

<sup>1</sup>А.Т. Турарбек, <sup>2</sup>А.Б. Садыкова

(<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби)

Asem.Turarbek@kaznu.kz, Turarbek\_ase@mail.ru

<sup>2</sup>(Институт сейсмологии Казахстана

Алматы, Казахстан, aluadin@mail.ru)

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КАЗАХСТАНЕ

**Аннотация.** В данной статье описывается современное состояние анализа и прогноза землетрясений, проводившееся с помощью различных методов и средств. Представлено развитие сейсмологических исследований мирового уровня и Казахстана.

**Ключевые слова.** Землетрясение, сейсмология, методы прогноза землетрясений.

**Введение.** Во половине XX века выросло количества и сила природных катаклизмов. В последние десятилетия во всем мире произошло значительное количество сильных землетрясений (в Чили, Перу, Мексике, США, Японии, Армении, на Сахалине, Афганистане), которые вызвали огромный ущерб и немалые человеческие жертвы.

Землетрясения занимают одно из первых мест среди других видов природных катастроф. Землетрясения, в том числе землетрясения, неизбежны. Их нельзя предотвратить, но разрушительное влияние можно и необходимо. Для этого нужно знать причины возникновения землетрясений, проводить оценку сейсмической опасности, изучать процессы, связанные с их возникновением, разрабатывать методы прогноза этих явлений, выявлять места возможных сейсмических колебаний. Землетрясения составляют 13% от общего числа природных катастроф.

### • Техникалық ғылымдар

Турарбек А.Т., Садыкова А.Б.

Қазақстанда жер сілкінісі болжамдау мен талдаудың қазіргі жағдайы

**Түйіндемесі.** Бұл мақалада әртүрлі әдіс және құралдардың көмегімен жүргізілетін жер сілкіністердің болжам және талдаудың қазіргі жағдайы сипатталады. Қазақстан мен әлемдегі деңгейдегі сейсмологиялық зерттеулердің дамуы ұсынылған.

**Түйінді сөздер.** Жер сілкінісі, сейсмология, жер сілкінісін болжау әдістері.

Turarbek A.T., Sadykova A.B.

Modern state of earthquake analysis and forecast of earthquakes in Kazakhstan

**Summary.** This article describes the current state of analysis and prognosis of earthquakes conducted using various methods and means. The development of seismological studies of the world level and Kazakhstan is presented.

**Keywords.** Earthquake, seismology, methods of earthquake prediction.

## • Технические науки

- метод «Сейсмический цикл» - основан на квазипериодическом характере сейсмического процесса [11];

- метод «Условные деформации» - основан на установленных закономерностях накопления и высвобождения условных деформаций, полученных на примере основных сейсмоактивных зон СНГ и других регионов земного шара;

- метод «Миграция сейсмичности» - основан на том, что процесс подготовки сильного землетрясения начинается активацией сейсмичности в конкретном районе, которая затем мигрирует в периферийную часть области подготовки, что выражается линейной зависимостью между расстоянием от эпицентра до района и продолжительностью времени проявления предвестника.

- метод «RTL» представляет проведение трех функций, характеризующих распределение землетрясений в пространстве, во времени по энергии.

- метод «Формальный анализ комплекса параметров сейсмического режима» математическое моделирование с целью комплексного исследования исходных многомерных выборок выполнено с помощью процедур факторного анализа – метода главных компонент.

- метод «Кур» Параметр Кур – это плотность сейсмогенных разрывов.

- метод «ИДС», для определения напряженно-деформированного состояния среды сейсмогенно используются некоторые комбинации физических величин, которые выражены через обобщенные показатели состояния среды, такие как показатель степени жесткости, показатель степени напряженного состояния, относительная энергетическая прочность.

- метод «Группируемость слабых землетрясений» основан на оценке группируемости слабых событий с помощью индекса Морнштадта  $B$ , показывающего во сколько раз вероятность попадания двух событий в некоторую ячейку для данного распределения выше, чем случайного.

