канатбек Абдрахматов*

---

# Содержание

---

ОБ ЭТОМ ДОКУМЕНТЕ	6
Благодарность	7
АКРОНИМЫ И АББРЕВИАТУРЫ	7
1. ВВЕДЕНИЕ	8
2. НАУКА О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ	9
2.1 Введение о землетрясениях в Центральной Азии и Тянь-Шане	9
2.2 Проблема понимания опасности внутриконтинентальных землетрясений	10
2.3 Современная наука о землетрясениях в Тянь-Шане	11
2.3.1 Определение и описание активных разломов	11
2.3.2 Оценка опасности землетрясений	15
3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАУКИ	16
3.1. Понимание риска	16
3.2. Доведение до сведения рисков от землетрясений	17
3.3. Политическая воля и политика	19
3.4. Осведомленность и готовность населения	20
3.5. Как это работает	22
Образование детей в сфере осведомленности о землетрясениях и готовности к ним	22
Использование сценариев для доведения до сведения риска землетрясений в реальных условиях	22
Использование подхода «мульти-опасности» для привлечения внимания людей к риску землетрясений	23
Экстренный период после землетрясения - ценная возможность привлечь представителей правительственных структур	23
Привлечение заинтересованных сторон с использованием социальных средств информации	23
ВЫВОДЫ	24
ПРИЛОЖЕНИЕ А: ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ	26
ПРИЛОЖЕНИЕ Б: УЧАСТНИКИ КОНФЕРЕНЦИИ	28
РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА	31

---

---

# Список таблиц, рисунков и врезок

## Рисунки

Рисунок 1. Карта землетрясений	9
Рисунок 2. Карта больших и действующих разломов в Казахстане, известных на сегодняшний день	12
Рисунок 3. Карта Тянь-Шаня с GPS данными о скоростях по отношению к Евразии	13
Рисунок 4. Непал сталкивается со множеством стихийных бедствий (База данных Desinventar (1971-2014))	21

## Врезки

Определения	9
Поле 1. Алматинское землетрясение (Чон-Кеминский разлом) 1911 года	11
Поле 2. Сейсмический мониторинг в Казахстане	13
Поле 3. Лепсинский разлом	13
Поле 4. GPS в Иране	14
Поле 5. Долгосрочное и краткосрочное прогнозирование	16
Поле 6. От прогноза к готовности в Китае	17
Поле 7. Модернизация в целях снижения риска	18

## Об этом документе

Данный отчет является результатом трехдневной конференции наука о землетрясениях и их рисках в Центральной Азии, организованной при поддержке Научно-образовательного фонда Shakhmardan Yessenov Foundation и совместно с Казахстанским Институтом сейсмологии при академии наук, Национальным техническим университетом Республики Казахстан, а также проектом «Землетрясения без границ».

Конференция собрала ученых, изучающих землетрясения из Китая, Германии, Казахстана, Киргизии, Индии, Ирана, Италии, Непала и Великобритании и преследует три цели:

- выделить современные методы, используемые для понимания землетрясений в Центральной Азии
- организация форумов для обсуждения и обмена стратегиями для смягчения последствий риска землетрясений
- содействие эффективному доведению научных основ до сведения представителей правительственных структур и общественности.

В первый день конференции участники рассмотрели текущие, передовые научные достижения в сфере землетрясений в Центральной Азии: представили целый ряд современных исследований и методов в области науки о землетрясениях, а также поделились результатами текущих исследований в регионе Тянь-Шаня. Во второй день изучили оценку опасности землетрясений и подходы к смягчению рисков. Участники из Европы и Центральной Азии объяснили, каким образом наука используется для информирования о политике в отношении землетрясений и обеспечения готовности к ним в этих странах, а также об эффективности таких подходов. И наконец, в третий день были рассмотрены вопросы представления, политики и образования в отношении риска землетрясений, произведена экспертиза по изученным урокам, извлеченным из первого и второго дня обучения, и то, как это учение может использоваться по всей Центральной Азии и, особенно в регионе Тянь-Шаня. Участники обсудили результаты и последствия общественной и официальной реакции на недавние землетрясения, проблемы и подходы к доведению до сведения стратегий науки о землетрясениях и снижению риска. Полную программу конференции и информацию о докладчиках можно найти в приложении А.

Посредством продвижения и обмена результатами и методами, конференция стремится вдохновлять и поощрять исследования землетрясений в Казахстане — с целью помочь стимулировать новые исследования в науке о землетрясениях и способствовать повышению осведомленности о реалистичных стратегиях снижения риска землетрясений.

В настоящем отчете обобщаются ключевые послания, вытекающие из конференц-презентаций и дискуссий, сделанных в течение всех трех дней конференции. Он

опирается на материалы, предоставленные друг другу делегатами, чьи презентации можно найти, в полном объеме, на веб-сайте Научно-образовательного фонда «Shakhmardan Yessenov Foundation» на странице <http://yessenovfoundation.org/science/research>.

### Научно-образовательный фонд «Shakhmardan Yessenov Foundation»

Научно-образовательный фонд им. Академика Шахмардана Есенова был создан в 2013 году в лучших традициях меценатства с миссией развития интеллектуального потенциала Казахстана через развития высшего образования, науки и инноваций в стране. Стратегические направления деятельности фонда: знания, наука и ресурсы.

Наиболее известные программы фонда:

- научные стажировки в лабораториях, IT-стартапах и инновационных предприятиях мира,
- гостевые лекции в вузах «Есеновские чтения»,
- стипендиальная программа,
- проездные гранты,
- издание книг и популяризация науки,
- волонтерская «Команда SOS»,
- развитие шахмат в Казахстане.

Дополнительную информацию смотрите на <http://yessenovfoundation.org> (на русском языке).

### Проект «Землетрясения без границ»

Проект «Землетрясения без границ» (ЗБГ) представляет собой партнерство между исследователями университетов Великобритании и независимыми учеными, изучающими землетрясения, и специалистами в области общественных наук в странах Великого сейсмического пояса, протянувшегося между Италией и Китаем. Проект ЗБГ объединяет ученых изучающих землю, специализирующихся в области комплексной науки о землетрясениях, специалистов в области общественных наук с большим опытом изучения уязвимости и противостоянию сообществ в районах, подверженных стихийным бедствиям и опытных практиков в области передачи научных знаний представителям правительственных структур.

Исследователи Проекта ЗБГ в Казахстане занимаются сейсморазведкой и геологическими полевыми работами, а также программами социальных наук в Южном Казахстане. Нашими основными местными партнерами являются Институт сейсмологии Академии наук, Казахстанский Национальный Центр (обработки и хранения) Данных (КНЦД), Казахское Общество Красного Полумесяца и Таразский государственный университет.

Дополнительную информацию смотрите на <http://ewf.nerc.ac.uk> (на английском языке).



## Благодарность

Отчет создан Луизой Болл и Ханной Кэдик коммуникационной команды Программы ODI по исследованию и политике в развитии (Research and Policy in Development programme (RAPID)), которые посетили международную научную конференцию о Науке о землетрясениях и их опасности в Центральной Азии в сентябре 2016.

Авторы благодарят соведущих конференции: Казахстанский Институт Сейсмологии при Академии наук, и в особенности Танаткна Абаканова; Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева и международное партнерство «Землетрясения без границ». Авторы также благодарят организаторов и спонсоров конференции — это Научно-образовательный фонд имени Академика Шахмардана Есенова, и в частности основателей фонда Галимжана Есенова и Айжан Есим за поддержку идеи проведения конференции, а также Айганым Малишеву и Жадыру

Сарманову, за их сотрудничество в издании этого отчета и перевода на русский язык.

Авторы выражают особую благодарность Джеймсу Джексону, профессору Активной тектоники в Кембриджском университете и руководителя проекта «Землетрясения без границ», за его вклад в созыв конференции и его техническую экспертизу и помощь в издании данного отчета. Спасибо также Джону Янгу, директору программы RAPID, за его ценный вклад в конференцию и данную публикацию.

И в завершении, авторы благодарят всех спикеров конференции и делегатов, полный список которых указан в приложениях отчета, а также всех других посетителей мероприятия. Благодарим Никки Ли и Аманду Джонс (ODI), а также Терезу Уильямс (Кембриджский университет) за их превосходную редакторскую работу, организационную и административную поддержку, соответственно.

## Акронимы и аббревиатуры

<b>ДВЗЯИ</b>	Договор о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний	<b>М</b>	Магнитуда (с использованием других различных шкал) землетрясения, относящаяся к первоначальному определению по Рихтеру
<b>ДАОЗ</b>	Детерминистический анализ сейсмической опасности	<b>НОСТ</b>	Национальное общество сейсмических технологий, Непал
<b>ЗБГ</b>	Проект «Землетрясения без границ»	<b>ИРЭС</b>	Институт развития зарубежных стран
<b>GPS</b>	Глобальная система позиционирования	<b>ВАСО</b>	Вероятностный анализ сейсмической опасности
<b>InSAR</b>	РЛС с интерферометрической синтезированной апертурой	<b>ИПиПР</b>	Исследования и политика в программе развития
<b>КНЦД</b>	Казахстанский Национальный Центр (обработки и хранения) Данных		
<b>M<sub>w</sub></b>	Моментная магнитуда (наилучшая, предпочтительная шкала магнитуды для размера очага землетрясения)		

# 1 Введение

Землетрясения убивают людей и имеют огромные экономические издержки. За последнее десятилетие из-за землетрясений погибло более 500 000 человек. Приблизительно две трети случаев этих смертей произошло внутри континентов, где существуют тысячи активных разломов, которые могут стать причиной землетрясений в любой момент времени. Это особенно актуально в отношении Центральной Азии и региона Тянь-Шаня. Несмотря на относительно небольшое число разрушительных землетрясений в нашей современности, их многочисленные разломы означают, что опасность землетрясений все еще остается высокой. Исторические данные показывают, что жертвами крупных землетрясений в регионе было большое количество людей, и при возрастающей численности населения, в случае если произойдет следующее подобное землетрясение, погибнет гораздо больше людей.

*«Землетрясениям безразлично,  
кыргызстанец вы или казахстанец,  
мужчина или женщина» —  
Канатбек Абдрахматов*

Наука является ключом к пониманию опасности землетрясений, уменьшению ущерба и потерь жизней, которое вызывает такое событие. Лишь в 1960-х годах было доказано, что сейсмические волны от землетрясений вызваны сдвигами на разломах. Сейчас современная наука о землетрясениях в Центральной Азии стремится понять и описать такие активные разломы. С этими знаниями мы сможем создавать карты зон риска для оценки вероятности землетрясения, производящего определенный уровень подвижности грунта в определенный период времени, а затем предпринимать шаги по смягчению сопутствующего риска. Методы и инструменты, доступные для этого, уже далеко ушли от традиционной сейсмологии и теперь страны Центральной Азии инвестируют в эти новые технологии, которых просто не существовало лет 20 тому назад.

Землетрясения не признают политических границ, и могут ощущаться за много километров от разлома, вызвавшего его. Разрушения, произошедшие при землетрясении в Алматы в 1911 году, были вызваны подвижкой на разломе в Кыргызстане, протяженностью как минимум в 50 км.

Кроме того, поскольку немногочисленные землетрясения могут происходить в различных странах, сотрудничество между учеными всего региона в целом способствует продвижению нашего учения. Совместное использование данных и знаний имеет решающее значение для понимания риска и в конечном итоге обеспечивает большую безопасность для населения в Тянь-Шаньском регионе. Проект «Землетрясения без границ» дает хорошую возможность для казахстанских ученых для взаимного обучения и сотрудничества с исследователями в других странах.

Одним из самых больших рисков в случае землетрясения является ущерб, причиняемый обрушающимися зданиями и другими сооружениями. При соблюдении надлежащих строительных норм и правил, можно значительно снизить ущерб. И для того чтобы задействовать знания науки о землетрясениях, они должны доводиться до сведения лиц с полномочиями действовать. В частности государственные служащие и общественность должны быть осведомлены о такой опасности, и о том, как уменьшить риск. Это особенно сложно в Казахстане, где не было ни одного крупного землетрясения на памяти ныне живущих, а уровень осведомленности общественности низок.

Настоящий отчет является результатом Конференции наука о землетрясениях и их рисках в Центральной Азии. Конференция была организована Научно-образовательным фондом «Shakhmardan Yessenov Foundation», который имеет давнюю традицию содействия развитию геологии и исследований в Казахстане. Она была организована совместно с Казахстанским институтом сейсмологии при Академии наук, Национальным техническим университетом Казахстана и проектом «Землетрясения без границ», междисциплинарным партнерством для совершенствования науки о землетрясениях и уменьшения риска землетрясений путем обмена знаниями, информацией, методами и данными.

