

УДК 550.344

УНИФИЦИРОВАННЫЙ КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНОВ (С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО 2009 Г.)

Михайлова Н.Н., Аристова И.Л., Мукамбаев А.С.

Институт геофизических исследований, Курчатов, Казахстан

Описана технология создания для территории Республики Казахстан и прилегающих регионов унифицированного каталога землетрясений, охватывающего период с древнейших времен до 2009 г. – последнего года, для которого ко времени составления каталога имелись данные Международного сейсмологического центра (ISC), и которые использованы для сопоставления решений по землетрясениям средней силы и сильным. Созданный каталог землетрясений использован в качестве информационной основы для построения карт сейсмического зонирования территории, а также в расчетах для оценки опасности и уязвимости.

ИСТОРИЯ ВОПРОСА

В задачу настоящей работы входил сбор информации как можно за более длительный период – с древнейших времен до последних лет, – поэтому были использованы самые различные источники данных и не только по Казахстану, но и по окружающим его странам. Следует отметить, что до 1990 г. – года распада Советского Союза, – сейсмические наблюдения, обработка данных, создание каталогов, построение карт сейсмического районирования происходило во всех республиках бывшего СССР координированно, по сходным подходам и методикам. Существовало тесное взаимодействие ученых разных стран в рамках Единой сети сейсмических наблюдений (г. Москва, руководитель ЕССН Н. В. Кондорская), в рамках Среднеазиатского Центра по прогнозу землетрясений (г. Душанбе, Таджикский Институт сейсмостойкого строительства и сейсмологии, руководитель Негматуллаев С.Х.). Это сотрудничество, касалось, в первую очередь, составления каталогов землетрясений различного уровня оперативности. Результатом усилий сейсмологов СССР явился «Специализированный каталог землетрясений Северной Евразии с древнейших времен по 1990 г.» (отв. ред. Н. В. Кондорская, В. И. Уломов [1]), который был использован при расчете комплекта карт районирования сейсмической опасности территории России (ответственные составители В. И. Уломов, Л. С. Шумилина [2]). После 1990 г. налаженная совместная работа сейсмологов разных стран бывшего Союза была нарушена. Прекратили свое существование оба Центра – ЕССН и Среднеазиатский. Резко сократилось количество работающих сейсмических станций в сопредельных с Казахстаном странах Центральной Азии. Было прервано составление оперативных бюллетеней Средней Азии и Казахстана. Почти исчезла система обмена данными. Покинули свои организации многие квалифицированные специалисты. Существовавшие до этого унифицированные подходы и методики претерпели изменения. Последствия этих негативных изменений не преодолены и до сих пор. Стало очевидным, что однородность каталогов для всей тер-

ритории нарушена, восстановление сейсмологических баз данных за период с 1991 г. стало проблемой.

Первым шагом на пути современного сбора данных по землетрясениям Центральной Азии явились работы по проекту МНТЦ CASRI (ISTC Project No. KR-1176 “Seismic Risk Assessment in Central Asia”) [3]. Проект выполнялся в 2006 – 2009 гг. с участием стран Центральной Азии Кыргызстана, Казахстана, Узбекистана и Таджикистана. Задача составления каталога касалась только сильных землетрясений с магнитудой более 4,5 и выполнялась при координации Центра данных Института геофизических исследований. Каталог был составлен по событиям до 2005 г.

Следующими были работы 2009 г. – 2014 гг. по проекту создания модели землетрясений Центральной Азии (EMCA), который, в свою очередь, являлся составной частью глобального проекта GEM – «Глобальная модель землетрясений». Эта работа координировалась Центром изучения Земли (GFZ) Потсдам, Германия. Составление каталога для Центральной Азии, также как и по проекту CASRI, было поручено Центру данных Института геофизических исследований. Исследуемая территория была расширена по сравнению с проектом CASRI за счет Туркменистана, каталог включал данные по 2009 г., нижней магнитудой землетрясений была $M=3,5$. Создание каталога землетрясений территории Казахстана и прилегающих территорий должно было быть связано с созданием каталога Центральной Азии, так как исследуемые территории в значительной части перекрываются, а источники информации совпадают.

ХАРАКТЕРИСТИКА ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ДАННЫХ

Исходя из опыта проектов CASRI и EMCA, отдельно рассмотрены два периода: 1) с древнейших времен до 1990 г., 2) с 1991 г. по 2009 г.

Для периода до 1990 г. включительно за основу взят «Специализированный каталог землетрясений Северной Евразии» [1], фрагмент этого каталога для территории Казахстана и сопредельных территорий был любезно предоставлен сотрудниками Института

**УНИФИЦИРОВАННЫЙ КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНОВ (С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО 2009 Г.)**

Физики Земли Российской Академии наук. Был проведен анализ этого каталога и выполнена его корректировка. Так, например, из каталога исключены события, являющиеся взрывами, в том числе и ядерными, дополнительно включен ряд пропущенных землетрясений. Из разных региональных каталогов стран Центральной Азии в него были включены дополнительные события и дополнительные параметры. Окончательно каталог землетрясений сформирован после анализа и принятия решений по всем поступившим новым событиям был. Он включает 10523 события. Распределение событий по магнитудам показано на рисунке 1, карта эпицентров – на рисунке 2.

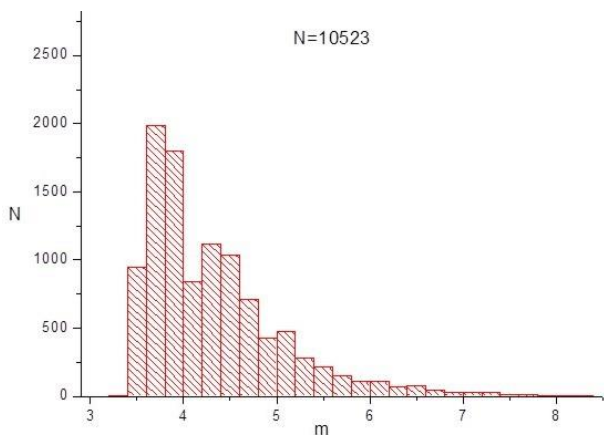


Рисунок 1. Распределение событий по магнитудам каталога Центральной Азии до 1990 г.

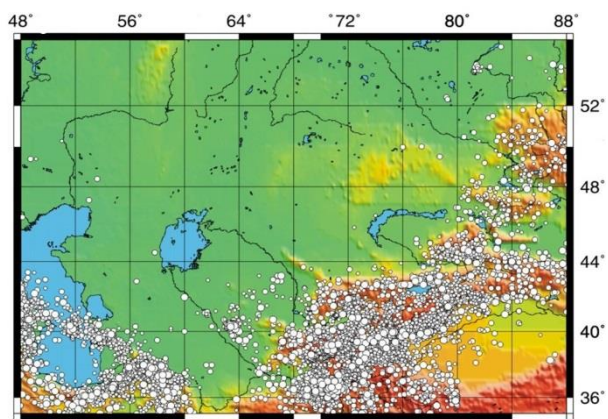
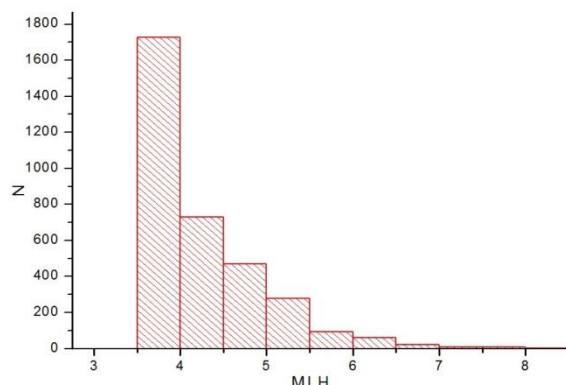
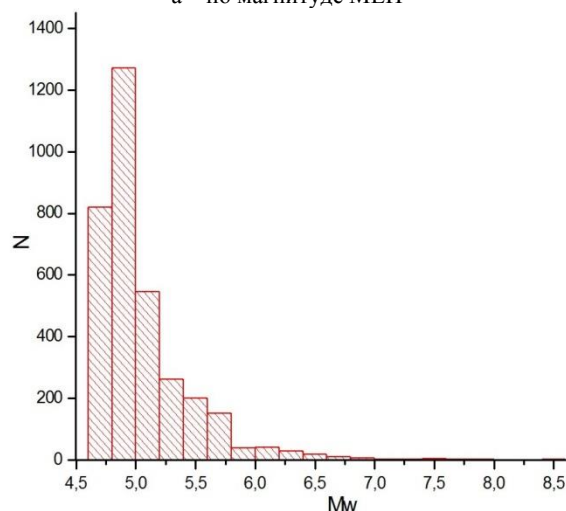


Рисунок 2. Карта эпицентров землетрясений каталога Центральной Азии с древнейших времен по 1990 г

Как следует из [1], с древнейших времен до 1960 г. нижний порог магнитуды составляет $M=4,5$, а с 1960 г. по 1990 г. - $M=3,5$. Для территории Казахстана в каталог Центральной Азии за период с древнейших времен по 1990 г. вошло 3 398 землетрясений. Распределение их по магнитудам MLH и M_w показано на рисунках 3-а и 3-б, соответственно.