- метод «Стационарные параметры» основан на закономерностях поведения комплекса прогнозных признаков по данным одной станции.

- метод «Стационарные  $V_p/V_s$ » многими исследователями обнаружены характерные изменения величины отношения скоростей продольных и поперечных сейсмических волн  $V_p/V_s$  перед землетрясениями.

- метод «Комплексирование параметров сейсмического режима» - основан на выявленных фактах существования пространственно-временных вариаций комплекса параметров сейсмического режима.

В заключение можно сделать вывод, что прогноз землетрясений является фундаментальной научной проблемой, до сих пор не нашедшей удовлетворительного теоретического и экспериментального решения. О современном состоянии прогноза и анализа землетрясений на территории Казахстана можно судить по количеству сейсмических станций, по применяемым методам прогнозирования и, конечно же, по новым информационным технологиям и спутниковому оснащению. В большинстве случаев методы прогнозирования землетрясений, разработанные в РК, предназначены для долгосрочного и среднесрочного прогноза. К сожалению, в настоящее время надежных методов краткосрочного прогноза не существует. Говорить о том, что определенный метод прогнозирования землетрясений действительно хорош, мы не можем, ведь универсального метода прогнозирования, который подходил бы различным районам и территориям пока не существует.

### ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Нурмагамбетов А. Сейсмическая история. Алматы. Издательство «АЕМ», Алматы. 2003. 67 с.
- [2] [https://tengrinews.kz/kazakhstan\\_news/britanskiy-uchenyiy-moizkazal-zemletryaseni-epohi-voyuyi-301745/](https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/britanskiy-uchenyiy-moizkazal-zemletryaseni-epohi-voyuyi-301745/)
- [3] Сайт <https://www.salon.kz/4446756-samye-silyye-zemletrjasya-v.html>
- [4] <https://kapital.kz/gosudarstvo/44920/institut-seizmologii-ek-v-2016-goda-sejzmokivnost-uvlechivnaya.html>
- [5] Новости о чрезвычайных ситуациях - [https://tengrinews.kz/kazakhstan\\_news/zemletryasenie-magritudoy-66-proizoshlo-v-kazahstane-309142/](https://tengrinews.kz/kazakhstan_news/zemletryasenie-magritudoy-66-proizoshlo-v-kazahstane-309142/)
- [6] Сайт Института сейсмологии <http://www.seismology.kz/>
- [7] Сайт <https://satfboquake.usgs.gov/learn/kaz.php>
- [8] Садылова А.Б. Сейсмическая опасность территории Казахстана. Алматы:Хай Текнолоджи. 2012. 267 с.
- [9] <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6254/>
- [10] Тузванова К.С. К вопросу поисков предвестников землетрясений // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. ; <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=17146>
- [11] Сырванов А. Сейсмический режим территории Казахстана. Алматы:Гылым. 2004. -270 с.

ной поверхности, изменения температуры почв при выбросах глубинных флюидов, изменения в свойствах ионосферы, связанные с подготовкой и реализацией сильных землетрясений [9].

2. **Методы, на основе которых происходит изучение предвестников землетрясений, можно подразделить следующим образом [10]:**

- Геологические к ним относится изучение разломов и трещиноватости пород, что является одним из факторов, который определяет возможное место будущего землетрясения;
- Геофизические предвестники оцениваются плотность, электропроводность, магнитная восприимчивость, скорости продольных и поперечных волн и т.д.;
- Гидрогеохимические определяется содержание радона, гелия, фтора, кремнистой кислоты и других элементов, как наиболее характерных предвестников предстоящих землетрясений;
- Биологические к ним относится необычное поведение домашних животных: кошек, собак, лошадей, ослов и т.д. Животные выражают неординарное поведение за несколько часов до основного толчка – в явном крике, стремление убежать из закрытого помещения, что довольно часто спасало жизни людей и является естественным предвестником готовящейся катастрофы;
- Механические предвестники связаны с деформацией горных пород, движением блоков и мегаблоков в сейсмоактивных регионах;
- Сейсмологические предвестники определяют отношение скоростей продольных и поперечных волн, отношение амплитуд различных типов волн, изменение времен пробега, определение коэффициентов поглощения и рассеивания, вычисления частоты проявления микроземлетрясений, выделение зон временной активности и затихия;

- Биологические предвестники оценивают необычное (беспокойное) поведение животных и птиц.