Вторая глава знакомит с понятием землетрясения и тем, что мы знаем об их опасности в Центральной Азии и регионе Тянь-Шаня. В ней дается обзор о том, как выглядит современная наука о землетрясениях в Центральной Азии, опираясь на текущие исследования в Казахстане, Кыргызстане, Иране и Италии. В третьей главе рассматривается вопрос о том, как применять эту науку. Она опирается на опыт стран всех внутренних континентальных районов для изучения общих проблем и подходов к доведению до сведения основ науки о землетрясениях и обращения их в меры по смягчению риска. Глава 4 представляет основные выводы конференции, имеющие особое значение для Казахстана.



# 2 Наука о землетрясениях

## 2.1 Введение о землетрясениях в Центральной Азии и Тянь-Шане

Землетрясения происходят потому, что десять или большее количество тектонических плит, которые составляют поверхность земли, находятся в постоянном движении. Это движение, обуславливающее землетрясения в Центральной Азии, связано с тем, что индийский континент перемещается на север в направлении Сибири на 40-50 мм в год, сминая эти регионы по пути и формируя горы. Это движение началось около 50 миллионов лет назад, и около половины его происходит в районе Тянь-Шаня.

Поскольку плиты Земли движутся друг против друга, сила трения становится причиной перегибов горной породы, с наращиванием потенциальной энергии, известной как упругая деформация. Когда эта энергия становится достаточно большой, сила трения преодолевается, и горная порода разламывается и проскальзывает друг по другу по поверхности излома, которая называется разломом. Это испускает энергию — сейсмические волны — через окружающую горную породу и на поверхность Земли, которую мы и испытываем как землетрясения.

*Магнитуда* (см. Поле «Определения») любого землетрясения зависит от площади поверхности разлома, и от того насколько она сдвигается (называется «сдвигом»); чем более протяженный и глубокий разлом, тем больше потенциал землетрясения, которое может произойти. Разломы могут быть протяженностью в сотни километров — вызывающая большие землетрясения как, например, землетрясение в Северной Суматре в 2004 году в Индийском океане; в то время как небольшие землетрясения, которые мы можем

Рисунок 1. Карта землетрясений



Землетрясения (показаны красными точками) в океанах ограничены узкими полосками вдоль границ плит (желтым цветом). Но в Азии, где землетрясения обнаруживают тысячи активных разломов, ситуация отличается, тут они могут вызывать землетрясения в любое время. (Источник: Первый день презентации Джексона).

### Определения

**Магнитуда** землетрясения ( $M$ ) представляет собой количественное измерение его размера, связанное с величиной переместившегося разлома (сдвига) и подразумевает число меньше 10. Первоначальная шкала магнитуды была предложена Чарльзом Рихтером приблизительно в 1930 году. В шкале использован логарифмический масштаб, характеризующий энергию; где каждая единица увеличивается на коэффициент примерно равный 30. Так, например,  $M_5$  примерно в 30 раз больше  $M_4$ .

**Интенсивность** землетрясения представляет собой неколичественную оценку местной сотрясаемости грунта в результате землетрясения в определенном месте. Выражается в виде числа от 0 (что означает, что никто не почувствовал) до 10 (что означает, что все разрушено). Интенсивность не является мерой размера землетрясения, потому как дом может быть разрушен небольшим землетрясением поблизости или же крупным землетрясением, произошедшим на удалении.

**Опасность** это формулировка угрозы (например, землетрясение магнитудой 6). Она описывает физическое явление, вызванное землетрясением — обычно сотрясаемость грунта, обрушение грунта или разжижение грунтов.

почувствовать на себе, могут происходить на разломах, площадью всего в несколько квадратных метров. Разрыв при землетрясении обычно начинается в основании разлома, который в континентах обычно составляет 15-20 км. Но в некоторых районах Тянь-Шаня и прилегающих фронтальных областей разломы достигают глубины до 45 км, с потенциально большими площадями сдвига, а потому большей магнитудой землетрясения.

В любом конкретном месте *интенсивность* сотрясаемости грунта обычно зависит от магнитуды землетрясения и расстояния от него (см. поле «Определения»). Но также зависит от свойств пород, через которые проходят сейсмические волны. Верхний, более холодный и прочный слой Земли, который формирует тектонические плиты, называется литосферой. Толщина этой литосферы и свойства горных пород, могут существенно различаться на континентах. В равнинных старых геологических районах, таких как Центральный

Казахстан и Индия, литосфера, как правило, толще, чем в более молодых геологических областях и лучше передает вибрации: на таких территориях землетрясения могут создавать гораздо более сильные толчки, чем землетрясения такой же магнитуды в близлежащих горах, что подтверждается Гуджаратским (Бхуже) землетрясением в 2001 году в Индии. Равнинные степи Казахстана, прилегающие к Тянь-Шаню, могут аналогичным образом испытать на своей территории редкие и крупные землетрясения, которые могут стать особенно разрушительными по той же причине. Поэтому наша возможность отобразить эти изменения свойств литосферы в виде карты представляет собой важный аспект надежной оценки опасности землетрясения (см. главу 2.3.2).

Когда землетрясение происходит на большом разломе, горная порода может сдвигаться до нескольких метров — вертикально и/или горизонтально. Поскольку землетрясения повторяются снова и снова на одних и тех же разломах, то такие перемещения масс создают постоянные «смещения», которые накапливаются и могут достигать нескольких километров и более. Эти смещения формируют ландшафт вокруг нас; географические особенности, такие как горы, водные бассейны и высокие плато — все это было сформировано этими смещениями за миллионы лет. Если мы поймем, как устроены эти разломы, мы сможем научиться считывать сигналы в ландшафте, которые могут рассказать нам об опасности землетрясений в каком-либо регионе. По этой причине активные разломы находятся в центре внимания современной науки о землетрясениях.

## 2.2 Проблема понимания опасности внутриконтинентальных землетрясений

Мы знаем, что землетрясения происходят на разломах. В океанах, землетрясения ограничены узкими зонами, как правило, только на одном разломе, что образует границы плит Земли и легко распознается. В противоположность этому, в пределах континентов — включая Центрально-Азиатский регион — землетрясения распределяются на сотни километров, по сложным сетям тысяч разломов, где каждый из них перемещается несколько раз в год. Выявление этих разломов и понимание сейсмической опасности, поэтому, представляется гораздо более сложным.

*«Землетрясения не признают политических границ» — Джеймс Джексон*

Землетрясения на континентах, повторяющиеся на одном и том же разломе, могут быть разделены тысячами лет. До землетрясения 2003 года в Баме (Иран) письменных

или археологических подтверждений каких-либо значительных землетрясений за прошедшие 2000 лет найдено не было. Последнее крупное землетрясение в Казахстане, которое уничтожило большую часть Алматы, произошло более 100 лет назад, в 1911 году.

Часто ошибочно предполагается, что только потому, что на памяти ныне живущих людей каких-либо землетрясений не известно, регион еще не может считаться сейсмически безопасным. Однако, как показывают эти примеры, как в Иране и регионе Тянь-Шаня, так и по всей Центральной Азии — опасность землетрясения остается значительной, из-за тысячи активных разломов в регионе, которые могут вызывать землетрясения в любое время.



Чон-Кеминский разрыв поверхности 1911 года, Ms 8,2. Кыргызстан

Многие из недавних разрушительных землетрясений во внутренних континентальных районах имели место на разломах, существование которых было ранее неизвестно, либо из-за отсутствия исследований, или же потому, что их выражение на ландшафте было едва различимо или скрыто. Некоторые разломы никогда не достигают поверхности Земли, особенно в тех регионах, где конвергентные движения создают горы, и тогда их трудно обнаружить и исследовать. Примером этого может служить разлом передней части горы, который как считается, был причиной землетрясения вблизи города Верный (ныне Алматы) в 1887 году (M 7,3).

Также крупные землетрясения не всегда происходят на значительных разломах, которые представляются очевидными в ландшафте: разрушительное землетрясение 1889 года в Чилике (Казахстан) вероятно, произошло на разломе, который ранее был почти невидим и не сдвинулся за предыдущие несколько тысяч лет. При наличии множества таких разломов очень трудно предугадать, какие из них, скорее всего, могли бы вызвать крупные землетрясения. Кроме того, землетрясение может привести к разрушениям за десятки километров от разлома, вызвавшего его (см. Поле 1: Чон-Кеминский разлом 1911 года); а потому для надлежащей оценки опасности мы должны исследовать разломы более крупных по географическим масштабам регионов.

Существенную дополнительную опасность в Тянь-Шане представляют вызываемые землетрясением оползни и камнепады, которые распространены в крутых горных районах и приводят к многочисленным жертвам

## Поле 1. Алматинское землетрясение (Чон-Кеминский разлом) 1911 года

Последнее крупное землетрясение, обрушившееся на город Алматы, Казахстан, произошло в 04:26 утра 3 января 1911 года. Во время этого землетрясения было разрушено почти каждое здание в Алматы.

Землетрясение вызвало ряд оползней, которые стали причиной, унесшей многие человеческие жизни и причинения значительного ущерба. Погибло 452 человека, а еще 740 человек получили ранения (Абдрахматов с соавторами, 2002г.). Полностью разрушено было более 600 домов, а также 3000 коммерческих помещений, складов и других нежилых зданий, а 300 домов получили повреждения фундаментов, печей и штукатурки (Нурмагамбетова, 1999г.)

Измерения интенсивности местной сотрясаемости грунта в городе были оценены как предельно сильные: 9-10. Анализ оригинальных сейсмограмм показывает, что моментная магнитуда землетрясения составила порядка  $M8,0$  (Куликова и Крюгер, 2015г.).

Землетрясение вызвало сложную систему разрывов грунта в Алматы (см. изображение) некоторые из которых достигали 1 метра в ширину и 5 метров в глубину. Однако причиной землетрясения стало не это, а отклик замороженного нестабильного грунта Алматы на толчки в результате землетрясения. К тому же, разлом, ставший причиной этого землетрясения, составил 145-200 километров в длину и был расположен в долине Чон-Кемин в Кыргызстане, десятки километров к юго-востоку от Алматы (Богданович с соавторами, 1914г.), демонстрируя, что опасность для Алматы может исходить не только из самой Алматы.



Алматы, 1911

*«То, что происходит за 100 км, имеет значение для Алматы» — Ричард Уолкер*

и значительным разрушениям. Обрушение крутых склонов и берегов рек способствовало гибели людей и нанесению ущерба при землетрясении 1887 года в городе Верный; а массовые оползни блокировали реку Мургаб в Таджикистане при Сарезском землетрясении с моментной магнитудой ( $M_w$ ) 7,7 в 1911 году,<sup>1</sup> что создало большое озеро, существующее и сегодня, и которое может вызвать катастрофические наводнения вниз по течению, в случае если эта оползневая плотина прорвется.

## 2.3 Современная наука о землетрясениях в Тянь-Шане

### 2.3.1 Определение и описание активных разломов

Уже проделана большая работа по картированию активных разломов, вызывающих землетрясения в Центральной Азии. Но для их дальнейшего понимания необходимо продолжить работы и сотрудничества по всему региону для получения полной картины опасности как, например, это сделано в Италии или Калифорнии.

Современная наука о землетрясениях в Тянь-Шане использует целый ряд методов и данных для определения и описания разломов — включая исторические записи, спутниковые снимки, геоморфологические и геологические полевые работы на местах, GPS, InSAR и сейсмологические исследования. В своей совокупности, эта наука помогает

нам создать картину потенциала землетрясений и оценить опасность, с которой сталкивается население, проживающее в этом регионе.

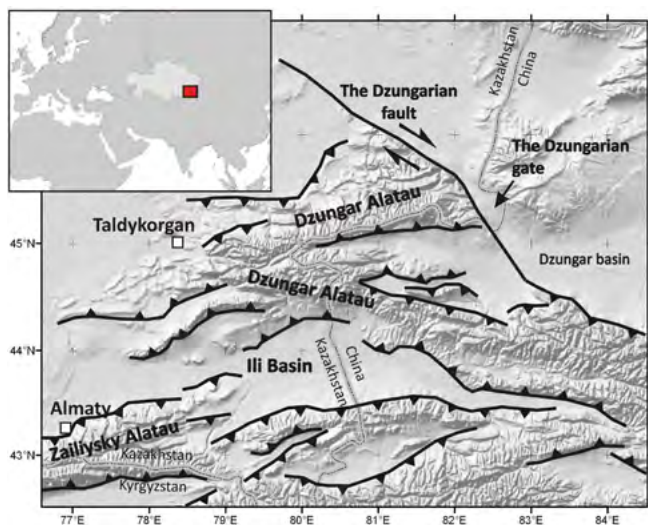
*«Посредством таких экспертиз отдельных разломов, мы можем получить более полное представление о вероятности будущих землетрясений» — Ричард Уолкер*

Наше понимание сейсмологической опасности, — то есть, вероятности происхождения и характеристик будущих землетрясений опирается на наше понимание уже произошедших землетрясений в прошлом. Это позволяет нам значительно расширить наш современный набор данных: мы не можем собирать информацию из еще не произошедших землетрясений, так что мы вынуждены обращаться к информации о прошлых землетрясениях. Дополнительные сведения о прошлых событиях дают нам лучшее и более полное понимание опасности землетрясений, с которыми мы сталкиваемся и означает, что мы сможем лучше подготовиться к будущим землетрясениям.