а – по магнитуде MLH



б – по магнитуде M_w

Рисунок 3. Распределение землетрясений по магнитудам в каталоге Казахстана и прилегающих территорий

При создании каталога землетрясений с 1991 г. использован большой набор данных, как по казахстанским сетям наблюдений, так и по данным Международных центров, других национальных центров данных (рисунок 4).

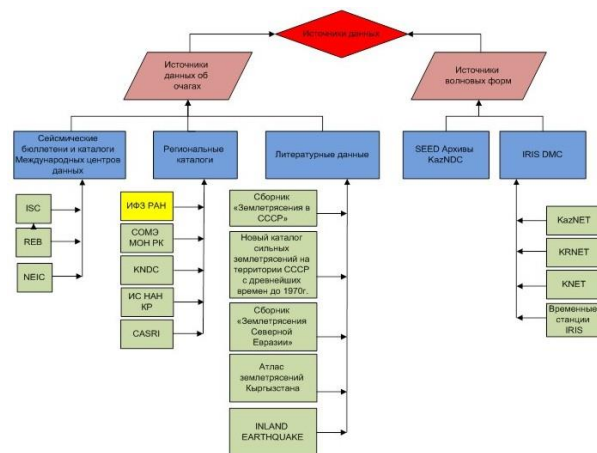


Рисунок 4. Источники, использованные для составления каталога землетрясений Казахстана и прилегающих территорий

Из рисунка 4 видно, что вся информация может быть разделена на два больших класса: об очагах землетрясений (собственно и составляющая основу каталога землетрясений), о волновых формах (для перепроверки решения о параметрах события).

Как информационная основа по параметрам очагов землетрясений использованы опубликованные и неопубликованные бюллетени и каталоги землетрясений – мировые и национальные региональные. Из бюллетеней Международных центров данных использованы для Центральной Азии как наиболее представительные: 1) ISC [4] – бюллетень землетрясений Международного сейсмологического центра, находящегося в Англии; 2) REB [5] – обзорный бюллетень землетрясений Международного центра данных Организации Договора о всеобъемлющем запрещении ядерных испытаний; 3) NEIC [6] – бюллетень Национального центра информации о землетрясениях Геологической службы США (USGS). Из региональных данных использованы: 1) каталоги землетрясений Сейсмологической опытно-методической экспедиции (СОМЭ) МОН РК [7]; 2) интерактивный и сводный сейсмологический бюллетени Центра данных ИГИ (Казахстанский национальный центр данных KNDC) [8]; 3) каталоги землетрясений Института сейсмологии Кыргызской Республики [9]; 4) каталог землетрясений с магнитудой более 5 для Центральной Азии, составленный в рамках проекта ISTC CASRI с участием представителей Кыргызстана, Узбекистана, Таджикистана [3]. Из опубликованных данных при составлении каталога в первую очередь использовались каталоги землетрясений Северного Тянь-Шаня из ежегодных сборников «Землетрясения в СССР» [10], Казахстана из ежегодных сборников «Землетрясения Северной Евразии [11]», Средней Азии и Казахстана из этих же сборников. Для дополнения каталога некоторыми макросейсмическими данными по сильным землетрясениям использован «Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1970 г.» [12]. Получены данные о землетрясениях из отдельных статей, посвященных конкретным сильным землетрясениям. Особенно это касалось макросейсмических данных. Использованы также «Атлас землетрясений Кыргызстана» [13] и изданный в Китае каталог [14], составленный в результате совместных работ сейсмологов стран Центральной Азии.

Как информационная основа по волновым формам (сейсмограмм), необходимым для перелокализации событий, выявления ложных событий и событий-дублей в каталоге, уточнения правильности решения и решения вопроса о природе сейсмического события (взрыв или землетрясение), привлекались цифровые записи из мировых центров данных (IRIS/DMC) и регионального архива цифровых записей Центра данных ИГИ. Следует отметить, что на территории Центральной Азии первые цифровые за-

писи появились после запуска сети цифровых сейсмических станций на территории Кыргызстана (сеть KNET) [15] в 1991 г. В Казахстане первые цифровые записи были получены станциями ИГИ в 1994 г. В мировом центре данных корпорации IRIS в США (IRIS/DMC) находятся архивы самых разных сейсмических сетей, которые используются исследователями из разных стран [16]. Для настоящих исследований интерес представляли данные сети KNET (10 станций вблизи г. Бишкек, Кыргызстан), KRNET (сеть стационарных цифровых станций территории Кыргызстана), сети KazNET (на территории Казахстана). В Центре данных ИГИ имеется собственный архив цифровых данных в международном формате SEED [17].

МЕТОДИКА РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ КАТАЛОГА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Работа по составлению каталога землетрясений периода 1991 - 2009 гг. проводилась в три этапа: 1 – создание базового каталога для территории Казахстана и прилегающих территорий на основе бюллетеней международных центров; 2 – дополнение базового каталога данными региональных каталогов; 3 – выбор приоритетных решений и устранение несогласований в решениях разных Центров данных по одному и тому же событию. Дополнительно после составления каталога землетрясений Казахстана была проведена работа по сравнению региональных данных с данными мирового каталога, составленного по проекту GEM («Глобальная модель землетрясения») по сильным событиям с магнитудой более 5,5 [18].

1 этап. Проведен анализ различных каталогов и сейсмических бюллетеней с точки зрения полноты информации для территории Центральной Азии за период 1991 - 2009 гг. В качестве основного был выбран каталог Международного сейсмологического центра ISC. Количество событий в нем намного превышало другие источники. На рисунках 5 и 6 показаны графики изменения полного количества событий на территории Центральной Азии во времени по двум Центрам – NEIC и ISC, а также изменения значений минимальной и представительной магнитуды m_b для территории Центральной Азии.

Резкое уменьшение значений m_b после 2004 г. связано с началом поступления в ISC данных KNDC. В последние годы представительная магнитуда для всей территории не меняется, оставаясь на уровне $\sim 3,5$. В результате анализа на основе каталогов ISC был составлен базовый каталог землетрясений для территории Центральной Азии, включающий 13 000 землетрясений, из которого затем были выбраны события по территории Казахстана и прилегающих регионов.

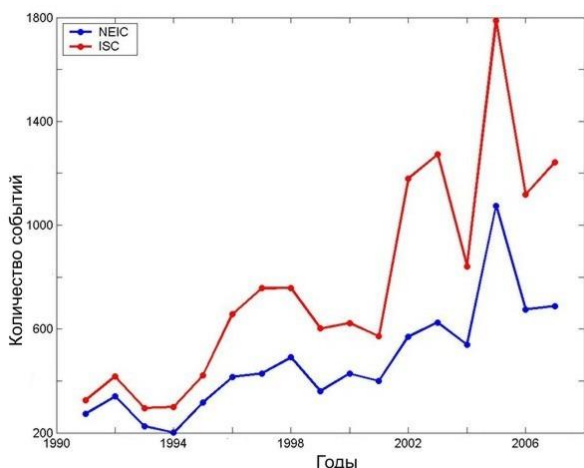


Рисунок 5. Изменение общего количества событий по годам для территории Центральной Азии в каталогах центров NEIC и ISC