3. Математические методы, к ним можно отнести методы прогноза землетрясений основанные на нелинейные дифференциальные уравнения. Эти методы являются перспективными и в настоящее время активно изучаются.

4. Одним из бурно развивающихся методов прогнозирования землетрясений является метод, основанный на искусственных нейронных сетях. В основе искусственных нейронных сетей лежит математическая модель функционирования разных типов нейронов. Помимо этого сами нейронные сети бывают разного вида и структуры.

Если говорить, о новых методах то можно выделить методика, разработанную сейсмологами из США, способную предсказать мощность землетрясения еще до того, как оно произойдет. Эта методика основана на оценке амплитуды смещения вертикального компонента Р-волн, которые возникают в земной коре перед землетрясением. Корректность метода подтверждается анализом данных по землетрясениям из различных мест Земли. Сейсмологи считают, что краткосрочный прогноз можно составить, ориентируясь на характеристики Р-волн, возникающие перед самим землетрясением.

В настоящее время в России разработано более 20 методик и технологий прогнозирования землетрясений. Одним из разработанных методов прогнозирования является *комплексный метод анализа предвестников землетрясений*, позволяющего создать работающую систему краткосрочного прогноза сильных подземных толчков. В этой методике используются спутниковые технологии для наблюдения за полным электронным содержанием ионосферы, а также температурой в нижних слоях атмосферы и ряда других параметров для выделения признаков приближения толчков. В 2012 году был разработан *метод активного мониторинга*, при котором используются вибрационные источники мощностью до 100 тонн, позволяющие прогнозировать землетрясения. Вибрационные источники позволяют получать данные о стрессе земной коры. В 2016 году на SEISMO-2016 был представлен *метод краткосрочного прогноза землетрясений методом мониторинга южной Кольской-Ягодина*, созданный в Хайфской лаборатории и успешно прошедший испытания.

Методы прогнозирования землетрясений, используемые в Институте сейсмологии РАН, в основном применяются для среднесрочного прогноза. К ним относятся следующие методы:

- метод «Активация затихия по землетрясениям средней силы» - на основе ретроспективного анализа пространственно-временных закономерностей распределения землетрясений средней силы ( $K \geq 10$ ) выявляются аномальные изменения во временном ходе параметра  $N$  (количество землетрясений средней силы), заключающиеся в последовательном чередовании периодов активации ( $N > N_p - N_{p+1}$ ) и затихия ( $N < N_p$ ), которые связаны с моментами возникновения сильных землетрясений;
- метод «Сейсмическое окно» - основан на закономерностях изменения повторяемости слабых землетрясений ( $K \geq 5.5$ ) по данным одной станции и их связи с сильными землетрясениями;

нальной академии наук. А полная информация по всем зарегистрированным землетрясениям выдается только по отдельным официальным запросам. (<http://seismo.kg/ru/>)

В Узбекистане сейсмическая сеть Института сейсмологии Академии наук Республики включает 23 пункта регистрации. До недавнего времени использовалась фоторегистрация. С 2003 начата модернизация системы регистрации землетрясений. Для передачи данных используется система радиотелеметрии. Обеспечение передачи данных на FTP-сервер службы срочных донесений производится посредством сети Проекта UzSciNet, который охватывает все областные центры Узбекистана. (<http://isas.uzsci.net/index-ru.html>)