1. Моментная магнитуда ( $M_w$ ) является основным показателем размера землетрясения. Она зависит от площади плоскости разлома, по которой произошел сдвиг, умножается на количество сдвигов, и может быть рассчитана непосредственно из записей сейсмограмм. Моментная магнитуда, с тех пор как она была впервые определена в конце 1970-х, как положено, была рассчитана для всех землетрясений магнитудой ( $M_w$ ) более 5,5. Сейчас предпочитают ее вместо изначальной единицы измерения магнитуды ( $M$ ) предложенной Рихтером, которая базируется на менее точных физических основах, хотя два этих значения часто оказываются близки.



**Рисунок 2.**  
Карта больших и действующих разломов в Казахстане, известных на сегодняшний день



Источник: Ричард Уолкер, 2016.

Документально подтвержденная отчетность по историческим землетрясениям особенно полезна и используется для создания каталогов, которые дополняют списки и подробные данные, которые мы можем получить из анализа сейсмограмм землетрясений с самого начала современной технической эры примерно с 1900-х годов. Такие страны, как Китай, Иран и Италия обладают многочисленными документальными историческими записями землетрясений, но они еще далеки от своей полноты: войны, вооруженные конфликты, миграция населения и изменения торговых путей означают, что есть место информационным пробелам. В северных и восточных районах Тянь-Шаня записанной информации очень мало, что является следствием кочевого образа жизни населения. Даже те каталоги, которые содержат наиболее тщательные исследования исторических и современных землетрясений, охватывают относительно короткий период времени по сравнению с типичным интервалом между разрушительными землетрясениями на одном и том же разломе, что может составлять тысячи лет — а потому они никогда полностью не отображают распределение опасности.

Современные геологические и геодезические исследования активных разломов, включая данные палеосейсмологии, GPS и InSAR, предоставляют важную дополнительную информацию для исторических и современных каталогов землетрясений. Лет 20 тому назад многих из этих методов просто не существовало, и теперь страны внутренних континентальных районов инвестируют в них.

**Палеосейсмология** — это исследование геологических данных о землетрясениях из опыта прошлых лет на каком-либо разломе. Она обычно включает в себя рытье траншей по известным разломам, а затем описание и определение возраста осадочных слоев или «напластования», с целью обнаружения смещений под поверхностью земли. В подходящих местах, и при тщательном анализе,

эта информация может использоваться для определения грубой оценки даты последних нескольких землетрясений на разломе, которые могли происходить несколько тысяч лет тому назад. Особенно серьезно палеосейсмология продвинулась в Калифорнии, Италии, Японии и Северной Индии и вносит значительный вклад в наши знания об опасности землетрясений в этих регионах. В настоящее время в Тянь-Шане значительный прогресс происходит посредством палеосейсмологических исследований известных разломов в Казахстане и Кыргызстане.

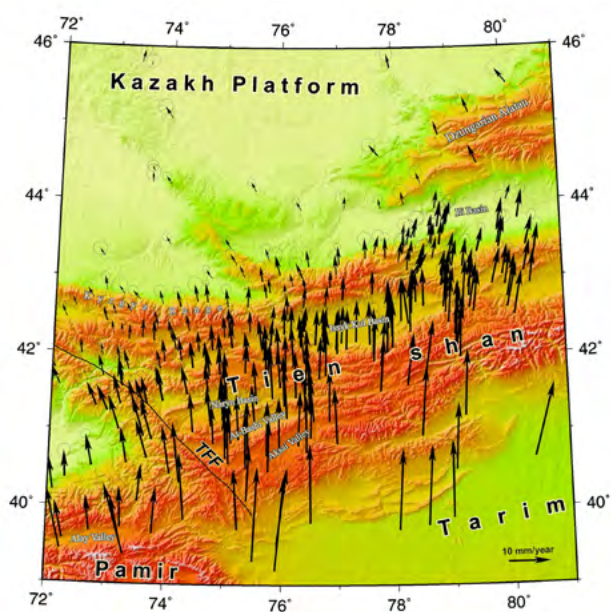


Низковысотная фотограмметрическая съемка с использованием гелиевых шаров в Казахстане. Фото: Ричард Уолкер, 2015

Там, где происходят большие землетрясения, пейзаж изменяется, или даже полностью создается вновь, за счет повторяющихся сдвигов на разломах. Если мы поймем, как протекают эти процессы, мы сможем использовать сигналы в ландшафте для расположения активных разломов и опасностей. Исследования **геоморфологии** (того как эволюционирует ландшафт) и **геология четвертичного периода** (иными словами, за последние 2 миллиона лет) значительно продвинулись за последние несколько десятилетий и помогают нам понять взаимодействие между процессами землетрясения, эрозии и изменения климата, тогда как каждое из них может влиять на ландшафт. Ключи к разгадке, такие как прогиб или разрез рек и оползни, все представляются важными (их мы получаем во многом благодаря космическим и аэрофото съёмкам). Особой проблемой в Центральной Азии представляется то, что большие площади покрыты выветренной пылью (так называемый лёсс или лессовый грунт), который формируется в ледниковые периоды и накапливается слоями, особенно вдоль передних частей гор. Закапывая некоторые тонкие особенности ландшафта, этот лёссовый грунт скрывает их.

**Спутниковые снимки**, многие из которых теперь находятся в свободном доступе от НАСА и других учреждений, дают нам полезные, наглядные изображения поверхности земли. Они могут также использоваться в стереоскопическом формате для воспроизводства высокого разрешения (до метра) или еще лучше, 3D изображения рельефа, с помощью которых можно исследовать элементы

Рисунок 3. Карта Тянь-Шаня с GPS данными о скоростях по отношению к Евразии (Поле 1 на Рисунке 2). Эллипсы ошибок отображают 95-ти процентные доверительные эллипсы.



Источник: Zubovich (2010).

ландшафта. Они, как правило, могут быть улучшены с помощью полученных локально фотограмметрических данных, собранных с использованием беспилотных летательных аппаратов или воздушных шаров, или при GPS обследованиях для воспроизводства модели рельефа еще более высокого разрешения. Они могут быть объединены с палеосейсмологическими исследованиями, с тем, чтобы показать прошлую историю землетрясений на разломе (см. Поле 3: разлом Лепсы).

**Глобальная система позиционирования (GPS)** — та самая технология, что используется в наших смартфонах и автомобильных навигационных системах — она также позволяет наносить на карту движения поверхности Земли с невероятной точностью: сейчас её точность составляет 1 мм за год. Со временем мы можем вычислить относительную скорость и направление движения на больших территориях и поэтому увидеть, способствует ли движение поверхности земли появлению перегибов (упругой деформации) вблизи активных разломов. Теперь это представляется значимым и обыденным руководством для выявления важных систем разломов, которые и далее можно исследовать на основе описанных полевых методов.

Однако установка GPS сетей и накопление данных требует времени: чем дольше период наблюдения, тем меньше ошибки в расчётной скорости. Например, GPS сети в Иране разрабатываются с 1997 года, и на данный момент существует 100 станций, охватывающих всю территорию (см. Поле 4: GPS в Иране). Аналогичные сети устанавливаются в Центральной Азии, но в целом достаточно редки, а некоторые приборы всего лишь временные, что увеличивает

## Поле 2. Сейсмический мониторинг в Казахстане

Сейсмические станции функционируют в Центральной Азии с начала технической эры, и Казахстан имеет отличную сеть сейсмического мониторинга. До 1996 года, сейсмический мониторинг по всей Центральной Азии развивался эпизодически, обычно со всплеском активности по установке новых приборов после больших, разрушительных и смертоносных землетрясений. Станции сейсмического мониторинга были установлены только рядом с уже выявленными источниками потенциальных землетрясений, не охватив более 80% территории страны.

Но после подписания Казахстаном Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ) в 1996 году, эта сеть была систематически обновлена и усовершенствована до самых высоких стандартов в рамках международных усилий по контролю над соблюдением этого исторического соглашения.

В настоящее время сейсмометры установлены по всей стране — в наиболее активных районах землетрясений на юге и юго-востоке, а также в регионах Северного и Западного Казахстана, где землетрясения практически не наблюдаются. Сейчас эта система включает в себя группу высококачественных сейсмодатчиков по всей территории,<sup>2</sup> и может обнаруживать все события в ее границах, магнитудой более 3,5. Современная казахская сеть регистрирует события, не только в Казахстане, но и во всем регионе Центральной Азии. Каждая сейсмическая станция работает 24 часа в сутки и многие из них передают данные в реальном времени в различные Центры Данных по всему миру в рамках глобального сотрудничества в области сейсмического мониторинга.

2. Группа сейсмодатчиков представляет собой связанные сейсмометры, расположенные в конфигурации с регулярной структурой.

## Поле 3. Лепсинский разлом

Лепсинский разлом простирается более чем на 100 км от Джунгарских гор Северного Тянь-Шаня, по направлению к западу в горизонтально залегающую казахскую платформу.

Этот специфический разлом интересен по ряду причин. Он имеет крупное, непрерывное вертикальное смещение примерно 10 метров вдоль уступа, что наводит на мысль о возможности возникновения крупного землетрясения, или серий землетрясений, в сравнительно недавнем прошлом. Он представляет собой относительно плохо осознаваемый тип опасности, и из исторических документов нам доподлинно не известно, чтобы там происходило какое-либо землетрясение. Это наглядный пример того типа разлома, который представляет особую опасность для многих густонаселенных поселений в Центральной Азии, находящихся в этих равнинных районах фронтальных областей, прилегающих к горам — так что, если землетрясение произойдет, повреждения и гибель людей могут оказаться значительными. Более того, менее слабые, фоновые землетрясения показывают, что эти разломы в равнинных районах часто распространяются на глубинах вплоть до 45 км, демонстрируя, что они способны производить землетрясения очень больших магнитуд, как в Северной Индии.

Изучение Лепсинского разлома служит хорошим примером того, как методы, описанные в главе 2.3.1, использовались для понимания потенциала землетрясения (Кэмпбелл с соавторами, 2015г). Известно, что за последние 400 лет он сместился вдоль длины примерно на 120 километров и со сдвигом до 10 метров, вероятно, в результате единого землетрясения Mw от 7,5 до 8,2.



ошибку в расчётных движениях. Даже при обширной и хорошо развитой GPS сети измерения производятся только по одной точке, так что все еще имеются пробелы. Иногда, чтобы заполнить эти пробелы, мы можем использовать InSAR, при благоприятных условиях.

InSAR (РЛС с интерферометрической синтезированной апертурой) представляет собой метод с использованием космической РЛС для измерения перемещения земляных масс на поверхности Земли между орбит с повторением маршрута спутника. Одно InSAR изображение охватывает значительно большую, чем GPS, площадь — обычно 100 x 100 км<sup>2</sup>, и представляет собой систему измерения по одной точке. Однако она имеет меньшее разрешение, измерения меняются в пределах одного-двух сантиметров, а не одного миллиметра, как в случае с GPS. InSAR особенно полезен для быстрого картирования движения земляных масс после крупных землетрясений и могут контролировать накопление напряжения вблизи разломов между землетрясениями за более длительные периоды времени, особенно когда этот метод сочетается с несколько более точными измерениями от GPS. Лучше всего он работает в засушливых регионах, где поверхность земли не затронута сельским хозяйством, стоком поверхностных вод или подвижками склонов: идеально в пустынях Центральной Азии и Ирана.

Все эти методы имеют свои ограничения, но при совместном использовании мы сможем построить картину прошлых землетрясений и соответственно описывать будущие опасности. Лепсинский разлом в регионе Тянь-Шаня служит примером, в котором используется несколько различных методов исследования для подробного изучения вероятных масштабов и характеристик землетрясений, которые могут произойти на разломе в будущем:

#### Поле 4. GPS в Иране

Иран находится в пределах Альпийско-Гималайского горного пояса, одной из самых сейсмически активных областей континентальной деформации в мире. Страна часто испытывает крупные и разрушительные землетрясения. С помощью GPS, мы можем видеть распределение нарастания напряжений в горных районах Ирана, происходящее в результате схождения пластов между равниной Евразийской и Аравийской тектоническими плитами, которые перемещаются на 20-30 мм в год, сминая всю страну. Политические границы Ирана почти в точности соответствуют краям горных и сейсмоопасных регионов.