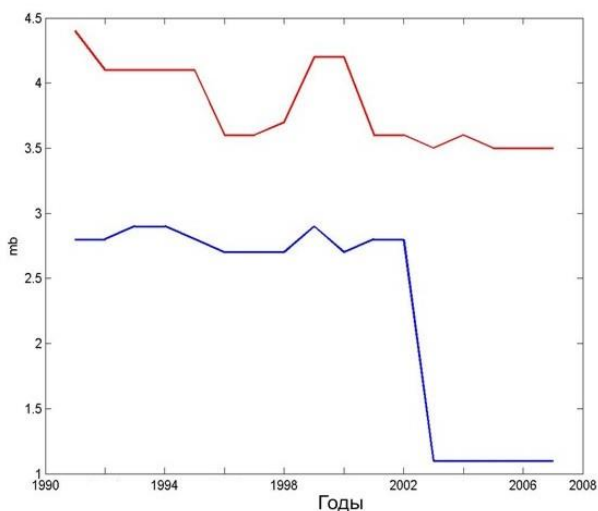
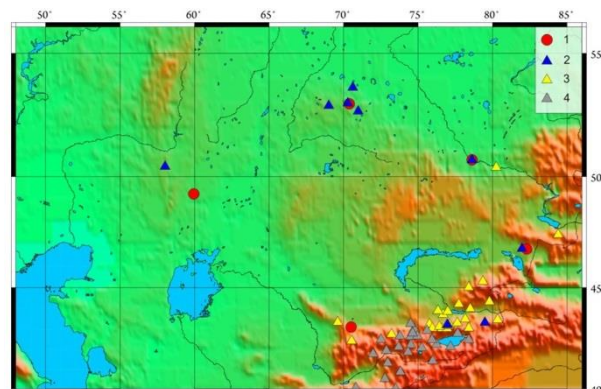


Рисунок 6. Изменение значений минимальной (синий цвет) и представительной (красный цвет) магнитуды в каталоге ISC для территории Центральной Азии

2 этап. К базовому каталогу были добавлены данные из региональных каталогов и бюллетеней, в первую очередь, казахстанских: опубликованные и неопубликованные данные СОМЭ МОН РК, сводные бюллетени KNDC, систематически составляемые с 2003 г. для всей территории Центральной Азии; каталоги Кыргызстана, составленные в ОМСЭ КР и в ИС КР; опубликованные каталоги Алтае-Саянской экспедиции СО РАН [10, 11] для восточной и северной части территории.

3 этап. Выбор приоритетных решений и устранение несогласований в решениях разных Центров данных по одному и тому же событию, рассматривался отдельно. Принималось во внимание местоположение очага относительно станций регистрации, сила землетрясения, характеристики точности оценок параметров источника. На рисунке 7 приведено распределение цифровых сейсмических станций ре-

гистрации землетрясений этого периода по исследуемой территории. Для территории Северного Тянь-Шаня на юге и юго-востоке Казахстана, где сосредоточено большое количество станций СОМЭ МОН РК, при слабых землетрясениях приоритет чаще отдавался решению СОМЭ МОН РК. На пограничной территории Кыргызстана принималось решение, полученное в ОМСЭ КР. На остальной территории рассматривались решения ISC и KNDC. Для всех сильных событий с магнитудой более 4,5 всегда рассматривались решения мировых центров.

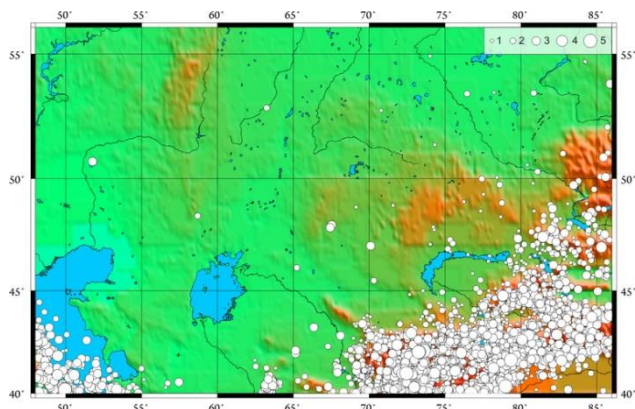


1 – сейсмические группы ИГИ; 2 – трехкомпонентные сейсмические станции ИГИ; 3 – сейсмические станции СОМЭ МОН РК; 4 – сейсмические станции сетей KNET и ОМСЭ Кыргызстана

Рисунок 7. Расположение станций, данные которых использованы для составления каталога землетрясений Центральной Азии за 1991 - 2009 гг.

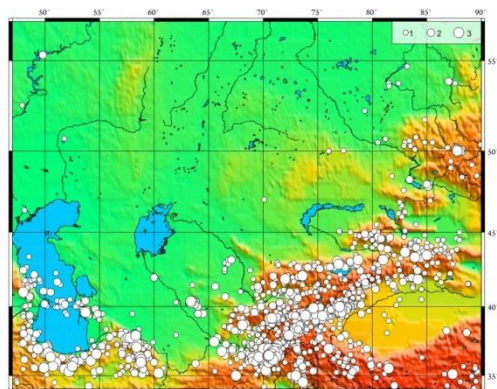
Наиболее сложной частью работ являлась проверка существенно несогласующихся между собой решений разных Центров данных по одному и тому же событию. Грубые ошибки были выявлены не только по слабым, но и по сильным событиям. Из базового каталога был исключен ряд ложных событий, выявлено много событий – дублей в каталогах Кыргызстана. Специальной работой было исключение из каталога землетрясений промышленных взрывов.

По результатам трех этапов работ создан заключительный каталог землетрясений Центральной Азии, а затем и Казахстана с прилегающими территориями. Кроме инструментальных характеристик в каталог включены некоторые макросейсмические сведения: интенсивность сотрясений в эпицентре (I_0), количество жертв при сильных землетрясениях, названия особо значимых землетрясений. На рисунке 8 представлена карта эпицентров землетрясений, вошедших в каталог землетрясений Казахстана за 1991 – 2009, на рисунке 9 – карта сильных землетрясений с магнитудой более 5 с исторических времен по 2009 г.



1 – ($2 \leq M \leq 3$); 2 – ($3,1 \leq M \leq 4$); 3 – ($4,1 \leq M \leq 5$);
4 – ($5,1 \leq M \leq 6$); 5 - $M \geq 6,1$

Рисунок 8. Карта эпицентров землетрясений, вошедших в каталог Казахстана и прилегающих территорий за 1991 - 2009 гг.



1 - ($5 \leq M \leq 6$); 2 - ($6,1 \leq M \leq 7$); 3 - $M \geq 7,1$

Рисунок 9. Карта эпицентров землетрясений Центральной Азии с $M \geq 5$ (с исторических времен до 2009 г.)

СРАВНЕНИЕ КАТАЛОГА КАЗАХСТАНА С КАТАЛОГОМ ISC - GEM

В рамках двухгодичного проекта, финансируемого Фондом глобальной модели землетрясений GEM («Глобальная модель землетрясений») был создан Глобальный инструментальный каталог, работы над которым проводились в Международном сейсмологическом центре (ISC-GEM - Глобальный инструментальный каталог землетрясений 1900 – 2009) [18]. Каталог (сайт ISC www.isc.ac.uk) состоит из примерно 19000 инструментально зарегистрированных средних и сильных землетрясений мира, произошедших за 110-летний период. Гипоцентры всех событий в каталоге были определены заново с использованием однородных и точных процедур локализации и определения глубины. По причинам ограниченного количества источников и особенностей разных периодов времени (по сетям наблюдений и данным) были введены разные пороговые значения магнитуды землетрясений, включенных в каталог ISC – GEM: $M_s = 7.5$ для всего мира в период 1900 – 1917 гг., $M_s = 6.5$ для неглубоких землетрясений в

стабильных континентальных районах в период 1918 – 1959 гг.; $M_s = 5.5$ в период 1960 – 2009 гг. Благодаря процедурам локализации, используемым в ISC – GEM, а также существенному увеличению объема наблюдательных данных, использованных при перелокализации, каталог ISC – GEM позволил по-новому взглянуть на глобальную сейсмичность Земли за последние 110 лет. Что касается магнитуды землетрясений, то магнитуды по поверхностным и объемным волнам были пересчитаны с использованием исходных измерений «амплитуда – период». Каждое землетрясение в каталоге характеризуется либо прямым значением M_w , либо примерной оценкой M_w , основанной на недавно выведенной нелинейной регрессии между $M_s - M_w$ и $m_b - M_w$. Тем самым каталог ISC – GEM демонстрирует собой значительный прогресс с точки зрения однородности решений и магнитуд.

Сопоставление двух каталогов проведено с использованием полученного из ISC фрагмента каталога GEM для территории Центральной Азии в координатах $32^\circ - 46^\circ$ с. ш., $52^\circ - 85^\circ$ в. д., включающего 374 землетрясения. Были проанализированы события, пропущенные в каталоге Центральной Азии, созданном авторами. Часть событий оказалась за пределами рамки исследований, 20 событий из каталога GEM были добавлены в каталог Центральной Азии (большая их часть находится вблизи границ исследуемой территории). События, пропущенные в GEM относительно каталога Центральной Азии, расположены по всей территории.