В Азербайджанской Республике основной сейсмологической организацией является Республиканский Центр Сейсмологической Службы, участвующий в изучении и исследовании землетрясений. Центром проводятся сейсмологические, геофизические, геодинамические и геодинамические комплексные исследования. РЦСС является единственной организацией среди стран СНГ, где проводятся самые современные сейсмологические исследования сетью сейсмических станций, работающих с помощью спутниковой связи. Отметим, что данная сеть сейсмических станций, разработанная «Кипететик» США, функционирует в ведущих странах мира. В настоящее время на территории Республики установлено 35 сейсмических станций Республиканского Центра Сейсмологической Службы, работающих с помощью спутниковой связи ([http://www.seismology.az/ru/activity9\\_WJBBJG0J.TJG](http://www.seismology.az/ru/activity9_WJBBJG0J.TJG)).

В Казахстане сбором, обработкой и передачей сейсмических данных занимается также Казахстанский национальный центр сбора данных (КНЦД), осуществляющий свою деятельность в структуре Международной системы мониторинга. КНЦД существует на базе Центра сбора и обработки специальной сейсмической информации РГП «Институт геофизических исследований» Комитета по атомной энергии МИНТ РК. КНЦД выполняет следующие задачи:

- сбор и передача данных со станций сети РГП ИГи;
- обмен данными с Международными и Национальными центрами;
- обработка всех поступающих данных в разных режимах оперативности;
- научные исследования в области сейсмологии, сейсмоакустики, геодинамики и др.

КНЦД на постоянной основе сотрудничает с рядом Международных и зарубежных центров данных ([http://www.kndc.kz/index.php?option=com\\_content&view=featured&Itemid=104&lang=ru](http://www.kndc.kz/index.php?option=com_content&view=featured&Itemid=104&lang=ru)).

Методы анализа и прогноза землетрясений. Методов прогноза землетрясений много. Применение тех или иных методов зависит от природы и силы землетрясения, от типов землетрясения и от характера. Также необходимо учесть, что при прогнозе землетрясений определяется большое количество предвестников землетрясений, от которых в свою очередь исходит выбор методики прогнозирования. Если рассмотреть систему землетрясения необходимо остановиться на таких параметрах, как интенсивность (оценивается по 12-балльной сейсмической шкале MSK-64), магнитуда и энергетический класс. Можно выделить несколько типов землетрясений: тектонические, вулканические, техногенные. Так землетрясение – это подземные толчки и колебания поверхности Земли, вызванные естественными причинами или искусственными процессами.

Ученые различных стран прилагают огромные усилия в изучении природы землетрясений и их прогноза. К сожалению, в настоящее время спрогнозировать место и время землетрясения не удается. Существует три типа прогноза землетрясений – долгосрочный, среднесрочный и краткосрочный. При долгосрочном прогнозе землетрясение ожидается на достаточно большой площади, а время его ожидания растянуто на годы (5-7 лет). В среднесрочном прогнозе, землетрясение ожидается на относительно небольшой площади, и время ожидания измеряется месяцами (12-24 месяца). Краткосрочный прогноз, когда момент возникновения землетрясения должен предсказываться с точностью до нескольких суток и даже часов [8]. В зависимости от типа прогноза используется та или иная методика прогнозирования.

Все методы прогнозирования землетрясений условно можно разделить на следующие группы:

1. Спутниковые методы исследования землетрясений стали применяться почти сразу с появлением спутниковых данных. К спутниковым методам можно отнести оптические и радиолокационные методы, радарную интерферометрию, системы глобального позиционирования, гравитационные измерения, методы космической геодезии, астрологические методы. Положение точек на земной поверхности определяется со спутников. Данные о движении поверхности используются для прогноза. В последние годы в исследованиях по прогнозу землетрясений стали широко применяться космические средства наблюдения. Новые спутниковые технологии позволяют отслеживать деформации зем-

Геологическая служба США USGS является частью национальной программы опасности землетрясения (NEHRP), созданной для мониторинга и отчетности о землетрясениях в 1977 году [7].