Для более эффективной оценки сейсмической опасности, Иран имеет хорошо развитую GPS сеть по всей стране, которая разрабатывается с 1997 года. Эти сети охватывают весь Иран и в частности сосредоточены вблизи крупных городов, таких как Тегеран (с населением около 10 млн. жителей), Тегриз (2,5 млн. жителей) и Мешед (3 млн. жителей), все из которых пострадали от крупных землетрясений в прошлом. При поддержке Национального центра картографии в Тегеране, Иран работает со многими различными странами, обмениваясь данными и опытом. Но все еще имеются пробелы, и GPS-данные из соседних стран позволили бы существенно улучшить понимание сейсмической опасности в регионе.

*«Чтобы понять землетрясения, мы должны собирать головоломки. Некоторые части головоломки приходят из исторических записей, некоторые от старых приборов — таких как аналоговые сейсмограммы. Другие могут смотреть на взбросы или сбросы по сбросовому уступу (террасе сброса). Со всем этим вместе взятым, мы можем создать лучшую картину» — Анжела Ландграф*

Реалистичная оценка опасности землетрясений требует значительных усилий и расследования. И это не только требует времени, как это показывает развитие GPS сети Ирана, но также требует подготовки квалифицированной рабочей силы, которая хорошо информирована о современных технических возможностях и имеет широкие связи с международным сообществом, в котором постоянно развиваются и улучшаются идеи и методы. В Индии, финансируемые правительством стипендии и долгосрочные партнерские отношения с учеными всего мира, помогают значительно улучшить потенциал страны в области исследования землетрясений. Профессор Суприё Митра (Supriyo Mitra), из Индийского института науки, исследований и образования (Калькутта), рассматривает это только лишь одним из важных шагов в том, как страны должны подходить к сейсмической опасности:

- Шаг 1. Признать, что землетрясения представляют серьезную угрозу.
  - Шаг 2. Осознать, что для изучения землетрясений и количественного определения, связанных с ним опасностей требуется серьезная научная работа и приверженность, в течение значительного периода времени.
  - Шаг 3. Проведение сейсмологических, геодезических, геологических и палеосейсмологических экспериментов с целью сбора данных и поощрения сотрудничества в области обмена данными и знаниями.
  - Шаг 4. Совершенствование научных кадров для изучения землетрясений и содействие сотрудничеству со странами, обладающими значительным потенциалом.
  - Шаг 5. Разработать механизмы для просвещения людей о подготовленности и противостоянии землетрясениям.
- Развитие знаний и навыков молодых ученых имеет большое значение. В 1960-х и 70-х годах, академик Шахмардан Есенов, чьим именем назван фонд, поддержавший конференцию, и по итогам которой был написан данный отчет, внёс



значительный вклад в геологию и систематические геологические исследования в Казахстане. Важно то, что он признал принял во внимание необходимость развития потенциала молодых ученых страны и направил ряд студентов в Москву для обучения. Но развитие молодых ученых должно быть постоянным приоритетом, как подчеркнул ныне вышедший на пенсию профессор сейсмологии Алкуат Нурмагамбетов, который был среди тех казахстанских студентов, что обучались в России полвека назад.

*«Боюсь, что через несколько лет, [в Казахстане] не останется никаких специалистов» —*  
*Алкуат Нурмагамбетов*

### 2.3.2 Оценка опасности землетрясений

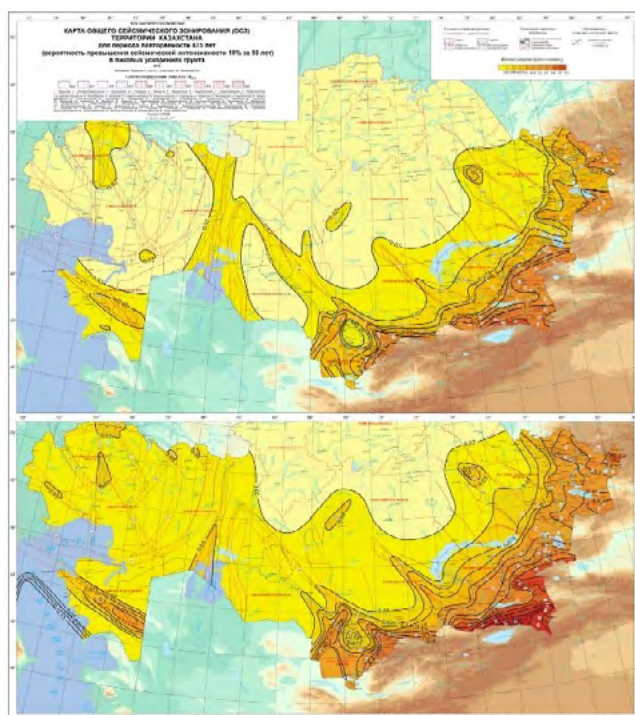
Предыдущие разделы были сосредоточены на физических свойствах землетрясений и активных разломах, которые вызывают их. Однако инженерам, архитекторам и планировщикам, для проектирования своих конструкций и инфраструктур (включая планы действий в чрезвычайных ситуациях), как правило, требуется что-то более конкретное, что было бы устойчиво к землетрясениям. В частности, им необходимы некоторые оценки вероятного движения грунта или толчков в определенных местах, таких как с больницами или школами, обычно выражаемые как максимальное ускорение грунта (ПУГ или пиковое ускорение грунта), которое и представляет собой силу, вызывающую разрушения зданий.

Оценка опасности сводит воедино знания всех современных методов науки о землетрясениях, описанных в предыдущих разделах, чтобы сформировать картину вероятностного распределения, размера, характера и частоты возникновения землетрясений. Эта картина может быть очень локализованной — для конкретного активного разлома или участка, представляющего особый интерес — или же она может быть довольно общей, по обширному региону. Ее цель заключается в том, чтобы сказать нам: «характер угрозы вот такой-то», но не о том, что вы можете поделать с этим. И это является первым необходимым шагом для разработки политики и стратегий по уменьшению риска в случае стихийных бедствий, а также предоставляет информацию, необходимую для инженеров, архитекторов и проектировщиков.

Существует два основных подхода к оценке сейсмической опасности с точки зрения ПУГ: детерминистический и вероятностный, оба из которых используются в Казахстане:

**Детерминистический анализ сейсмической опасности (ДАОЗ)** землетрясений предполагает создание сценария или модели на основе заданных свойств землетрясения на конкретном разломе. Для проведения ДАОЗ, нам нужно

указать местоположение разлома, свойства грунта или почвы на исследуемом участке, и его удаленность от разлома, магнитуду землетрясения, значение и направление сдвига на разломе, и насколько хорошо сейсмические волны передаются от разлома к месту изучения (то есть свойства литосферы Земли вдоль пути передачи). Если мы знаем, или можем оценить, все эти обстоятельства (надо надеяться, с оценкой неопределенности) мы сможем установить вероятные ограничения или диапазоны для возможного пикового ускорения грунта (ПУГ) на интересующих нас участках. Это полезное и важное отправление, при известной угрозе. Примером могут быть оценки ПУГ в границах Алматы, в случае если сегодня повторится Чон-Кеминское землетрясение 1911 года, или же на АЭС при наличии известного разлома поблизости.



**Вероятностный анализ сейсмической опасности (ВАСО)** признает, что наше знание никогда не бывает полным. Мы никогда не знаем, где находятся все активные разломы, поэтому никогда не сможем воспроизвести ДАОЗ модели для всех угроз на определенном местоположении. Метод ВАСО использует статистические и исторические данные о возникновении землетрясения и информацию из известных разломов в регионе, для того, чтобы выработать утверждение *вероятности* движения грунта на участке с превышением определенного значения ПУГ в какой-либо промежуток времени. Она может принимать такую форму: «вероятность превышения ускорения грунта в 0,1 g (10 % от силы тяжести) в ближайшие 50 лет — 20 %». Не стремится определить, где именно это землетрясение произойдет, или насколько *большим* оно будет, или же *когда* оно произойдет.

# 3 Использование науки

*«Конечной целью [Казахстана] является возможность оставаться неуязвимыми перед опасностью землетрясений; таким образом, планирование и осуществление превентивных мер должно осуществляться непрерывно, а не время от времени» — Алкуат Нурмагамбетов*

## 3.1. Понимание риска

Как указывалось в Главе 2, сейсмологическая опасность представляет собой потенциал для возникновения опасных явлений, связанных с землетрясением. Если имеется достаточно информации, опасность может быть выражена как вероятность происхождения одного из этих явлений. Уязвимость представляет собой степень потенциального повреждения или потери некоторых элементов, с учетом конкретной магнитуды землетрясения. Поэтому мы можем охарактеризовать **риск** (R) землетрясения как произведение **опасности** (H) на **уязвимость** (V):  $R = H \times V$ . Благодаря оценке опасности, наука о землетрясениях представляет собой основную отправную точку для понимания и уменьшения этого риска.

Уязвимость, зависит от того, на что именно вы обращаете внимание — например, на здания, экологию и окружающую среду, экономику, инфраструктуру и человеческие жизни, среди прочего. В частности, в крупных городах, как правило, главной заботой является уязвимость населения. На протяжении столетий поселения людей вырастали вдоль или в непосредственной близости от естественных географических объектов и границ — то есть возле особенностей, которые, как мы теперь знаем, вызваны активными разломами. Это означает, что в районах высокой сейсмической опасности проживают миллионы людей.

В Центральной Азии популяция разрасталась вдоль торговых путей, которые в основном проходят по горным хребтам. Аналогичным образом в Баме (Иран), например, где окрестности в основном представляют пустыню, город вырос вблизи активных разломов из-за воды, которая за счет них попадает в ловушку под землей. Со временем эти группы населения выросли с относительно небольших сообществ в тысячи человек в города с миллионным населением, что означает, что всё больше и больше людей подвергается риску.

Сейсмологическую опасность невозможно снизить или удерживать под контролем. Мы также не можем сказать — в краткосрочной перспективе — когда, где и как произойдет то или иное сейсмическое событие (см. Поле 5: Долгосрочное и краткосрочное прогнозирование). Опасность это характерная черта природного мира. Мы не можем смягчить или уменьшить опасность, но мы можем уменьшить риски за счет понимания (и минимизации) уязвимости.

### Поле 5. Долгосрочное и краткосрочное прогнозирование

Современное состояние науки о землетрясениях не в силах предсказать точное время того, когда произойдет какое-либо землетрясение. Однако, при адекватных и продолжительных исследованиях, все чаще можно определить приблизительные места будущих землетрясений и прогнозировать их вероятный размер и характер. Затем можно работать в направлении уменьшения рисков, связанных с опасностью, путем уменьшения уязвимости посредством соответствующей образовательной, социальной, политической и инженерной деятельности.

*«Долгосрочное прогнозирование просто говорит нам о том, что, там, где произошло одно землетрясение в прошлом, однажды случится и другое. Не говорится когда, но говорится, что оно случится. А это говорит о том, что вы можете подготовиться к нему» — Джеймс Джексон*

*«В 2015 году в результате Непальского землетрясения, 98% смертей произошло из-за падения зданий. Могло бы прогнозирование помочь? Нет. Краткосрочное прогнозирование — это непозволительная роскошь. Мы не имеем права тратить время и деньги на то, что не спасает людей. Мы должны работать над повышением уровня жизни и безопасности» — Амор Диксит*





Полевой выезд в рамках Научной конференции в п. Рахат, Алматинская область. Фото: Виктор Магдеев/Научно-образовательный фонд им. Акад. Шахмардана Есенова, 2016.

### Поле 6. От прогноза к готовности в Китае

В Китае богатая история изучения землетрясений и подготовки к ним, принимая во внимание, что 35% всех землетрясений во внутренних континентальных районах происходят именно там. В 1975 году ученые использовали наблюдение за сериями слабых землетрясений (позднее идентифицированных как форшоки), чтобы предсказать наступление крупного — землетрясения в Хайчэне (магнитуда  $M7.3$ ).

Этот видимый успех кратковременного прогнозирования был, однако, кратковременным. Лишь через год в 1976 году в Таншане безо всяких предвестников и форшоков произошло землетрясение (магнитудой  $M7.8$ ), жертвами которого стали более 255 000 людей. Полагают, это было самое смертоносное землетрясение двадцатого века, после которого доверие людей к прогнозам резко упало (Мей и др., 1993; Жанг и др., 2001).