По тем событиям, которые были обнаружены в обоих каталогах, проведено сопоставление параметров. В результате установлено, что для 309 из 329 событий (99%) расстояния между двумя эпицентрами составили менее 40 км, что в целом можно считать удовлетворительным с учетом периодов времени получения этих данных. В 6% случаев расстояния между двумя эпицентрами составляли от 40 до 340 км. Как показал анализ, непосредственно на территории Казахстана большое расхождение обнаружено только у одного землетрясения. Это катастрофическое Кеминское землетрясение 1911 г. в Северном Тянь-Шане. Оно произошло вблизи г. Верный (ныне Алматы) и принесло большие разрушения и жертвы. Магнитуда этого землетрясения в каталогах, составленных в Советском Союзе и старых международных каталогах [12, 19], оценивалась как $M=8,2$ и $M=8,4$, а максимальная интенсивность в эпицентре - 10 - 11 баллов. Это событие фигурирует в списке самых сильных внутриконтинентальных землетрясений XX века в числе пяти землетрясений Центральной Азии с магнитудой, превышающей 8. Землетрясение было исключительным не только по силе, но и по площади распространения сотрясений. По советским источникам, основные параметры землетрясения, определенные в значительной степени с учетом макросейсмических данных, были следую-

щами [20]: дата землетрясения: 3 января 1911 г.; время начала землетрясения: $t_0 = 3$ часа 23 минут (03.23.58.); координаты центра эпицентральной зоны: $0=42,90$ N, $0=76,90$ E; магнитуда землетрясения: $M = 8,2$; глубина очага: $H = 25$ км; горизонтальная протяженность очага: $l_x = 200$ км; максимальная сила в эпицентре: $I_0 > 10 - 11$ баллов; интенсивность в г. Верный: $I = 8 - 9$ баллов.

Расхождения в положении эпицентра по каталогу Казахстана и каталогу ISC-GEM составили 133 км. Эпицентр в мировом каталоге сдвинут на восток относительно эпицентра в каталоге Казахстана. Кроме координат эпицентра у этого землетрясения сильно различаются и значения магнитуд (таблица 1): $M_w=7,7$ в каталоге ISC – GEM; $M=8,2$ в региональном каталоге Центральной Азии (CA).

Таблица 1. Параметры Кеминского землетрясения в каталогах GEM и CA

Каталог	Дата	Время	φ°	λ°	Глубина	M_w	MLH	K
GEM	03.01.1911	23:25:49.71	43,01	78,53	20.0	7,7	-	-
CA	03.01.1911	23:25:58	42,90	76,90	25	-	8,2	17,8

Долгие годы информация в существующих каталогах не ставилась под сомнение и переходила из одного источника в другой, использовалась при построении карт сейсмического районирования, составляла основу при расчете сейсмических воздействий на объекты близ г. Алматы. Кеминское землетрясение принимается как эталонное событие в международных проектах при разработке сценариев сильных землетрясений, его параметры положены в основу оценки сейсмopotенциала сейсмогенерирующих зон вблизи г. Алматы, от его магнитуды ведутся расчеты сейсмических воздействий на ответственные объекты. Поэтому очень важно было установить достоверные характеристики очага этого землетрясения. Благодаря сотрудничеству между Центром данных Института геофизических исследований (KNDC) и Международным сейсмологическим центром (ISC, Англия) получены новые данные, касающиеся Кеминского землетрясения. Оказалось, что в мире имеются его записи, зарегистрированные 19 сейсмическими станциями. Одна из сохранившихся записей – это запись станции Пулково (рисунок 10).

обеспечение и новые глобальные скоростные модели геологической среды позволили по имеющимся записям вновь провести локализацию источника и определить геометрические параметры точки начала разрывообразования – гипоцентр землетрясения. Локализация гипоцентра по этим данным показала, что координаты находятся гораздо восточнее, чем это следует из имеющихся каталогов (таблица 1). Для более детального изучения Кеминского землетрясения был рассмотрен еще ряд новых литературных источников. Сравнительно недавно ArgowSmith и др. [21], Delvaux и др. [22] провели исследовательское картирование разрыва и сдвига масс горных пород, связанных с Кеминским землетрясением. В частности, в работе [22] разрыв разделен на 6 частей с разным направлением, плоскостью падения и кинематикой. Полевая работа, а также анализ стерео-аэро съемки позволили ArgowSmith и др. улучшить представление о геометрии разломов и о распределении сдвига в разных частях разлома. Их предпочтительным значением сейсмического момента является $M_0=3.86 \times 10^{20}$ Nm, что соответствует моментной магнитуде, по которой сейчас оценивается сила всех сильных землетрясений, $M_w=7.72$. Это значение находится в хорошем согласии с сейсмическим моментом $M_0=4.9 \times 10^{20}$ Nm, оцененным для этого землетрясения в другой работе Chen и Molnar [23] при анализе поверхностных волн, записанных на двух станциях, одна из которых находится в Париже, а вторая – в Ривервю (Австралия) [24].

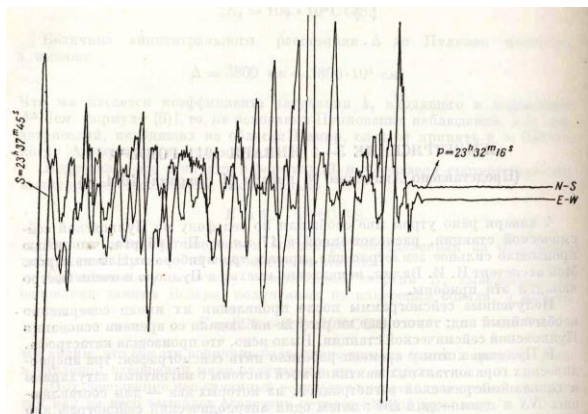


Рисунок 10. Запись Кеминского землетрясения сейсмической станцией Пулково

Станцией, самой близкой к очагу землетрясения 1911 г., записи которой сохранились, оказалась сейсмическая станция Тифлис (TIF), самыми удаленными – станции Ривервю в Австралии и API на островах Самоа. Имеющееся сейчас новое программное

обеспечение и новые глобальные скоростные модели геологической среды позволили по имеющимся записям вновь провести локализацию источника и определить геометрические параметры точки начала разрывообразования – гипоцентр землетрясения. Локализация гипоцентра по этим данным показала, что координаты находятся гораздо восточнее, чем это следует из имеющихся каталогов (таблица 1). Для более детального изучения Кеминского землетрясения был рассмотрен еще ряд новых литературных источников. Сравнительно недавно ArgowSmith и др. [21], Delvaux и др. [22] провели исследовательское картирование разрыва и сдвига масс горных пород, связанных с Кеминским землетрясением. В частности, в работе [22] разрыв разделен на 6 частей с разным направлением, плоскостью падения и кинематикой. Полевая работа, а также анализ стерео-аэро съемки позволили ArgowSmith и др. улучшить представление о геометрии разломов и о распределении сдвига в разных частях разлома. Их предпочтительным значением сейсмического момента является $M_0=3.86 \times 10^{20}$ Nm, что соответствует моментной магнитуде, по которой сейчас оценивается сила всех сильных землетрясений, $M_w=7.72$. Это значение находится в хорошем согласии с сейсмическим моментом $M_0=4.9 \times 10^{20}$ Nm, оцененным для этого землетрясения в другой работе Chen и Molnar [23] при анализе поверхностных волн, записанных на двух станциях, одна из которых находится в Париже, а вторая – в Ривервю (Австралия) [24].

**УНИФИЦИРОВАННЫЙ КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНОВ (С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО 2009 Г.)**

вило $M_s=7.8$ [25]. По расчетам Международного сейсмологического центра (ISC) на основе имеющихся записей сейсмических станций в каталоге ISC-GEM магнитуда Кеминского землетрясения составляет $M_w=7.7$. В 2012 г. также проведены работы по оценке локализации и магнитуды, исходя из данных распределения интенсивности методом *Bakun* и *Wentworth* [27], используя модель затухания, ранее полученную *Bindi et al.* [26]. Распределение значений интенсивности в разных пунктах на поверхности Земли при Кеминском землетрясении не позволяет определить единое решение для локализации события. Это является следствием наблюдаемого сложного макросейсмического поля, где интенсивность больше 9 баллов оказалась «разбросанной» на расстоянии примерно 150 км с тремя пространственно хорошо разделенными кластерами высокой интенсивности [28]. Решение, найденное в этом исследовании для локализации, хорошо согласуется с решением *Aggowsmith* и др. [21], которые обнаружили, что большая часть сейсмической энергии высвободилась в самых восточных суб-разрывах (т.е. части Аксу и Чон-Аксу). Западный кластер расположен вокруг самой западной части Чон-Кеминского разлома, где произошел разрыв во время землетрясения 1911 г. (часть разлома Жыл-Арык). Магнитуда по интенсивности сотрясений $MLH=7.9$.