Администрация по землетрясениям КНР в настоящее время является наиболее продвинутой организацией в области сейсмологических исследований и решения проблем краткосрочного прогноза. всему миру известны успехи китайских сейсмологов в прогнозе Хайченского землетрясения в 1975 г. с  $M=7.3$ . Именно на основе официального прогноза были эвакуированы люди и были проведены быстрые превентивные меры, спасшие многотысячные человеческие жизни. Администрация по землетрясениям КНР (АЗ КНР), как центральный государственный орган, имеет эффективную структуру с подчиненными управлениями сейсмологии во всех 28 провинциях и 2 автономных районах. АЗ КНР подчинены около 10 крупных научно-исследовательских институтов, несколько заводов по производству сейсмической аппаратуры, а также специальные сети глобальных, региональных и локальных наблюдений, Центра анализа и прогноза землетрясений, специальных учебных заведений, печатных изданий и мощных центров обработки и передачи данных. Общее количество сейсмических станций различного назначения превышает более 4000 единиц.

Европейский центр по сейсмическим и геоморфологическим опасностям – это международная неправительственная организация, занимающаяся созданием и эксплуатацией системы быстрого выявления эпицентров землетрясений в Европе и Средиземном море. В его состав входят Европейско-средиземноморский сейсмологический центр (ЕССЦ) в Брюсселе и Европейский центр по геоморфологическим опасностям (ЕЦГО) в Страсбурге.

Международный сейсмологический центр (International Seismological Centre) является международной неправительственной научной организацией, в состав которой входят различные национальные академии, агентства, научные учреждения или другие некоммерческие организации. ISC собирает данные о землетрясениях из более чем 130 агентств по всему миру.

Глобальная модель землетрясений (GEM) является некоммерческим фондом, размещенным в Европейском центре исследований в области сейсмологии (EUCENTRE). GEM обеспечивает основу для сравнения сейсмических рисков по регионам. GEM-инструменты используются для оценки сейсмического риска на общем, национальном и международном уровнях. Результаты GEM распространяются во всем мире.

Национальный центр информации о землетрясениях NEIC расположен в штате Колорадо и имеет доступ к базам данных о землетрясениях по всему миру, немедленно распространяет информацию, поддерживает интерактивную базу данных сейсмической информации, а также проводит исследования. Национальный центр информации был создан в Роквилле, штат Мэриленд, в 1966 году. NEIC был переведен в Боулдере, штат Колорадо, в 1972 году и сделал часть Геологической службы США в 1973 г. NEIC был переведен еще раз в 1974 году на свое нынешнее место в Голдене, штат Колорадо.

Глобальная сейсмографическая сеть Global Seismographic Network является постоянной цифровой сетью сейсмологических и геофизических датчиков, связанных сетью телекоммуникаций. Сформированная в партнерстве между USGS, Национальным научным фондом (NSF) и Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS), GSN обеспечивает практически однородную по всему миру мониторинг Земли, с более чем 150 современными сейсмическими станциями, распределенными по всему миру.

Если рассматривать современное состояние мониторинга и прогноза землетрясений в странах СНГ, то можно увидеть, что, по сравнению с другими странами, количество сейсмологических станций значительно меньше, а проведение сейсмологических исследований незначительно задействованы различные НИИ и т.д.

В России современный сейсмический мониторинг территории и сопредельных регионов осуществляет Геофизическая служба Российской академии наук, созданная в 1994 г. и объединившая свыше 300 сейсмических станций страны. Также для реализации федеральной целевой программы по повышению устойчивости жилых домов, основных объектов и систем жизнеобеспечения в сейсмических районах Российской Федерации создан специализированный портал единой информационной системы «Сейсбезопасность России». Портал ЕИС «Сейсбезопасность России» предназначен для обеспечения заинтересованных лиц, государственных органов власти и организаций полной, актуальной и достоверной информацией по вопросам обеспечения сейсмической безопасности жизнедеятельности на территории Российской Федерации.