После землетрясения 1976 года в Таншане и особенно после землетрясения 2008 года в Сычуане в Китае уделяется гораздо большее внимание смягчению последствий сейсмических рисков и уходу от исследований в целях краткосрочного прогнозирования (Чен и Ванг, 2010г.). Во многих странах Европы, Южной Америки, США и Японии движется в этом же направлении. Для Администрации по землетрясениям в Китае теперь ясно, что политика общественной безопасности в области землетрясений и ответная реакция на них должны фокусироваться на обеспечении готовности к ним и смягчению последствий сейсмических рисков, а не на краткосрочном прогнозе.

### 3.2. Доведение до сведения рисков от землетрясений

Понимание риска землетрясения в регионе имеет смысл, только если информация об этом передается и осознается теми лицами, кто имеет полномочия действовать. Оценку сейсмологической опасности (см. Главу 2) можно использовать как мощный инструмент для информирования об опасности и о стратегиях по уменьшению риска. Наука может сообщить нам потенциальную магнитуду землетрясения, расчётную интенсивность подвижности грунта и вероятности прочих физических явлений. А значит, оценка сейсмологической опасности может оценить угрозу для конкретного участка, такого как здания, или же для большей площади, например, города или даже страны.

Исходя из этого, вы можете воспроизвести сценарий повреждений при землетрясении — оценку и описание оценочных воздействий, которые могут иметь место при будущих землетрясениях на критически важную инфраструктуру в каком-либо географическом районе. Посредством сценариев наука приобретает значимый вклад в реальную жизнь: число или вероятность жертв, прогнозируемый ущерб зданиям и жизненно важной инфраструктуре, называя лишь некоторые из них. Эта информация может использоваться правительствами, предприятиями, учреждениями, сообществами и отдельными лицами для разработки стратегий управления рисками стихийных бедствий в части землетрясений, призванных уменьшить их уязвимость.

## «Оценка риска не является конечной целью; Это отправная точка для управления рисками в части землетрясений» — Сурья Шрестха

Возьмем, к примеру, управление рисками от обрушения здания. Во всем мире около 75% смертей, связанных с землетрясением, были вызваны обрушением здания (Даниэль с соавторами, 2011г.). Обеспечение того, чтобы здания и другие сооружения выдерживали ожидаемую интенсивность подвижности грунта в данном месте, следовательно, является одним из лучших способов спасения жизней в случае землетрясения. Хорошо продуманные национальные строительные нормативы — другими словами строительные нормы и правила, принимающие во внимание оценку опасности землетрясений и соблюдаемые государственными органами — спасают жизни.

Чтобы снизить риск, угроза должна быть доведена до сведения множества различных людей и заинтересованных сторон разных уровней, и понята ими. Например, в случае сейсмической уязвимости зданий:

- Государственные и местные органы власти отвечают за разработку и исполнение соответствующих строительных норм и правил, положений территориального зонирования, а также берут на себя ответственность за оценку и реконструкцию уже существующих зданий (см. Поле 7).
- Инженерам и архитекторам надо работать совместно с государственными органами, чтобы разработать строительные нормы и правила, отвечающие угрозам и учитывающие местные условия. Они также несут ответственность за разработку эффективных решений на местном уровне, как например, использование доступных местных строительных материалов.
- Общественность, профессиональные ассоциации, частные компании и государственные органы должны проводить обучение строителей в сфере применения строительных норм и правил и объяснять их важность. Строителям необходимо применять строительные нормы и правила на практике, как при строительстве новых зданий, так и при модернизации существующих (см. Поле 7).

Конкретные участники и приёмы, вовлеченные в процесс уменьшения сейсмической уязвимости, являются контекстно-зависимыми, и жизненно важно привлечь компетентных людей к действиям в правильном направлении. Национальное общество сейсмических технологий Непала (НОСТ) оказывает поддержку правительству в разработке новых строительных норм и правил и успешно обучает инженеров и строительные компании. Тем не менее, 93% зданий в Непале построены не инженерами и официальными строительными компаниями, а скорее местными

каменщиками из теневого сектора, которые зачастую и сами являются жителями этих строений. По этой причине НОСТ разрабатывает специфические конкретные указания для каменщиков из теневого сектора. Аналогичным образом, в Баме (Иран), ученые, изучающие землетрясения, поняли, что им необходимо донести опасность землетрясения до сведения строителей, которые зачастую являются неофициально обученными. Поэтому, вместо того, чтобы распространять сложные строительные нормы и правила, они разработали короткое, легкое для понимания руководство по строительству с иллюстрациями.

### Поле 7. Модернизация в целях снижения риска

Модернизация зданий, построенных до введения действующих строительных норм и правил, или с их нарушением, остается важной задачей и приоритетом для многих государственных органов. Италия, к примеру (как многие другие страны Средиземноморья), характеризуется наличием ценного наследия древнего строительства, которое просто не может быть заменено, но должно быть модернизировано. Но, несмотря на очень хороший уровень научной осведомленности об опасности и способах уменьшения риска, уровень модернизации все еще низок, а её качество зачастую оставляет желать лучшего. Поэтому в Италии повышение устойчивости зданий является приоритетной задачей.

НОСТ Непала сотрудничает с местными органами власти, инженерами и сообществами в поиске модернизационных решений, технически выполнимых, экономически доступных, приемлемых в культурном отношении и действенных на местном уровне. Долгосрочные инвестиции в модернизацию окупилась: в Катманду модернизировано более 300 зданий, в том числе школ, в рамках программы сейсмической безопасности школ, и все они выдержали недавнее землетрясение 2015 года; в то же время более 7 000 других школ (80% школ, подвергшихся землетрясению) были повреждены или разрушены. Кроме того, люди могли жить в этих модернизированных зданиях школ после землетрясения, не опасаясь повреждений в результате последующих толчков. Государственные органы Непала продолжают программу модернизации.



Дети в модернизированной школе после землетрясения (НОСТ, 2015)

## «Не землетрясения убивают людей, а здания» — Ник Амбрасейс

Но взаимодействие не начинается и не заканчивается на тех, кто участвует в законодательстве и регламентации: отдельные граждане и сообщества также должны понимать опасность землетрясения. Существует моральный долг — в первую очередь информировать общественность о риске для их личной безопасности и безопасности их дома, а во-вторых, отдельные граждане и сообщества также могут принять меры, снижающие сейсмическую уязвимость. Если они будут способны, то смогут выбрать инвестирование в укрепление или строительство более устойчивых домов. Они также могут быть мощной силой, требуя от правительства большего регулирования строительной отрасли. Опыт таких стран, как Чили, показывает, что если общественность потребует от политиков уделять первостепенное внимание обеспечению безопасности при землетрясениях, то политики будут это делать.

### 3.3. Политическая воля и политика

Государственные органы полностью ответственны за общественную безопасность, и ответственны не только за то, что они делают, но и за то, что не делают. Исходя из этого, в том, что касается землетрясений, государственные органы отвечают за развитие мощной инфраструктуры, а также внедрение и обеспечение соблюдения строительных норм и стратегий, снижающих риск, до начала сейсмических толчков.

Такую стратегию демонстрирует Китай, где государственные органы сверху вниз осуществляют подход к снижению риска землетрясений посредством государственной политики. В 2008 году китайское правительство приняло Закон о защите населения и смягчении последствий землетрясений, в котором представлен энергичный комбинированный подход из профилактических мер и спасательных работ с верхнего уровня управления до нижнего.

В государственных органах для реализации эффективной политики по снижению риска стихийных бедствий, лица, принимающие решения, должны понимать природу риска. Для доведения до сведения государственных органов риска землетрясений могут быть использованы карты зон сейсмологической опасности (см. главу 2.3.2), но для обеспечения доступности информации этого не всегда достаточно: иногда вы должны *убедить* людей.

Проблема убеждения государственных органов действовать состоит в том, что они сталкиваются со многими конкурирующими задачами, такими как бедность, загрязнение окружающей среды, транспортное обеспечение, безработица, и названы только некоторые

из них. Это часто усугубляется тем фактом, что, несмотря на высокую степень опасности землетрясения, во многих странах — включая Казахстан — не было значительного землетрясения в памяти живущих. Следовательно, население и политики имеют ограниченную осведомленность и понимание того, что этот риск значит для них. Кроме того, краткосрочность политических циклов приводит к тому, что политики концентрируются на более насущных и видимых вопросах. Эту проблему проиллюстрировал Канатбек Абдрахматов, директор Института сейсмологии Бишкека и сотрудник Института сейсмологии Алматы:

В Кыргызстане опасность землетрясения высока. Подробные карты зон сейсмической опасности позволили ученым оценить риск землетрясений. Учитывая текущую численность и плотность населения, землетрясение с интенсивностью 9 баллов в Бишкеке может привести к более чем 90 000 смертям. Это число лишь, результат вычисления, но если представить, что это значит для человеческих жизней, семей и сообществ — это страшная потеря. Многие люди в Кыргызстане не понимают возможности этого. И представители правительственных структур не в состоянии реально осознать риск. На одной из встреч я говорил о риске и попросил участников поделиться тем, что они под ним понимают. Единственный полученный мною ответ был «Кто не рискует, тот не пьет шампанское». Не было понимания того, в чем риск землетрясения, что он означает, и почему так важно действовать.

Привлекать государственные органы в работу по вопросу снижения риска землетрясений сложно. Политики не обязательно являются техническими специалистами, и поэтому они не обязательно способны — или желают — понимать язык ученых. Следовательно, ученым важно перевести информацию о землетрясениях на язык политиков, понимая их особые приоритеты и ограничения. Исследования того, каким образом принимаются политические решения, показывают, что доказательство является лишь одним из факторов в данном процессе. Научная информация должна быть передана должным образом в нужное время (см. главу 3.5: «Как это работает»).

Кроме того, ученые не всегда являются лучшими людьми для доведения результатов исследований до представителей правительственных структур или других заинтересованных сторон. Поэтому могут быть очень важны посредники. В Непале, имеющем очень активное гражданское общество, эту роль играет Национальное общество сейсмических технологий (НОСТ). Они обладают достаточным пониманием науки, политических процессов и потребностей, чтобы иметь возможность довести информацию до сведения различных заинтересованных сторон.

Всегда существует опасность искажения и непонимания научных знаний, как это имело место в случае землетрясения в 2009 году в Л`Акуиле в Италии. В данном случае, комментарии, сделанные учеными на совещании комитета по планированию действий в чрезвычайных



ситуациях Органа гражданской защиты были ошибочно поняты представителями правительственных структур и искажены средствами массовой информации. Когда ученые сообщили, что землетрясения по своей сути не являются предсказуемыми в краткосрочной перспективе, и сильное землетрясение в течение нескольких дней после последующих слабых толчков маловероятно, но не невозможно, что было понято так, что землетрясение совсем не произойдет, и ситуация нормальная (и, следовательно, благоприятная). Когда случилось мощное землетрясение, убив сотни людей, возник общественный резонанс, и последующее долгое юридическое сражение тех, кто (если таковые имелись) был ответственен за введение в заблуждение общественного мнения или предоставление неадекватной информации и советов. Несмотря на неоднократные заверения о невозможности выполнения, есть сильная общественная потребность и, следовательно, политическое давление для кого-либо сказать, что сегодняшний день более (или менее) безопасен, по отношению к завтрашнему, а пока что можно не предпринимать никаких шагов, чтобы сделать нечто полезное для снижения сейсмической уязвимости. Эта одна из явных опасностей, позволяющих надеждам на краткосрочный прогноз землетрясения быть связанным с мерами общественной безопасности.

Средства, которыми государственные органы располагают, конечно, зависят от объема ресурсов и определения очередности расходования этих ресурсов. Но расходы на землетрясения должны быть приоритетными: они требуют огромные затраты и смертельно опасны, а также в отличие от наводнений или метеорологических бедствий, которые носят сезонный характер, опасность землетрясений присутствует 365 дней в году.

### 3.4. Осведомленность и готовность населения

Люди должны понимать опасность землетрясения и риск для них самих, их семей, домов и сообществ, так они могут подготовиться и принять меры по снижению их уязвимости. Например, они могут выбрать инвестирование в укрепление или строительство более устойчивых домов.

Осведомленность населения также играет важную роль в повышении общей готовности страны за счет увеличения востребованности стратегий и действий, уменьшающих риск землетрясений. К примеру, люди могут потребовать, чтобы строительные компании строили свои дома в соответствии со строительными нормами и правилами, а сообщества могут принять меры для обеспечения устойчивости их школ и больниц.

В Непале повышение осведомленности и обучение общественности окупилось и практически в сфере спасения человеческих жизней: во время землетрясения 2015 года, более 17 000 выживших (80% от общего числа

спасенных) были извлечены из зданий и завалов населением или спаслись самостоятельно.