Суммируя собранные новые данные об очаге Кеминского землетрясения и принимая в расчет имею-

щиеся архивные макросейсмические данные, можно сделать следующие выводы:

– магнитуда Кеминского землетрясения в советских каталогах, скорее всего, является завышенной. Это следует из переопределения магнитуды по инструментальным записям с учетом исправленных аппаратных характеристик, приведших к ошибочным завышенным результатам. Значения магнитуды $M_w=7.7 - 7.8$ согласуются с новыми определениями сейсмического момента, сделанными по результатам изучения сдвига горных масс при этом землетрясении. Эти значения согласуются также с расчетами, исходя из распределения интенсивности по новым моделям затухания;

– координаты эпицентра по разным источникам сильно разнятся. Видно, что разрыв был сложным, состоял из разных по кинематическим характеристикам субразрывов. Выделяются несколько кластеров, ответственных за распределение максимальной интенсивности сотрясений. В любом случае для столь сильных событий недостаточно одной точки для описания сложного протяженного очага. В каталоге оставлен старый эпицентр, который следует понимать, как центр области сильных сотрясений.

В таблице 2 приведен каталог землетрясений, наиболее сильных и значимых для Казахстана и прилегающих территорий (с исторических времен до 2009).

Таблица 2. Каталог наиболее значимых сильных землетрясений Казахстана и прилегающих территорий

N	Дата, г.,м.,д.	Время, ч.,м.,с.	Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Глубина, км	MPVA	MLH	Mw	I ₀ , балл	Название
1	1475		42,60	75,20	15		6,4(p)		8-9	Баласагунское
2	1770		42,80	74,10	15		6,0(p)		8	Беловодское 1
3	1868	4 3 21 15	41,20	69,60	18		6,5(p)		8	Ташкентское 1
4	1883	11 14 17	40,60	72,80	12		5,5(p)		7-8	Ошское
5	1885	8 2 21 20	42,70	74,10	15		6,9(p)		9-10	Беловодское 2
6	1886	11 29 4 13	41,40	69,50	26		6,7(p)		8	Ташкентское 2
7	1887	6 8 23 35	43,10	76,80	20		7,3(p)		9-10	Верненское
8	1888	11 28 6 40	40,00	69,80	20		6,3(p)		8	Костакоское
9	1889	7 11 22 14	43,20	78,70	40		8,3(p)		10	Чиликское
10	1894	7 28	41,00	71,20	10		5,0(p)		7	Чустское
11	1896	1 15 18 40	41,50	70,90	23		6,6(p)		8	Пскемско-Чаткальское
12	1896	6 1 0 0	44,30	78,40	15		5,4(p)		7	Алтын-Эмельское 1
13	1902	8 22 3 1	40,00	77,00			7,8(p)	7,7	9-10	Кашгарское
14	1902	12 16 5 7	40,80	72,30	9		6,4		9	Андижанское
15	1903	3 28 8 55 10	40,80	72,70	14		6,1		8	Аимское
16	1906	12 22 18 21	43,50	85,00	30		7,5		10	Болотунгуйское
17	1907	9 15 17 46 0	40,30	72,50	10		5,8		8	Кыркольское
18	1908	1 31 4 50 0	42,80	71,30	14		5,3		7	Джамбулское 1
19	1910	12 25 19 0 0	43,00	74,70	10		5,3		7	Георгиевское
20	1911	1 3 23 25 58	42,90	76,90	25		7,8	7,7	10-11	Кеминское
21	1912	1 23 0 0 0	41,00	71,70	12		5,2		7	Наманганское 1
22	1915	12 17 7 5	42,00	79,20	40			6,5	7-8	Кокшаальское 1
23	1917	6 18 9 0 0	42,50	68,80	10		5,0		7	Арыское
24	1921		43,90	81,40	15		6,5(p)		8	Кульджинское
25	1924	7 6 18 31 51	40,50	73,10	22		6,4	6,4	7-8	Куршабское 1
26	1924	7 12 15 12 35	40,60	73,20	14		6,5	6,6	8-9	Куршабское 2
27	1926	5 28 22 31 41	40,90	73,10	9		5,3		7-8	Джалалабадское
28	1927	8 12 10 22 47	41,00	71,60	14		6,0 (p)		8	Наманганское 2
29	1929	6 3 20 29 54	43,20	67,10	51		6,4(p)		7	Чилийское
30	1932	10 2 3 22 5	41,40	65,60	30		6,2(p)		7	Тамдыбулакское

**УНИФИЦИРОВАННЫЙ КАТАЛОГ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
И ПРИЛЕГАЮЩИХ РЕГИОНОВ (С ДРЕВНЕЙШИХ ВРЕМЕН ДО 2009 Г.)**

N	Дата, г.,м.,д.			Время, ч.,м.,с.			Широта, с.ш.	Долгота, в.д.	Глубина, км	MPVA	MLH	Mw	I ₀ , балл	Название
31	1932	12	24	4	17	20	42,80	78,20	23		5,6		6-7	Тюпское
32	1937	12	18	13	18	0	42,10	70,90	25		6,5	6,5	7-8	Пскемское
33	1938	6	20	23	50	32	42,72	76,12	10		6,9	6,8	8-9	Кемино-Чуйское
34	1942	1	18	16	36	31	41,10	71,60	21		5,9		7	Ярпетское
35	1942	2	14	10	44	59	40,90	72,10	15		5,5		7	Пайтоксское
36	1946	11	2	18	28	30	41,90	72,00	30		7,5	7,5	9-10	Чаткальское 1
37	1947	6	2	6	40	33	40,90	72,30	13		5,9		8	Найманское
38	1954	12	3	21	38	16	41,40	74,80	15		5,4		7	Дюрбельджинское 1
39	1958	10	13	8	58	13	41,60	75,01	12		5,2		6-7	Сонкульское 1
40	1958	12	21	5	46	26	44,58	80,83	25		6,4	6,4	7-8	Джунгарское 1
41	1959	10	24	23	40	38	41,67	70,00	13		5,7		7-8	Бричмуллинское
42	1962	8	3	11	4	5	40,91	73,11	20		5,5	5,8	7-8	Маркайское (Кок-Янгатское)
43	1962	8	19	18	26	38	44,66	81,61	25		6,1	6,3	7	Джунгарское 2
44	1965	3	17	13	14	16	40,85	69,36	12		5,5		7	Коштепинское (Алтын-Топканское)
45	1965	9	25	15	47	56	41,54	74,99	10		5,1		6-7	Сонкульское 2
46	1965	10	18	10	21	45	41,96	77,55	15		5,0		6-7	Барскаунское 1
47	1966	4	25	23	22	50	41,35	69,26	8		5,2		7-8	Ташкентское 3
48	1966	4	30	13	41	10	41,15	71,97	18		5,0		6-7	Балыкчинское
49	1967	9	28	2	53	46	42,11	79,66	18		5,1		6-7	Сарыджазское
50	1968	3	13	22	38	37	42,43	66,46	20		5,1		7	Кызылкумское 1
51	1968	3	14	2	8	34	42,58	66,45	17		5,1		7	Кызылкумское 2
52	1969	2	11	22	8	52	41,46	79,31	25		6,6	6,1	9	Кокшаальское 2
53	1970	6	5	4	53	5	42,48	78,89	12		6,8	6,3	8	Сары-Камышское
54	1971	3	23	20	47	14	41,43	79,36	10		6,1	5,8	8	Кокшаальское
55	1971	5	10	14	51	45	43,00	71,30	20		5,7		7	Джамбулское 2
56	1971	10	28	13	30	55	41,96	72,25	17		5,6		6-7	Чаткальское 2
57	1972	3	17	9	17	10	40,28	69,65	20		5,0		6-7	Ленинабадское
58	1973	6	2	23	57	4	44,20	83,50	27		5,7	5,5	7	Борохоринское
59	1974	1	22	6	8	7	40,20	71,70	24		5,0		7	Кадамжайское
60	1975	2	12	13	34	52	43,20	78,91	10		5,1	5,5	6	Торайгырское
61	1976	4	8	2	40	26	40,33	63,67	30		7,0	6,6	8	Газлийское 1
62	1976	4	8	2	59	4,4	40,14	63,74	30		6,3	6,1	7-8	Газлийское 2
63	1976	5	17	2	58	42	40,28	63,38	30		7,3	6,7	9-10	Газлийское 3
64	1977	1	31	14	26	15	40,08	70,86	20		6,3	6,0	7-8	Исфара-Баткентское
65	1977	6	3	1	5	22	40,07	71,83	5		5,2	5,3	6-7	Шаймардано-Хайдарканское
66	1978	3	24	21	5	49	42,88	78,58	20		7,0	6,9	8-9	Жаланаш-Тюпское
67	1978	6	4	19	30	21	40,40	63,62	15		6,0	5,6	7-8	Газлийское 4
68	1979	4	6	18	30	4,8	41,96	77,43	33		5,0	5,3	6	Барскаунское 2
69	1979	9	25	13	5	54	45,09	76,96	40		5,8	5,7	7	Баканасское
70	1980	7	5	20	25	24	41,91	77,50	20		5,6	5,4	6-7	Каджисайское 1
71	1980	12	11	14	35	27	41,33	69,05	10		5,3		8	Назарбекское
72	1981	11	29	23	37	30	40,75	48,00	10		5,2		7	Исмайиллинское
73	1982	5	6	15	42	22	40,22	71,50	20		5,8	5,7	7-8	Чиминское
74	1982	12	31	19	46	46	42,87	77,37	20	6,1	5,2	5,3	6-7	Новогоднее (Чолпонатинское)
75	1984	2	2	15	15	29	42,86	71,40	15		5,0		6	Джамабулское 3
76	1984	2	15	10	49	49	40,00	67,65	15		5,2(p)		6-7	Жизакское
77	1984	2	17	23	26	53	40,85	71,06	20		5,5	5,5	7	Папское
78	1984	3	19	20	28	39	40,38	63,36	15		7,2	7,0	9-10	Газлийское 5
79	1984	10	23	8	43	7	44,10	79,40	25	5,2	5,1		6-7	Айдарлинское
80	1985	10	13	15	59	52	40,30	69,80	10		6,0	5,8	8	Кайраккумское
81	1986	2	14	1	52	1	44,00	78,20	20	5,1	4,6		5-6	Шолакское
82	1987	3	26	11	56	54	41,81	69,95	5		4,7	5,2	6-7	Алтынтюбинское
83	1990	6	14	12	47	27	47,87	85,12	42		6,9	6,6	8	Зайсанское 1
84	1990	8	3	9	15	5,8	48,01	84,99	33		6,1	6,1		Зайсанское 2
85	1990	11	12	12	28	51	43,08	77,97	15		6,4	6,3	8	Байсорунское
86	1992	5	15	8	8	2	41,01	72,46	6	6,2	6,3	6,3	8	Кочкоратинское
87	1992	8	19	2	4	37	42,12	73,60	27		7,3	7,2	9-10	Суусамырское
88	1993	12	30	14	24	2	44,74	78,80	21	6,4	5,3	5,4	7	Текелийское 1
89	1994	7	1	10	12	41	40,20	53,36	45		5,2	5,6	6-7	Янгаджинское
90	2001	8	22	15	57	58,9	47,06	70,10	10	5,4	5	5,2	6	Шалгинское
91	2003	5	22	18	11	52,8	42,99	72,77	2	6,3	5,2	5,5	7-8	Луговское
92	2003	12	1	1	38	35,4	42,88	80,52	33	5,9	6	6	8	Сюмбинское
93	2006	12	25	20	0	58,0	42,02	76,07	12	5,9		5,8	7-8	Кочкорское 2
94	2008	4	26	13	14	51,7	50,72	51,76	4	4,3	4,8	5,1	7	Шалкарское
95	2009	6	13	17	17	37,9	44,77	78,82	15	6,3	5,1	5,4	7	Текелийское 2