В Кыргызской Республике вся информация об осязательных землетрясениях, произошедших на территории страны и приграничных территориях, выносится на сайт Института сейсмологии Нац-

В настоящее время на территории Казахстана работает более 63 сейсмических станций, которые регистрируют происходящие землетрясения не только на территории Казахстана, но и во всем мире. Наблюдения на сейсмологических станциях проводятся в круглосуточном, круглосуточном режиме [6].

В республике сейсмообстановка постоянно отслеживается сейсмостанциями. Функцию национальной наблюдательной сейсмологической сети выполняет ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция», которая проводит непрерывный сейсмологический мониторинг на сейсмоопасной территории Республики Казахстан, обеспечивает непрерывный сбор, обработку, анализ и интерпретацию сейсмологических данных. Для разработки прогнозного заключения используются мониторинговые данные следующих организаций: ТОО «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция» МОН РК, ТОО «Институт сейсмологии» МОН РК, АО «Алматыгидрогеология», ДПТ «Институт геофизических исследований» и др. Ежедневно проходит заседание Прогнозной комиссии ТОО «Институт сейсмологии».

Республиканская сеть сейсмологических наблюдений в Казахстане начала свое развитие с нескольких сейсмических станций, основанных Институтом физики Земли Академии Наук СССР. В 1976 году был организован Институт сейсмологии Академии Наук КазССР. К этому времени на территории Казахстана работало уже 12 сейсмических станций. С организацией ИС началось развитие сети наблюдений. Роста число станций, расширилось число наблюдаемых параметров. Кроме сейсмических были начаты геомагнитные, гравиметрические, геодезические, электротеллурические и другие виды наблюдений. В 1979 году вся сеть наблюдений была объединена в Опытно-методическую партию в составе ИС. Опытно-методической партией были продолжены работы по развитию прогностического познания. В 1979-1980 годах было открыто 9 различных станций, в том числе 7 гидрогеологических. В 1981 году постановлением Президиума Академии Наук КазССР № 10 от 08.01.81 года на базе Опытно-методической партии была организована Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Института сейсмологии АН КазССР. В 2000 г. СОМЭ ИС АН КазССР была преобразована в Государственное учреждение «Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция Министерства науки и образования Республики Казахстан». А в 2013 году ГУ «СОМЭ» преобразовано в ТОО «СОМЭ» АО «Национальный центр сейсмологических наблюдений и исследований» [6].

Современное состояние сбора информации. Во всем мире исследованием чрезвычайных природных явлений занимается большое количество ученых. В каждой стране есть специально созданные исследовательские центры мониторинга и прогнозирования природных катастроф. Большая роль отводится землетрясениям, ведь это сильное колебание поверхности земли, вызванное процессами, происходящими в литосфере, приводящее к разрушительным последствиям, огромному количеству жертв, материальному ущербу и деструктивному воздействию на среду обитания человека. По данным Национального Центра Информации о землетрясениях США (NEIS) в течение XX века (с 1900 по 1999 гг.) на Земле произошло 2000 землетрясений с магнитудой  $M \geq 7.0$ , из которых 65 землетрясений имели магнитуду  $M$ , равную и более 8.0. Приведем данные о нескольких центрах мониторинга и обработки сейсмической информации.

В развитии сейсмологических исследований мирового уровня следует отметить США, Россию, Японию, Китай. Они проводят наибольший объем непрерывных сейсмологических наблюдений по всему миру и являются лидерами исследований земной коры с использованием космического мониторинга. Сейсмическая служба в России осуществляется Единой системой сейсмических наблюдений (ЕССН), которую проводит Геофизическая служба РАН. В США такая работа осуществляется Национальной сейсмической службой (NOS), а в Японии – Японским метеорологическим агентством (JMA), в Китайской Народной Республике – Администрацией по землетрясениям КНР.