На большей части континентальной Азии, несмотря на высокую степень опасности землетрясений, их относительная нерегулярность приводит к тому, что широкая общественность не всегда осведомлена о риске. Одна из наиболее распространенных причин, по которой широкая общественность не информируется о риске землетрясений, состоит в опасении, что это вызовет панику среди населения. Тем не менее, данные других стран показывают, что информирование общественности фактически ведет к повышению устойчивости и готовности к землетрясениям. Это происходит по двум основным причинам. Во-первых, если люди осведомлены, они более эмоционально устойчивы: они понимают риск и имеют волю действовать, что приводит к уменьшению паники и снижает зависимость от ответной реакции государственных органов. Во-вторых, на практическом уровне, имея верную информацию и должную подготовку, люди знают, что делать в условиях кризиса и могут во время землетрясения принять ответные меры самостоятельно.

В идеале стратегии снижения риска бедствий должны сочетать в себе подходы сверху вниз и снизу вверх, что приводит к большей устойчивости и готовности в целом. В Японии, например, высока осведомленность о землетрясениях и социальная устойчивость. После землетрясения 2016 года в Кумамото эвакуация, организованная под руководством государственных органов, была стремительной, перемещая большое количество людей во временное жилье, но люди были спокойны и удовлетворены, потому что были подготовлены и знали, что ожидать. Таким образом, подходы снизу вверх к обеспечению готовности к бедствиям, важно дополнять инициативами сверху вниз.

*«Я часто слышу: «Не говорите людям! Они запаникуют», но мне 68 лет, и я не считаю, что люди настолько глупы, чтобы паниковать, когда получают информацию; но я только тогда видел, что они паникуют, когда чувствуют, что были обмануты» — Амод Диксит*

Конечно, повышать уровень осведомленности общественности о землетрясениях в таких странах, как Япония



Рисунок 4. Непал сталкивается со множеством стихийных бедствий (База данных Desinventar (1971–2014))



и Чили<sup>3</sup>, которые испытывают их часто, сравнительно легко: большинство людей пережили землетрясение в своей жизни и знают о риске из первых рук. В Центральной Азии, где землетрясения происходят гораздо реже, иногда не достаточно просто информировать людей о риске — как и государственные органы — иногда людей необходимо убеждать. Частные лица и сообщества имеют собственные ежедневные трудности и проблемы, и поэтому это также вопрос приоритетов. В Непале, например, НОСТ обнаружил, что говорить о землетрясениях с людьми, которые их не испытали бесполезно. Риск не ощущался реальным или актуальным. Они были больше озабочены воздействием оползней, вызванных проливными дождями, от которых страдали каждый год. Поскольку оползни также являются вторичной опасностью при землетрясениях, это предоставило НОСТ возможность привлечь внимание сообществ к риску землетрясений (см главу 3.5: «Как это работает»).

Важно перевести оценку опасности землетрясений на язык, понятный неспециалистам, и принять во внимание ограниченный выбор, имеющийся у многих людей. Это заключается в том, чтобы войти в сообщества и говорить с людьми, обучать местных каменщиков, учителей, студентов и так далее.

3 В Чили большинство людей испытывают одно землетрясение магнитудой M5 в течение года, одно землетрясение магнитудой M7 каждые 10 лет и одно землетрясение магнитудой M8+ в течение своей жизни. Для них риск землетрясений не теоретический вопрос.

*«Если у человека нет денег, он построит дом из материалов, которые имеет сейчас, на участке земли, который ему дан, даже если имеет всю необходимую информацию [о риске землетрясения] — потому что он должен жить; у него есть семья, которую надо обеспечить. Потому что такова жизнь: идет снег, ребенок плачет, и он построит свой дом. Здесь нет готового решения. Есть огромное количество факторов, которые следует учитывать. Первый шаг — это говорить на одном языке», — Канатбек Абдрахматов.*



### 3.5 Как это работает



Дети проверяют сейсмические свойства на модельных сооружениях в ходе классной работы по снижению риска бедствий, Китай. Фото: Решения в сфере гендерного развития

### Образование детей в сфере осведомленности о землетрясениях и готовности к ним

Опыт показывает, что обучение молодых людей может быть одним из наиболее эффективных способов повышения уровня осведомленности общественности. Это происходит по двум причинам: во-первых, дети растут, поэтому информирование детей о риске приведет к повышению долгосрочной осведомленности среди широкой общественности. Во-вторых, часто дети приходят домой из школы и рассказывают своим семьям о том, что они выучили. Опыт участников конференции показал, что это работает в различных ситуациях. В Китае есть поговорка:

«маленькие руки держат большие». Китай уделяет особое внимание подготовке ребенка путем охвата школ в качестве объектов для повышения осведомленности о стихийных бедствиях и проведения тренировочных занятий. В Иране пятнадцатиминутная детская телевизионная программа была эффективным способом повышения осведомленности.

### Использование сценариев для доведения до сведения риска землетрясений в реальных условиях

Сценарии разрушений в результате землетрясения особенно полезны для снижения риска землетрясений по двум направлениям. Во-первых, они являются важным инструментом планирования: основанные на научном понимании опасности на всей площади или для конкретного объекта, сценарий может определить уязвимость и риски, принимая во внимание местные знания и опыт, и разработать адаптированные и имеющие практическую направленность стратегии снижения риска. Во-вторых, это мощный инструмент повышения осведомленности. Сценарии разрушений трансформируют научное понимание опасности и риска в последствия реальной жизни: например, число вероятных смертей, прогнозируемый ущерб зданиям и объектам жизнеобеспечения.

Модели и наглядные демонстрации также оказались успешными в доведении до сведения широкой общественности информации о риске землетрясений. В Непале большой успех имела «Виброплощадка НОСТ», модель из двух зданий, стоящих бок о бок, которая при энергичном встряхивании демонстрирует важность модернизации (одно здание рушится, другое остается нетронутым).

Это может быть особенно полезно для детей или менее грамотных групп населения, но в конечном счете, это простой и убедительный способ разъяснения риска для всех заинтересованных сторон.

### **Использование подхода «мульти-опасности» для привлечения внимания людей к риску землетрясений**

В сельских сообществах провинции Шэньси, Китай, исследователи в рамках проекта «Землетрясения без границ» обнаружили, что землетрясения часто кажутся далекой угрозой (или люди просто не знают о данной угрозе вообще), так как в регионе не было землетрясения в памяти живущих. Сообщества были сильнее озабочены наиболее распространенными бедствиями, включая засухи, пожары, наводнения и оползни. Вовлечение сообществ в работу по снижению риска стихийных бедствий, связанных с наиболее распространенными угрозами, представили неправительственные организации, работающие на данной территории с «Входом» в сообщества, чтобы сообщить о риске землетрясений. Кроме того, привлечение внимания сообществ к риску, связанному с оползнями, — и помощь им смягчить последствия этого риска — поможет снизить риск землетрясений, так как оползни являются обычным вторичным риском в горных сельских сообществах провинции Шэньси. Результаты были подобными в сельских сообществах Непала, которые также были гораздо лучше осведомлены об опасности сопутствующих оползней, а также на севере Индии, где регулярный разлив реки Ганг является более частой пережитой угрозой, чем землетрясения, даже несмотря на мощное землетрясение, причинившее огромный ущерб и повлекшее человеческие жертвы в 1934 году.

### **Экстренный период после землетрясения — ценная возможностью привлечь представителей правительственных структур**

Страны, на территории которых землетрясения происходят чаще, имеют тенденцию быть более подготовленными. Государственные органы и люди учатся на

опыте. Для тех стран, где землетрясения случаются не часто, тем не менее, даже более важно, узнать как можно больше о каждом землетрясении для анализа снижения риска и способов реагирования. В этот момент государственные органы более восприимчивы и это становится приоритетом.

Но странам не нужно ждать того, чтобы люди погибли, а города подверглись разрушению, прежде чем говорить о землетрясениях. В частности, там, где землетрясения не случались в течение ряда лет, исследователи могут использовать опыт (и часто трагические потери) других стран для привлечения представителей правительственных структур. Сценарии разрушений при землетрясении, которые описывают предполагаемые последствия от будущего землетрясения для города или страны также могут быть мощным способом разъяснения риска (см главу 3.5.2).

### **Привлечение заинтересованных сторон с использованием социальных средств информации**

Использование социальных средств информации в качестве инструмента для привлечения общественности становится все более распространенным, как в городских, так и сельских сообществах по всему миру. Это способ охватить большое число людей легко получаемыми сообщениями. В Италии во время следующих друг за другом землетрясений в 2013 году мэр Кастельнуово ди Гарфа разместил в твиттере сообщение, советуя жителям «спать вдали от дома», до эвакуации исторического центра города, после получения предупреждения от органов гражданской защиты о возможности мощных толчков после недели слабых (Митзман, 2013).

Казахстанский Институт Сейсмологии получает ряд запросов от широкой общественности с просьбой проконсультировать об опасности землетрясений, когда люди собираются построить или купить недвижимость. На конференции Наталья Силачева, сотрудница Казахстанского Института Сейсмологии, предложила, что мобильное приложение («приложение»), делающее эти данные свободными и легко доступными, могло бы стать хорошим способом привлечения общественности и информирования об опасности землетрясений.



# Выводы

Накопленный опыт и знания, предоставленные в ходе конференции, о которой написана эта статья, имеют широкое применение. Участники узнали, что кратко изложено в данной статье, о впечатляющих методах и технологиях, которые используются во всем мире, для осознания сейсмологической опасности, а также о роли современной науки в минимизации ущерба и предотвращения жертв, когда — а не если — произойдет следующее землетрясение.

Объединяя международных экспертов в области науки о землетрясениях для того, чтобы делиться своим различным, а чаще всего сходным опытом в изучении землетрясений и в политике и практике снижения риска стихийных бедствий, конференция показала, что землетрясения, действительно, без границ, и что сотрудничество и изучение необходимы, если мы хотим сохранить жизни людей и средства существования.

Принимая это во внимание, на третий день конференции были совместно сформулированы ключевые выводы, прозвучавшие в течение трех дней и рассмотрен вопрос о том, как можно информировать о науке сейсмологии, политике и практике снижения риска землетрясений в принимающей стране. Способ изложения, адаптированный в соответствии с выводами аналогичной встречи в Тебризе, организованной Геологической службой Ирана в 2014 году (Конгресс ГСИ, 2014), был использован в рамках обсуждения, а затем изменен после комментариев группы международных экспертов, в том числе казахстанских делегатов, а также международных и казахстанских гостей, чтобы выполнить серию заключительных выступлений и обучающих занятий для Казахстана.

## Уроки для Казахстана

**Вся территория в пределах и вблизи горных районов Южного и Восточного Казахстана уязвима перед землетрясениями.** В этом горном регионе, большая часть населения Казахстана подвергается воздействию землетрясений и связанных с ними опасностей, таких как оползни и обвалы, особенно в городах.

Землетрясения служили, и будут служить в будущем причиной потерь жизни, травм, уничтожения имущества, а также экономических и социальных потрясений. **Тем не менее, будущие потери, разрушения и уничтожения от землетрясений могут быть существенно уменьшены за счет разработки и реализации мер по смягчению их последствий.**

**Современное состояние науки о землетрясениях не позволяет предсказать точное время, в которое оно произойдет.** Тем не менее, проводя необходимые и непрерывные исследования, становится все более возможным определить примерные места будущих землетрясений и спрогнозировать вероятный размер очага землетрясения и его характер, исходя из которых можно оценить уровень и природу опасности. Это может включать общее и детальное сейсмическое районирование и рассматриваться в качестве долгосрочного прогноза вероятных мест землетрясений и их мощности. При этом возможно работать в направлении снижения риска опасности в соответствующей образовательной, социальной, политической и инженерной сфере деятельности.

**Не нужно предсказывать точное время землетрясений для того, чтобы существенно повлиять на снижение их последствий.** Опыт таких стран как Япония, Чили, США и Новая Зеландия, а также бывшего Советского Союза, показывает, что такой подход, практикуемый в течение десятилетий, эффективен для повышения устойчивости к землетрясениям и, в частности, для сокращения числа жертв во время землетрясений.

**Возлагать надежду на то, что наука предоставит надежный метод прогнозирования времени землетрясения контрпродуктивно:** это подталкивает общественность и официальных лиц ничего не делать, надеясь, что ученые «решат» проблему, которую они не могут решить. Вместо этого общественности, официальным лицам и ученым необходимо работать совместно, чтобы взять на себя ответственность за то, что может быть сделано для смягчения последствий землетрясений.