Примечание: значок (p) рядом со значением магнитуды указывает, что значение получено расчетным путем из макросейсмических данных

О ВЫБОРЕ ОДНОРОДНОЙ МАГНИТУДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Созданный за большой период времени каталог землетрясений характеризуется большой неоднородностью данных с точки зрения оценки «размера» землетрясений. За почти столетний инструментальный период наблюдений менялись методические подходы к параметризации силы землетрясения, разрабатывались и применялись различные шкалы. В первую очередь это относится к шкалам, позволяющим ранжировать землетрясения с помощью безразмерной величины – магнитуды. В разные годы в практике рутинных сейсмических наблюдений применялись разные магнитудные шкалы по типу используемых сейсмических волн (по объемным и поверхностным волнам), по типу аппаратуры (по короткопериодным и среднепериодным приборам), по типу используемых калибровочных кривых. Кроме магнитудных шкал, в Советском Союзе широко использовалась шкала энергетических классов, которые имеют прямое отношение к высвобожденной в очаге сейсмической энергии. Энергетический класс был введен в практику наблюдений Т.Г. Раутиан [29]. Для одного события в каталоге можно найти один или несколько различных параметров, характеризующих его величину. В каталоге ISC-GEM, каталоге Центральной Азии, в каталоге Казахстана можно увидеть целый набор разных энергетических и магнитудных характеристик: магнитуды M , m_b , M_b , M_PVA , M_{LN} , M_{LV} , M_s , M_w и энергетический класс K . Подробно о типах магнитуд можно посмотреть в работе [30, 31].

Но как использовать данные каталога для построения различных карт, где должны быть показаны большие объемы информации? Как проводить расчеты сейсмической опасности, если у разных событий имеются разные магнитудные и энергетические характеристики? Встает задача приведения различных типов магнитуд и энергетического класса к одной наиболее удобной характеристике. Для ее решения необходимо было ответить на два вопроса: 1) какой тип магнитуды следует выбрать в качестве опорной, чтобы его значения были рассчитаны для всех событий каталога, т.е. для получения однородного каталога по магнитуде; 2) как получить эти значения?

Все магнитуды, определяемые на основе измерения амплитуд сейсмических волн, имеют свойство насыщения при высоких значениях магнитуды, т.е. при самых сильных землетрясениях они не отражают их истинную величину. Только магнитуда M_w не испытывает насыщения. Эта магнитуда в отличие от других типов связана с сейсмическим моментом, который имеет четкий физический смысл. Поэтому сейчас все больше наблюдается тенденция описания землетрясений именно с помощью магнитуды M_w . Следует отметить, что на большом диапазоне магнитуд (до $M=8$) с магнитудой M_w практически совпа-

дает магнитуда по поверхностным волнам M_s , которая, в свою очередь, близка по значениям к магнитудам M_{LN} и M_{LV} . Поэтому резонно с разных точек зрения было выбрать в качестве однородной характеристики магнитуду M_w . Однако реально замеренные значения моментной магнитуды имеются для очень малого количества событий каталога Казахстана, в основном, для сильных землетрясений, произошедших после 1970 г.

Для ответа на второй вопрос о магнитуде M_w для всех событий проведен детальный анализ имеющихся в каталоге Казахстана и прилегающих территорий значений магнитуд. Наибольшее количество событий характеризуются значениями энергетического класса K после 1960 г. и M_PVA после 1980 г. Магнитуда по поверхностным волнам на горизонтальной составляющей M_{LN} - третья по количеству значений в созданном каталоге. Исходя из анализа имеющихся в каталоге измеренных инструментальных характеристик, была выбрана следующая схема перехода к однородной магнитуде, соответствующей M_w , для всего каталога.

1. Значения M_w из каталога ISC-GEM для всех наиболее сильных землетрясений Центральной Азии были перенесены в каталог Центральной Азии в качестве однородной магнитуды.

2. Значения M_w для других событий Центральной Азии, которых не было в каталоге ISC-GEM, но вошедших в Гарвардский каталог, либо имеющихся в каталоге ISC или GFZ, были внесены в каталог Центральной Азии в качестве однородной магнитуды.

3. Имеющиеся инструментальные определения магнитуды по поверхностным волнам M_s для тех землетрясений, у которых нет M_w , были перенесены в каталог в качестве однородной магнитуды. То же - с магнитудой M_{LN} и M_{LV} .

4. Для оставшейся части землетрясений, у которых не было определений M_w , M_s , M_{LN} , M_{LV} , проведен расчет однородной магнитуды из характеристик по объемным волнам (K и M_PVA или m_b).

Были рассчитаны уравнения линейной и ортогональной регрессии между значениями магнитуды M_{LN} и другими магнитудами и энергетическим классом. В процессе оценки магнитуды при помощи различных шкал неизбежно возникают ошибки. Использование стандартной линейной регрессии (ЛР) предполагает, что независимая переменная определяется безошибочно, либо имеет совсем незначительную погрешность по сравнению с ошибками измерения зависимой переменной. Использование ЛР не должно полностью удовлетворять преобразованию магнитуд, так как обе оценки магнитуд, между которыми рассчитывается уравнение регрессии, содержат ошибки. При применении общей ортогональной регрессии (ОР) принимаются во внимание ошибки по обоим типам магнитуд. ОР получается при помощи минимизации квадратов ортогональных

расстояний к линии максимального линейного соответствия, в то время как СР выводится путем минимизации квадратов вертикальных смещений.