Японское метеорологическое агентство (JMA) – это орган исполнительной власти Японии, который осуществляет наблюдение и предупреждение землетрясений, а также цунами и извержения вулканов в Японии и в Северо-западной части Тихого океана. Агентство имеет шесть региональных офисов, четыре морские обсерватории, пять вспомогательных 53 объектов и четыре авиационных метеорологических центра, 47 местных метеорологических обсерваторий. JMA также располагает 627 наблюдательными пунктами сейсмомониторинга по всей стране, где задействованы около 5 тыс. сейсмических станций.

Сейсмологические исследования в США сосредоточены в Геологической службе США и научно-исследовательских центрах крупных университетов. Федеральным Агентством по чрезвычайным ситуациям контролируются меры предупреждения и спасения от разрушительных землетрясений.

История вопроса. Катастрофическая природа землетрясений известна человечеству на протяжении всей его истории. Первые упоминания о разрушительных событиях относятся еще к 2100 годам до н. э. Одно из самых известных землетрясений, произошедших на территории Казахстана, было событие 9 июня 1887 года в 4 часа 35 минут утра местного времени в г. Верный. Это землетрясение впоследствии получило название Верненская катастрофа, ведь оно разрушило множество зданий, было много увеченных и ушибленных. Землетрясение с магнитудой  $M=7.5$  считается одним из сильнейших землетрясений на территории Северного Тянь-Шаня. "Эпицентральная зона землетрясения приурочена к северному склону хр. Заилийский Алатау на высотах от 1600 до 2000 м и протяжена вдоль хребта около 35 верст". В этой зоне обнаружены громадные следы разрушений в виде многочисленных трещин, оползней, обвалов, поверхностных сдвигов и т.д. [1].

Английский сейсмолог Ричард Уокер, на конференции «Наука о землетрясениях и их рисках в Центральной Азии» заявил, что в 1716 году в Казахстане могло иметь место сильное землетрясение, в результате которого произошли разрушения в районе озер Балхаш и Зайсан. В своем докладе он представил результаты работы команды ученых и продемонстрировал «Лепсинский разлом» недалеко от поселка Лепки и гор Дауитарского Алатау. Исследовав отложения в старом русле, им удалось выяснить, что землетрясение произошло около 400 лет назад [2].

За период более ста лет на территории Казахстана произошло около десятка разрушительных землетрясений. Два из них (Чилийское 1889 г. и Кеминское 1911 г.) вошли в ранг мировых сейсмических катастроф и имели магнитуду более 8. Чилийское землетрясение произошло спустя два года после Верненской катастрофы, 12 июля 1889 года в 3 часа 14 минут. Эпицентральная зона землетрясения охватывает восточные части хребтов Заилийский и Кунгей Алатау и простирается от р. Или до северо-восточного побережья оз. Иссык-Куль. Магнитуда землетрясений:  $M=8,3$ . По историческим данным число жертв не превышало нескольких десятков.

Кеминское землетрясение, одно из сильнейших интравивотинентальных землетрясений XX века. Ведь оно было исключительным не только по силе и по площади распространения сотрясений. Кеминское землетрясение произошло 4 января 1911 г. в 4 часа 26 минут утра, на этот раз сила подземного толчка в городе составила 9-10 баллов. Эпицентральная зона представляет собой узкую полосу, вытянутую по азимуту  $260^{\circ}$  -  $265^{\circ}$  вдоль долины реки Большого Кемина. В поперечном направлении она охватывает южные склоны Заилийского Алатау и северные склоны Кунгей Алатау. Общее число погибших при Кеминском землетрясении составляет 390 человек [1]. После этих катастрофических землетрясений на территории Казахстана произошло еще не мало сейсмических толчков.

Если рассматривать землетрясения в период с 2001 по 2011 годы, в Казахстане произошло 5 мощных землетрясений, магнитуда которых превысила 6 [3]. В основном землетрясения происходили в сейсмоопасных регионах (рисунком 1), то есть в Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской, Павлодарской областях, а также в городе Алматы [4-5].



Рис. 1. Карта общего сейсмического районирования