**Опыт ряда стран показывает, что соответствующие строительные нормы, правила и стандарты, если их соблюдать, могут значительно снизить ущерб, причиненный в результате землетрясений.** Но наличие строительных норм и правил само по себе недостаточно; их следует применять для всех новых зданий и необходимо уделять внимание модернизации существующих зданий. В то время как государственные органы должны оплатить дополнительные расходы для общественных зданий (особенно для школ и больниц), частным компаниям и общественности следует настроиться на покрытие стоимости частных зданий. Государственные органы могут помочь, предоставляя информацию и возможности обучения.

---

**Официальные лица и общественность должны быть проинформированы об опасности и способах снижения риска.** Это особенно сложно в Казахстане, где не было ни одного крупного землетрясения в памяти живущих, и уровень осведомленности низок. Образование детей и их учителей в школах является особенно важным. Данный метод доказал свою эффективность для воздействия на взрослых во многих странах. Открытое и честное общение и высокие этические стандарты жизненно важны. Ученых следует мотивировать на предоставление реалистичных рекомендаций государственным органам на основе имеющихся знаний. Эффективное взаимодействие должно быть установлено между учеными и государственными органами, в целях определения риска и точного оповещения о нем, используя соответствующие каналы для общественности, которая также несет ответственность за собственную безопасность.

**Реалистичная оценка опасности землетрясений требует работы.** В частности, необходимо находить активные разломы, генерирующие землетрясения, которые неизвестны или скрыты. При тщательном исследовании, их характеристики могут быть выявлены, включая долгосрочную скорость движения плит и историю землетрясений в местах разломов. Это особенно важно в Казахстане, где интервал между землетрясениями продолжителен, и прошедшие землетрясения предшествуют появлению современных сейсмических приборов. Развитие знаний и навыков молодых ученых имеет определяющее значение.

**Возникновение угрозы землетрясения и риск землетрясений могут проявляться в разных местах.** Разрушения от землетрясения в Алматы в 1911 году были вызваны движением в месте разлома на расстоянии не менее 50 километров. Помимо того, этот явившийся причиной землетрясения разлом находится за пределами территории Казахстана в Кыргызстане. Это подчеркивает тот факт, что землетрясения не признают политических границ. Мощное землетрясение может иметь разрушительные последствия за пределами границ страны. Поэтому, региональное сотрудничество и совместные научные проекты, имеет решающее значение для правильного понимания опасности и снижения риска для общества. Продолжение англо-казахского и кыргызско-казахского сотрудничества имеет важное значение.

**Мощные землетрясения являются мировой проблемой.** Поскольку разрушительные землетрясения часто затрагивают какую-либо одну нацию, международное сотрудничество является полезным для взаимного обучения в условиях ограниченного опыта. Проект «Землетрясения без границ» обеспечивает существенную возможность для казахстанских ученых получить преимущества из этого проекта. Демонстрируя тесную связь с международным научным пониманием и мнением, также можно расширить возможности ученых в своей собственной стране, дать им больше полномочий и усилить доверие при общении с собственными политиками, общественностью и лицами, принимающими решения.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А: ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

## Наука о землетрясениях и рисках в Центральной Азии Алматы, Казахстан, 7-9 сентября 2016

### День первый: Текущее состояние науки о землетрясениях в Центральной Азии

Фасилитатор:  
Александр Стром (Москва, Россия)

#### Презентации:

- **Достопочтимый Заместитель Акима г.Алматы (Румиль Тауфиков), профессора Т.Абаканов и Д.Джексон**  
Вступление и приветствия.
- **Джеймс Джексон (Кембридж, Великобритания)**  
Обзор мероприятия, его целей и специфики землетрясений в Центральной Азии
- **Танаткан Абаканов (Алматы, Казахстан)**  
Риски при землетрясениях в Казахстане
- **Ричард Уокер (Оксфорд, Великобритания)**  
Наука о землетрясениях в Тянь-Шане
- **Канатбек Абдрахматов (Бишкек, Кыргызстан)**  
Великие землетрясения в истории Тянь-Шаня
- **Галина Куликова (Потсдам, Германия)**  
Сейсмологическое изучение исторических Тянь-Шанских землетрясений
- **Наталья Михайлова (Алматы, Казахстан)**  
Сейсмический мониторинг в Казахстане
- **Кристоф Грейцнер (Кембридж, Великобритания) и Грейс Кемпбелл (Аруп, Великобритания)**  
Современная геоморфология и кватерная геология активных разломов в Казахстане и Кыргызстане
- **Ангела Ландграф (Потсдам, Германия)**  
Палеосейсмологические исследования исторических землетрясений в Казахстане и Кыргызстане
- **Алекс Коупли (Кембридж, Великобритания)**  
Использование InSAR и моделирование в активной тектонике
- **Кейт Пристли (Кембридж, Великобритания)**  
Литосферная структура Центральной Азии и Тянь-Шаня
- **Наталья Силачева (Алматы, Казахстан) и Илария Моска (Эдинбург, Великобритания)**  
Оценка угроз землетрясений в Казахстане
- **Александр Стром (Москва, Россия)**  
Вызванные землетрясениями оползни в Тянь-Шане

### День второй: Текущее состояние науки о землетрясениях в Центральной Азии

Фасилитаторы: Джон Янг (Лондон, Великобритания)  
и Тим Сим (Гонконг, Китай)

#### Презентации:

- **Алкуат Нурмагамбетов (Алматы, Казахстан)**  
Об Академике Ш.Е.Есенове и сейсмологии в Казахстане
- **Танаткан Абаканов (Алматы, Казахстан)**  
Сейсмология и политика в области науки о землетрясениях в Казахстане
- **Канатбек Абдрахматов (Бишкек, Кыргызстан)**  
Снижение рисков при землетрясениях в Кыргызстане
- **Никола Д'Агостино (Рим, Италия)**  
Оценка угроз при землетрясениях в Италии
- **Захра Мусави (Зенджан, Иран)**  
GPS и угрозы при землетрясениях в Иране
- **Мортеза Талебьян (Тегеран, Иран)**  
Наука о землетрясениях и снижение сопутствующих им рисков в Иране
- **Грейс Кемпбелл (Аруп, Великобритания)**  
Уроки, полученные в результате землетрясения в Кумамото, Япония, 2016г.
- **Суприйо Митра (Калькутта, Индия)**  
Угроза землетрясений в Гималаях
- **Амод Диксит (Катманду, Непал)**  
Уроки двух десятилетий подготовки к землетрясениям в Непале
- **Тим Сим (Гонконг, Китай)**  
Наука о землетрясениях в Китае и формирование соответствующей политики
- **Джон Янг (Лондон, Великобритания)**  
Наука — в претворение соответствующей политики: международные перспективы



## День третий: Риски при землетрясениях: восприятие, политика и образование

Фасилитаторы: Амод Диксит (Катманду, Непал) и Джеймс Джексон (Кембридж, Великобритания)

### Сессия первая: Обзор и уроки недавних землетрясений в Средиземноморско-Азиатском сейсмоопасном поясе

#### Презентации:

- **Никола ДэАгостино (Рим, Италия)**  
Землетрясение 2005-го года в Л'Аквиле в Италии
- **Шурья Шрехста (Катманду, Непал)**  
Землетрясение в Горкхе (Непал) в 2015-м году
- **Мортеза Талебьян (Тегеран, Иран)**  
Землетрясение в Баме (Иран) в 2003-м году
- **Канатбек Адрахматов (Бишкек, Кыргызстан)**  
Нуринаское землетрясение 2008-го года в Китае
- **Тимоти Сим (Гонконг, Китай)**  
Венчуаньское землетрясение 2008-го года в Китае

### Сессия вторая: Как наиболее эффективно использовать накопленные в разных странах опыт, знания и понимания разных стран

Модераторы: Чокан Лаумулин (Алматы и Кембридж, Великобритания) и Сьюзан Сарджент (Эдинбург, Великобритания)

#### Панель:

- **Танаткан Абаканов (Алматы, Казахстан)**
- **Канатбек Адрахматов (Бишкек, Кыргызстан)**
- **Никола ДэАгостино (Рим, Италия)**
- **Мортеза Талебьян (Тегеран, Иран)**
- **Шурья Шрехста (Катманду, Непал)**
- **Суприйо Митра (Калькутта, Индия)**
- **Тимоти Сим (Гонконг, Китай)**

#### Вопросы:

- Какие основные или общие уроки можно извлечь на примере прошедших землетрясений в разных странах?
- Каковы наиболее эффективные способы повышения осведомленности общества; как помочь общественности, политикам и лицам, принимающим решения, в расстановке приоритетов в принятии мер по смягчению последствий землетрясений?
- Как могут ученые, общественность и лица, принимающие решения, работать вместе и помогать друг другу?

### Сессия третья: Фокус на Казахстан

Модераторы: Чокан Лаумулин и Джон Янг (Лондон, Великобритания)

#### Панель:

- **Танаткан Абаканов (Алматы, Казахстан)**
- **Алкуат Нурмагамбетов (Алматы, Казахстан)**
- **Канатбек Адрахматов (Бишкек, Кыргызстан)**
- **Александр Стром (Москва, Россия)**
- **Амод Диксит (Катманду, Непал)**

#### Вопросы:

- Какие уроки были извлечены из конференции и что из них релевантно для Казахстана?
- Как эти уроки можно применить на практике, использовать в будущем?
- Как может международное партнерство, подобное как «Землетрясения без границ», посодействовать Казахстану в этом вопросе?
- Каковы основные выводы?

---

## Приложение Б: участники конференции

### Делегаты из Казахстана

Доктор Танаткан Абаканов (Институт сейсмологии, Алматы). Президент Национального центра сейсмологических наблюдений и исследований, директор Института сейсмологии, доктор технических наук, академик, консультант ЮНЕСКО по сейсморазведке и сейсмостойкому строительству.

Доктор Наталья Михайлова (КНЦД, Алматы). Директор Казахстанского Национального Центра Данных (<http://www.kndc.kz>). Сейсмолог работает в рамках Международной системы мониторинга (МСМ) для проверки соблюдения договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ).

Доктор Алкуат Нурмагамбетов (КазНТУ имени К. Сатпаева, Алматы). Профессор сейсмологии. Опытный сейсмолог работает в области оценки сейсмической опасности, техногенных сейсмических явлений, связанных с развитием минерально-сырьевой базы, повышения сейсмической грамотности.

Доктор Наталья Силачева (Институт сейсмологии, Алматы). Сейсмолог, специализирующаяся на оценке сейсмологической опасности, микрорайонирования, инженерной сейсморазведки

Доктор Танаткан Абаканов (Институт сейсмологии, Алматы). Президент Национального центра сейсмологических наблюдений и исследований, директор Института сейсмологии, доктор технических наук, академик, консультант ЮНЕСКО по сейсморазведке и сейсмостойкому строительству.

Доктор Наталья Михайлова (КНЦД, Алматы). Директор Казахстанского Национального Центра Данных (<http://www.kndc.kz>). Сейсмолог работает в рамках Международной системы мониторинга (МСМ) для проверки соблюдения договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний (ДВЗЯИ).

Доктор Алкуат Нурмагамбетов (КазНТУ имени К. Сатпаева, Алматы). Профессор сейсмологии. Опытный сейсмолог работает в области оценки сейсмической опасности, техногенных сейсмических явлений, связанных с развитием минерально-сырьевой базы, повышения сейсмической грамотности.

Доктор Наталья Силачева (Институт сейсмологии, Алматы). сейсмолог, специализирующаяся на оценке сейсмологической опасности, микрорайонирования, инженерной сейсморазведки

### Делегаты из Великобритании

Г-жа Луиза Болл (Институт Развития Зарубежных Стран — ИРЗС, Лондон). Старший сотрудник по связям для исследований и политики в программе развития (ИПиПР) в ИРЗС. Экспертиза в некоммерческих связях, включая стратегическое развитие, исследования поглощения, управления публикациями и цифровые коммуникации.

Доктор Грег Банкофф (Исторический факультет, Университет Халла). Профессор истории окружающей среды. Занимается адаптацией к риску и управлением в зонах бедствий в Азии, Австралии и Европе. Полевые проекты в Казахстане и на Филиппинах.

Г-жа Ханна Каддик (Институт Развития Зарубежных Стран — ИРЗС, Лондон). Старший сотрудник по связям для исследований и политики в программе развития (ИПиПР) в ИРЗС. Экспертиза некоммерческих статей и связи посредством цифровой передачи информации и печати, управление проектами публикаций, оформление и дизайн.

Доктор Грейс Кэмпбелл (Консалтинговые Инженеры Аруп, Лондон, Великобритания). Геолог, изучающий землетрясения, имеющий полевой опыт исследований активных разломов в Казахстане и Кыргызстане. Кандидат наук, Кембридж. В настоящее время работает с Аруп в Лондоне.