Для магнитуды MLH и Ms было получено уравнение ортогональной регрессии $MLH=0,997*Ms-0,005$, из которого видно, что достаточно обоснованно можно считать $MLH=Ms$. Но для перехода от MLH и Ms к Mw следует использовать достаточно надежное соотношение, полученное в ISC при составлении каталога ISC-GEM [18] (рисунок 11).

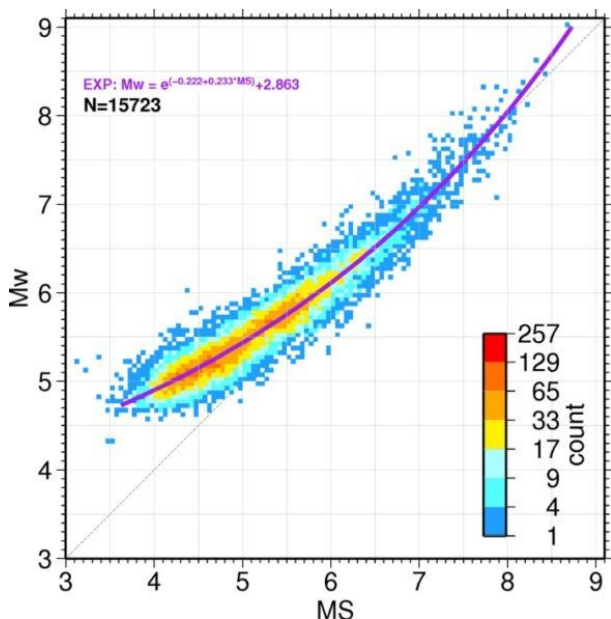


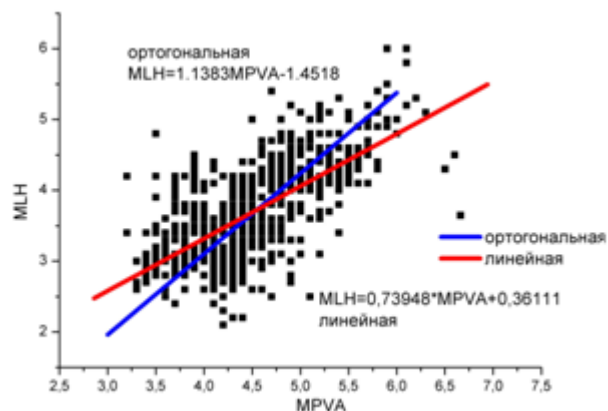
Рисунок 11. Корреляционная зависимость между магнитудами Ms и Mw [18]

На рисунке 12 приведены примеры сравнения корреляционных зависимостей MPVA, K и MLH, полученных разными способами - линейной и ортогональной регрессией. Для выяснения того, которая из полученных формул наиболее оптимальна и приоритетна для пересчета магнитуд, из каталога были отобраны наиболее представительные события – с инструментально определенными значениями MLH и K, а также MLH и MPVA. Для таких событий со значениями MLH и K рассчитаны магнитуда MLH11 из значений K – по формуле линейной регрессии, - и MLH12 - по формуле ортогональной регрессии. Для всех отобранных событий с MLH и MPVA рассчитаны магнитуда MLH21 из значений MPVA, – по формуле линейной регрессии, – и MLH22 - по формуле ортогональной регрессии. Результаты расчета значений невязок δM , полученных путем вычитания из расчетных значений MLH11, MLH12, MLH21, MLH22 истинного значения MLH для исследованных событий в виде корреляционной зависимости приведены на рисунке 12.

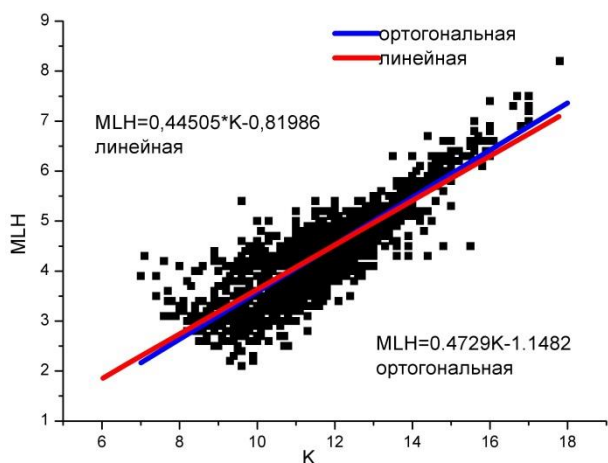
На рисунках 13 и 14 показано кумулятивное распределение полученных невязок.

Из рисунков 13 и 14 видно, что разброс значений для невязок $\delta M12$, а также $\delta M22$, рассчитанных по

формуле ортогональной регрессии, хоть и незначительно, но меньше, чем у рассчитанных по линейной регрессии значений $\delta M11$ и $\delta M21$. Далее проведен расчет однородной магнитуды по формулам ортогональной регрессии. Следует отметить, что разброс значений меньше при расчете через M_{pv} , чем через энергетический класс K.



а – зависимость между MLH и MPVA



б – зависимость между MLH и K

Рисунок 12. Полученные корреляционные зависимости между магнитудами исследованных событий

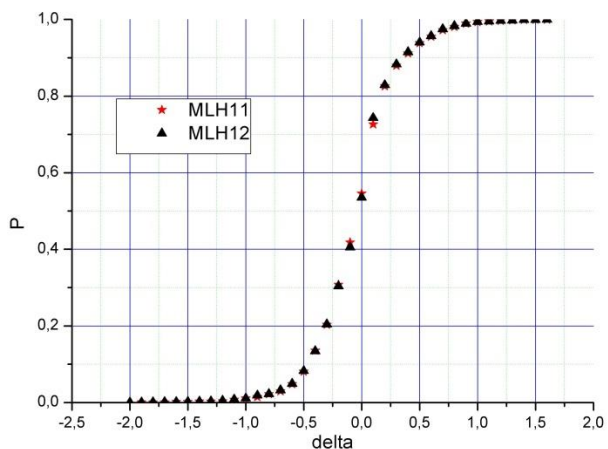


Рисунок 13. Кумулятивные распределения значений $\delta M11$ и $\delta M12$, рассчитанных через MPVA

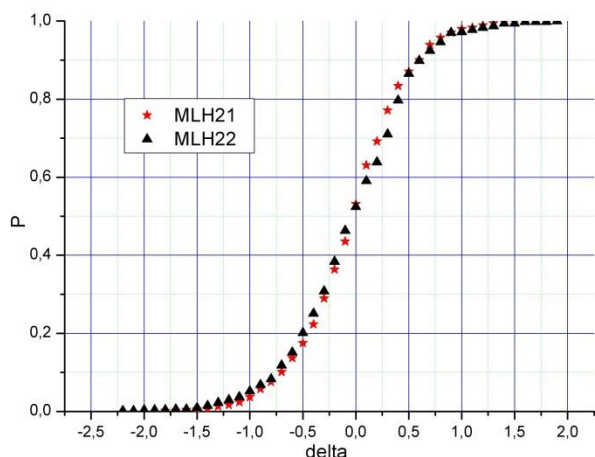


Рисунок 14. Кумулятивные распределения значений δM_{21} и δM_{22} , рассчитанных через энергетический класс

В результате для всех отобранных событий была рассчитана магнитуда M_{new} , которая стандартна для всего периода времени, и скоррелирована с M_w . В таблице 3 приведены окончательные формулы, использованные для расчета однородной магнитуды, что позволит анализировать каталог и проводить научные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондорская, Н.В. Специализированный каталог землетрясений для сейсмического районирования Северной Евразии / Н.В. Кондорская, В.И. Уломов // Основные достижения Объединенного института физики Земли им. О.Ю. Шмидта за 1992 - 1996 гг. / М.: ОИФЗ. – 1996. - Т. 1. - С. 108 - 109.
2. Уломов, В.И. Комплект карт общего сейсмического районирования территории Российской Федерации - ОСР-97. Масштаб 1:8000000. Объяснительная записка и список городов и населенных пунктов, расположенных в сейсмоопасных районах / В.И. Уломов, Л.С. Шумилина. - М.: ОИФЗ. – 1999 - 2000. - 57 с. Карта / Гл. ред. В.Н. Страхов и В.И. Уломов. - М.: ОИФЗ-РОСКАРТОГРАФИЯ. - 2000. - 4 листа.
3. Seismic Risk Assessment in Central Asia” Final Project Activity Report on the work performed from 02.01.2006 to 04.30.2009: ISTC Project No. KR-1176 / Institute of Geophysical Researches NNC RK; Project submanager N.N. Mikhailova. – P. 46.
4. Бюллетень Международного сейсмологического центра (ISC) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>
5. Обзорный сейсмический бюллетень Международного центра данных REB (IDC СТБТ) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ctbto.org/verification-regime/the-international-data-centre/>
6. Сейсмический бюллетень геологической службы США (NEIC) [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/neic_bulletins.php
7. Сейсмологическая опытно-методическая экспедиция МОН РК [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.some.kz/>
8. Бюллетень Центра данных (KNDC) РГП ИГИ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.kndc.kz/index.php/ru/sejsmicheskie-byulleteni/interactive-bulletin>
9. Каталог землетрясений Кыргызстана [Электронный ресурс]. - Бишкек: Институт сейсмологии НАН КР. Режим доступа: <http://www.seismo.kg/>
10. Землетрясения в СССР. - М.: ИФЗ, 1961 - 1991 гг.
11. Землетрясения в Северной Евразии. – М.: Геофизическая служба РАН, 1991 – 2007 гг.
12. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975 г. - М. : ИФЗ, 1977. –534 с.
13. Атлас землетрясений Кыргызстана / Отв. ред. Н.Н. Михайлова. – Бишкек: ЦАИИЗ, 2009. –78 с.
14. Inland Earthquake // Supplement. - Beijing, 1997. - vol. 11. - 183 p.
15. Bragin, V.D. The Kyrgyz Seismic Network (KNET) / V.D. Bragin [at all] // American Geophysical Union, Spring Meeting 2007, abstract #S23A-12.
16. Консорциум университетов США (IRIS) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.iris.edu>
17. Михайлова, Н.Н. SEED –архивы цифровых записей Казахстанской сейсмической сети станций Национального Ядерного Центра (НЯЦ РК) / Н.Н. Михайлова, И.Н. Соколова, Г.С. Султанова // Тез. док. на Третьих геофизических чтениях им. В.В. Федьнского, 22 - 24 февр. 2001 г.
18. Storchak, D.A. The ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (1900 - 2009): Introduction / D.A. Storchak, D. Di Giacomo, E.R. Engdahl, J. Harris, I. Bondár, W.H.K. Lee, P. Bormann and A. Villaseñor // Phys. Earth Planet. Int., 2014. - in press, doi: 10.1016/j.pepi.2014.06.009.

Таблица 3. Формулы для пересчета

$MLH=0,47 * K - 1,15 (K < 14)$
$MLH=1,34 * mb - 1,189$
$MLH=1,14 * MPVA - 1,45$
$MLH=M_p(U_1)$
$MLH=M_s$
$M_w=F(M_s)$ (рисунок 11)

Таким образом, закончена работа по созданию каталога Казахстана и прилегающих территорий с древнейших времен по 2009 г. Его достоинством является представление данных не только по традиционно сейсмически активной территории страны, но и по другим регионам, до последнего времени считавшимися асейсмичными. Впервые к составлению каталога привлечены данные сейсмических бюллетеней международных центров обработки, а также цифровые записи из архивов международного центра IRIS и KNDC. Все магнитудные характеристики приведены к одной опорной расчетной магнитуде, скоррелированной с самой приоритетной в последние годы моментной магнитудой M_w .

19. Gutenberg, B. Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, 2nd Edn / B. Gutenberg, C.F. Richter //Princeton University Press, Princeton, N J, 1954. – 310 p.
20. Нурмагамбетов, А. Сейсмическая история города Алматы / А. Нурмагамбетов. - Алматы: LEM, 1999.
21. Arrowsmith, I.R. Surface rupture of the 1911 Kebin (Chon-Kemin) earthquake, Northern Tien Shan, Kyrgyzstan / I.R.Arrowsmith [at al] // AGU, 2005.- 86 (52), Eos Trans . - Fall Meet. Suppl., Abstract T51F-05.
22. Delvaux, D. Landslides and surface breaks of the 1911 Ms 8.2 Kemin earthquake, Kyrgyzstan / D. Delvaux [at al] //Russian Geology and Geophysics, 2001. - №42. - P. 1167 - 1177.
23. Chen, W.-P. Seismic moments of major earthquakes and the average rate of slip in Central Asia / W.-P Chen, P.Molnar //J. Geophys. Res., 1977. - 82. – P. 2945 – 2969.
24. Bindi, D. Location and magnitudes of earthquakes in Central Asia from seismic intensity data: application to earthquakes occurred before 1964 / D. Bindi [at al] // Geophysical Journal International, 2013. – 192. - 2. - P. 710 – 724.
25. Abe, K. Determination of magnitude for large shallow earthquakes 1898 - 1917/ Bindi [K. Abe, S. Noguchi // Phys. Earth Planet. Inter., 1983.- № 32. - P. 45 - 59.
26. Bindi, D. Location and magnitudes of earthquakes in Central Asia from seismic intensity data: model calibration and validation / D. Bindi, A. A. Gomez Capera, S. Parolai [at. all] // Geophysical Journal International, 2013. - doi: 10.1093/gji/ggs039.
27. Bakun, W. H. and Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data / C. M. Wentworth. Bull. Seism. Soc. Am., 1997. - №87. – P. 1502–1521.
28. D. Bindi [at al]. Location and magnitudes of earthquakes in Central Asia from seismic intensity data: model calibration and validation / Geophysical Journal International, 2013. – 192, 2. – C.71- - 724. - doi: 10.1093 / gji / ggs039.
29. Rautian, T. Origins and methodology of the russian energy k-class system and its relationship to magnitude scales / T. Rautian, V. Khalturin, K. Fujita, K.G. Mackey, A.D. Kendal // Seismol. Res Lett., 2007/ - 78/ - P. 579–590.
30. Bormann, P. Magnitude of seismic events, in IASPEI / ed. P. Bormann // New Manual of Seismological Observatory Practice. - Potsdam: GeoForschungsZentrum, 2002. - Vol. 1. - P. 16 – 50.
31. Михайлова, Н.Н. Калибровочная функция для определения магнитуды МРВА землетрясений Северного Тянь-Шаня / Н.Н. Михайлова, Н.П. Неверова // Комплексные исследования на Алма-Атинском прогностическом полигоне. - Алма-Ата: Наука, 1983. – С. 41 - 47.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ МЕН ЖАНАСҚАН АЙМАҚТАР АУМАҒЫНДАҒЫ
ЖЕРСІЛКІНУЛЕРДІҢ БІРЫҢҒАЙЛАНДЫРЫЛҒАН КАТАЛОҒЫ
(ЕЖЕЛГІ ЗАМАННАН 2009 Ж. ДЕЙІН)**

Михайлова Н.Н., Аристова И.Л., Мукамбаев А.С.

Геофизикалық зерттеулер институты, Курчатов, Қазақстан

Қазақстан Республикасы мен жанасқан аймақтар аумағы үшін ежелгі заманнан 2009 жылға дейін – каталогты құрастыру уақытына, орта күштегі және қатты жерсілкінулері бойынша шешімдерді салыстыру үшін пайдаланылған Халықаралық сейсмологиялық орталықтың (ISC) деректері бар соңғы жылы – кезеңін қамтитын жерсілкінулердің бірыңғайландырылған каталогын жасау технологиясы сипатталған. Жерсілкінулердің жасалған каталогы аумақты сейсмикалық зоналау карталарын салу үшін ақпараттық негізі ретінде, сондай-ақ қауіптілік пен осалдығын бағлау үшін есептерде пайдаланылған.

**UNIFIED EARTHQUAKES CATALOG OF THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
AND ITS SURROUNDINGS (SINCE ANCIENT TIMES TILL 2009)**

N.N. Mikhailova, I.L. Aristova, A.S. Mukambaev

Institute of Geophysical Research, Kurchatov, Kazakhstan

The paper describes technology of creating a unified catalog of earthquakes for the territory of the Republic of Kazakhstan and its surroundings, covering the period from ancient times till 2009 – the last year for which there were International Seismological Center (ISC) data, which were used for matching the solutions on medium and strong earthquakes. The created catalog of earthquakes is used as an information base for construction of seismic zoning maps of the territory as well as in calculations for the purposes of assessing the hazard and vulnerability.