---

Доктор Алекс Копли (Институт наук о Земле, Кембриджский университет). Геолог и геофизик, имеет научные интересы в областях активной тектоники и геодинамики, используя геодезию, сейсморазведку, геоморфологию и численное моделирование. Опыт полевых работ в Греции, Иране и Индии.

Доктор Остин Эллиотт (Институт наук о Земле Оксфордского университета). Геолог, изучающий землетрясения, имеет научные интересы в геоморфологии и палеосейсмологии. Опыт полевой работы в Китае, Казахстане и США.

Доктор Кристоф Груецнер (Институт наук о Земле, Кембриджский университет). Геолог, изучающий землетрясения, имеет научные интересы в геоморфологии и палеосейсмологии. Опыт полевой работы в Греции, Испании, Германии, Омане, Кыргызстане и Казахстане.

Доктор Джеймс Джексон (Институт наук о Земле, Кембриджский университет). Профессор активной тектоники. Руководитель проекта «Землетрясения без границ». Геолог, изучающий землетрясения, и сейсмолог с опытом полевой работы по всему Средиземноморью, Ближнему Востоку и Азии, а также в Африке, США и Новой Зеландии.

Г-н Чокан Лаумулин (Центр по Изучению Проблем Развития, Кембриджский университет). Научный сотрудник Кембриджского Центрально-Азиатского форума, журналист, писатель, историк и исследователь технологического развития в Советском Союзе и постсоветской Евразии.

Доктор Дэвид Милледж (Географический факультет, Университет Дарема). Геоморфолог, имеет научные интересы в изучении эрозии, оползней и стихийных бедствий в горах. Опыт полевой работы в Непале и Казахстане.

Доктор Илария Моска (Британская Геологическая Служба, Эдинбург). Сейсмолог, специализирующийся на оценке сейсмологической опасности, сотрудничает со специалистами в Казахстане.

Доктор Кэти Оувен (Географический факультет, Университет Дарема). Географ, работающий в сфере изучения уязвимости и устойчивости сообществ к опасным природным явлениям и снижения риска стихийных бедствий. Полевые проекты в Непале, Индии (штат Бихар), Казахстане и Китае.

Доктор Кейт Пристли (Институт наук о Земле, Кембриджский университет). Профессор сейсмологии. Использует землетрясения для исследования внутренней структуры Земли и тектонических и геодинамических исследований. Обширный опыт эксплуатации сейсмографических сетей в США, Чили, Исландии, Средиземноморье, Иране, Индии, Казахстане, Туркменистане, Азербайджане, Новой Зеландии.

Доктор Сьюзан Саргент (Британская Геологическая Служба, Эдинбург). Сейсмолог, специализирующийся на оценке сейсмологической опасности, сотрудничает со специалистами в Казахстане. Также имеет научные интересы в сфере государственного образования, научной коммуникации и политики, особенно с участием международных организаций.

Доктор Монту Саксена (Физический Факультет Кембриджского университета), занимается физикой твердого тела, председатель Кембриджского Центрально-Азиатского форума, который призван поощрять и оказывать содействие широкому спектру объединенных естественных и социальных наук и развитию научно-исследовательских программ по всей Центральной Азии.

Доктор Петер Саммондс (Институт наук о Земле, Университетский колледж Лондона). Профессор геофизики и директор Института риска и уменьшения опасности стихийных бедствий. Специалист в области физики и механики геологических материалов, а также исследователь воздействия изменения климата и стихийных бедствий.

Доктор Ричард Уолкер (Институт наук о Земле, Оксфордский Университет). Профессор тектоники. Геолог, изучающий землетрясения, используя дистанционное зондирование и полевые исследования для изучения истории землетрясений в зонах активных разломов. Обширный опыт полевых исследований в Монголии, Иране, Тибете, Тайване, Греции, Марокко, Кыргызстане, Казахстане и Китае.

Доктор Джон Янг (Институт Развития Зарубежных Стран — ИРЗС, Лондон). Руководитель направления Исследований и Политики в Программе развития ИРЗС. Специалист в области максимизации исследований и оценочного использования, особенно в рамках крупных комплексных проектов. Он работает в сферах управления, изучения источников существования, стихийных бедствий, знания и энергии, исследовательской политики и практики.

---

## Делегаты из Германии, Гонконга, Индии, Ирана, Италии, Кыргызстана, Непала и России

Доктор Канатбек Абдрахматов (Институт сейсмологии Академии наук, г. Алматы, Казахстан и Бишкек, Кыргызстан). Директор Института сейсмологии в Бишкеке и сотрудник Института сейсмологии, Алматы. Имеет научные интересы в геологии землетрясений, геоморфологии, палеосейсмологии и изучения опасности землетрясения, с большим опытом полевой работы по всей Центральной Азии. Руководитель совместных международных проектов в области активной тектоники, включая Джи Пи Эс.

Доктор Никола Д'Агостино (Институт Национальной Геофизики и Вулканологии, Рим, Италия). Кандидат наук Рим; Постдоктор в Кембридже, Великобритания. Научный сотрудник в области тектоники, геодинамики, геодезии (Джи Пи Эс), сейсморазведки землетрясений, изучении силы тяжести. Обширный опыт полевой работы в Средиземноморье, Италии и Иране.

Доктор Амод Диксит (Национальное общество сейсмических технологий — НОСТ, Катманду, Непал). Исполнительный директор НОСТ. Инженер, изучающий землетрясения, имеет научные интересы в социальной психологии, количественных социальных исследованиях, в сфере связи и средств массовой информации. Участвовал в проектах по повышению осведомленности населения о сейсмической опасности, а также по укреплению школ в Непале.

Доктор Галина Куликова (Институт Земли и Экологических наук, Университет Потсдам, Германия), кандидат наук, Потсдам, Германия. Сейсмолог и специалист в изучении исторических землетрясений Тянь-Шаня.

Доктор Анжела Ландграф (Институт Земли и Экологических наук, Университет Потсдама, Германия), кандидат наук, Потсдам, Германия. Геолог и палеосейсмолог с опытом полевой работы в Иране, Монголии, Аргентине, Кыргызстане и Казахстане.

Доктор Суприйо Митра (Индийский Институт Научного Образования и Исследований — ИИНОИ, Калькутта, Индия), кандидат наук, Кембридж, Великобритания. Профессор сейсмологии с большим опытом полевой работы в Индии и Непале, включая исследования после землетрясений в Гималаях.

Доктор Захра Мусави (Институт наук о Земле, Институт Перспективных Исследований в области Фундаментальных Наук (ИПИФН), Зенджана, Иран). Кандидат наук, Гренобль, Франция. Научный сотрудник, специализирующийся на космической геодезии (Джи Пи Эс, InSAR) для изучения тектоники и стадий опасности землетрясений. Опыт эксплуатации GPS сетей на территории Ирана.

Доктор Хамид Назари (Геологическая служба Ирана, Тегеран, Иран). Кандидат наук. Монтпелье, Франция; пост-докторский исследователь во Франции и Кембридже, Великобритания. Геолог, изучающий землетрясения, специализирующийся на палеосейсмологии. Обширный опыт полевой работы в Иране.

Господин Сурья Шреста (Национальное Общество Сейсмических Технологий — НОСТ, Катманду, Непал). Инженер-строитель, изучающий землетрясения, и руководитель проекта по обеспечению готовности к землетрясениям. Кроме этого руководитель в сфере общественного образования по тематике землетрясений.

Доктор Тимоти Сим (Институт прикладных социальных наук, Гонконгский политехнический университет, Китай), кандидат наук, Гонконг. Доцент, специалист по социальной работе в зоне бедствий. Директор Программы сотрудничества Гонконгского политехнического университета и Управления Организации Объединенных Наций по снижению риска бедствий (МССБ) (2015–2016).

Доктор Александр Стром (Научно-исследовательский центр геодинамики — филиал ОАО Институт Гидропроект, Москва, Россия), имеет научные интересы в геологии, геоморфологии и дистанционного зондирования; специалист в области оползней, вызванных землетрясениями в Центральной Азии.

Доктор Мортеза Талебиан (Геологическая служба Ирана, Тегеран, Иран). Кандидат наук, Кембридж, Великобритания. Старший научный сотрудник, изучающий землетрясения, отвечающий за группу Тектоника, а также директор Научно-исследовательского института наук о Земле. Специалист в области геологии землетрясений, сейсморазведки и тектоники, имеющий обширный опыт полевой работы в Иране.

---

## Рекомендованная литература

- Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д. и Дельво D. (2002) «Активная тектоника и сейсмологическая опасность бассейна Иссык-Куль в Кыргызском Тянь-Шане» и Клеркх Дж., Иманакунов Б. (ред.) «Озеро Иссык-Куль: его природная среда». *Серия Наука НАТО: IV Науки о Земле и окружающей среде* 13: 147-160.
- Богданович К.И., Карк И. М., Корольков Б.Я. и Мучкетов Д.И. (1914) «Землетрясение 4-го января 1911 года в северных районах Тянь-Шаня» *Тр. Геол. Ком. Сер.* 89: 270 (на русском языке).
- Кэмпбелл Г.Е., Уолкер Р.Т., Абдрахматов К., Джексон Дж., Эллиотт Дж.Р., Маккензи Д., Миддлтон Т. и Швеннингер Дж. Л. (2015) «Великие землетрясения при низкой скорости деформации во внутренних континентальных районах: на примере Ю-В Казахстана» *журн. геофиз. Исследований Твердая Земля* 120: 5507–5534. DOI:10.1002/2015JB011925.
- Чен К.Ф. и Ванг К. (2010) «Землетрясение 2008 года в Вэньчуань и прогноз землетрясений в Китае» *Бюллетень сейсмологического общества Америки* 100 (5B): 2840-2857.
- Даниель Дж.Е., Хазай Б., Венцель Ф. и Верваек А. (2011) «CATDAT- база данных разрушительных землетрясений» *Прир. Опасности Сист. Земли Наука*. 11(8): 2235-2251. DOI: 10.5194/nhess-11-2235-2011
- Конгресс ГСИ (2014) Заключительные заявления, 32-й Национальный и 1-й Международный геологический конгресс, Тебриз (Иран) 17-18 февраля 2014, доступно по ссылке <http://earthquake.conference.gsi.ir/en/contents/Closing-statements/Closing.statements.html>, последнее обращение 5 октября 2016.
- Куликова Г. и Крюгер Ф. (2015) «Исходный процесс землетрясения 1911 года в Чон-Кемине М8.0: результаты исследования с помощью аналоговых сейсмических записей» *Геофиз. Интерн. журн.* 201(3): 1891-1911. DOI: 10.1093/gji/ggv091.
- Мэй С., Фэнг Д., Чжан Г. и др. (1993) *Введение в прогноз землетрясений в Китае*. Пекин: Сейсмологическое издание, 1-246 (на китайском языке).
- Мицман Д. (2013) «Почему эвакуацию при землетрясении никто не чувствует?» Аквила, Италия: Новости БиБиСи [www.bbc.co.uk/news/magazine-22039903](http://www.bbc.co.uk/news/magazine-22039903).
- Нурмагамбетов А. (1999) *Сейсмическая История Алматы*. Алматы: ЛЕМ (на русском языке).
- Чжан Г., Фу С., Джуи С. (2001) *Введение в прогноз землетрясений в Китае*. Пекин: Сейсмологическое издание, 399 (на китайском языке).
- Зубович А.В. и др. (2010) «GPS данные о скоростях по Тянь-Шаню и прилегающей территории» *Тектоника* 29, ТС6014, DOI: 10.1029/2010TC002772: 4 (рисунок 6).





---

ODI — это ведущий независимый исследовательский центр Великобритании по вопросам международного развития и гуманитарных проблем.

---

Мы призываем читателей воспроизводить материалы из отчетов ODI для их собственных публикаций, при условии, что это не для коммерческих целей. Являясь правообладателем, ODI просит должное подтверждение и копию такой публикации. Для использования онлайн мы просим указывать ссылку на источник (веб-сайт ODI). Точка зрения авторов, процитированные в данной публикации, необязательно совпадают с точкой зрения составителей данного отчета (ODI).

© Overseas Development Institute 2016. Данная работа публикуется по лицензии Creative Commons Attribution — NonCommercial Licence (CC BY-NC 4.0).

Отчеты ODI доступны по адресу [www.odi.org](http://www.odi.org)

Фото обложки: полевой выезд в Ушканыр (Алматы) в рамках Научной конференции. Виктор Магдеев/Научно-образовательный фонд им.Акад.Шахмардана Есенова, 2016.

Overseas Development Institute  
203 Blackfriars Road  
London SE1 8NJ  
Tel +44 (0) 20 7922 0300  
Fax +44 (0) 20 7922 0399

[odi.org](http://odi.org)