**N E W S**
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
**SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES**
ISSN 2224-5278
Volume 1, Number 421 (2017), 96 – 101

**S. O. Janabilova[1], A. R. Ischuk[2], K. E. Abdrakhmatov[3]**

[1]LLP "Institute of Seismology", Almaty, Kazakhstan,
[2]Institute of Geology, Seismology and Earthquake Engineering, Tajikistan,
[3]Institute of Seismology, Kyrgyzstan

# DETERMINISTIC SEISMIC HAZARD ASSESSMENT OF NORTHERN TIEN-SHAN

**Abstract.** Wire deterministic seismic hazard assessment in the values of seismic intensity on the MSK-64 scale. This estimate for the so-called maximum credible earthquake (MCE) probable earthquake-maximal, ie, caused by tectonic features. It determines the maximum magnitude, based largely on geological criteria.As a rule, such an assessment determines the value of the seismic action at the maximum possible earthquakes, but with a very small probability for industrial and civil buildings 1 time in 2,500 years, to the responsible structures, including large dams 1 every 10 000 years.At the same time it was taken assumption that seismic sources are linear with equal probability of occurrence of earthquakes given the maximum possible magnitude for a particular linear power at each point of the line source.

Determination of the oscillation damping laws (acceleration or velocity) depending on the distance from the earthquake source is one of the most important problems in the evaluation of seismic hazard. For the most realistic seismic hazard map of a region it is necessary that the attenuation relationship was based on a detailed analysis of macro seismic and instrumental data for the region, as well as take into account the effect of the local ground conditions. As a rule, for the general seismic zoning evaluation of the seismic action for the purposes of large territorial taken the average value of the acceleration or velocity in the so-called rocks.

**Keywords:** active faults, the destruction of the earth's crust, seismic hazard assessment.

УДК 528.8:629.78

**С. О. Джанабилова[1], А. Р. Ищук[2], К. Е. Абдрахматов[3]**

[1]ТОО «Институт сейсмологии», Алматы, Казахстан,
[2]Институт геологии, сейсмологии и сейсмостойкого строительства, Таджикистан,
[3]Институт сейсмологии, Кыргызстан

# ДЕТЕРМИНИСТСКАЯ ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ СЕВЕРНОГО ТЯНЬ-ШАНЯ

**Аннотация.** Проводилась детерминистская оценка сейсмической опасности в значениях балльности по шкале MSK-64. Это оценка для так называемого maximum credible earthquake (MCE) – максимального вероятного землетрясения, т.е. обусловленного тектоническими особенностями. Она определяет максимальную магнитуду, основываясь в большей степени на геологических критериях. Как правило, такая оценка опре-

деляет величину сейсмических воздействий при максимально возможных землетрясениях, но с очень маленькой вероятностью для промышленных и гражданских сооружений 1 раз в 2500 лет, для ответственных сооружений, включая большие плотины 1 раз в 10 000 лет. При этом были приняты допущения, что сейсмические источники являются линейными с одинаковой вероятностью возникновения землетрясений заданной максимально возможной магнитуды, для конкретного линейного источника в каждой точке этого линейного источника.

**Ключевые слова:** активные разломы, деструкция земной коры, оценка сейсмической опасности.

**Введение.** Определение закономерностей затухания колебаний (ускорений или скоростей) в зависимости от расстояния до источника землетрясения является одной из наиболее важных проблем при оценке сейсмической опасности. Для получения наиболее реальной карты сейсмической опасности того или иного региона необходимо, чтобы зависимость затухания была основана на детальном анализе макросейсмических и инструментальных данных для данного региона, а также учитывала локальный эффект грунтовых условий. Как правило, для целей общего сейсмического районирования оценка сейсмического воздействия для большой территории берется среднее значение ускорений или скоростей в так называемых скальных породах.

Поскольку землетрясение происходит на глубине в зоне разлома, то положение эпицентра на поверхности не совпадает с местом выхода на поверхность этого разлома (рисунок 1).

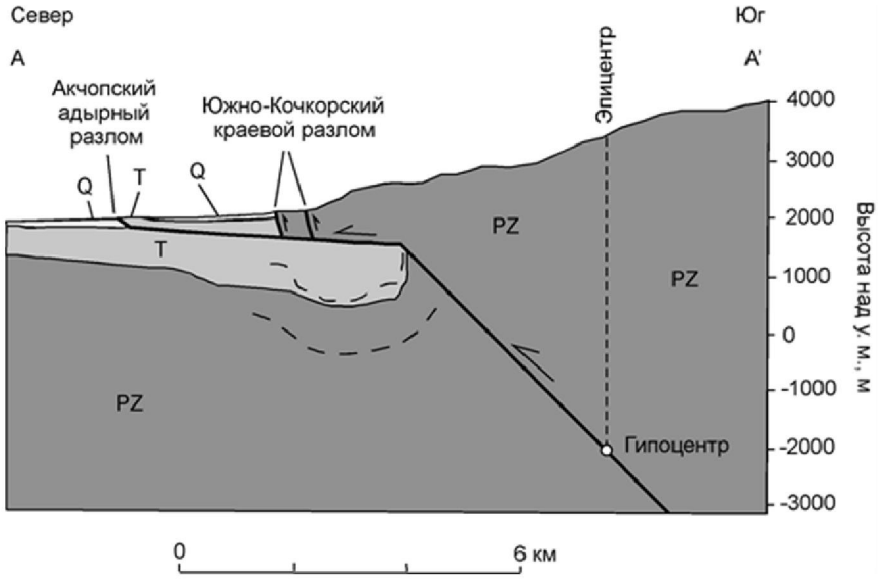


Рисунок 1 – Положение гипоцентра и эпицентра землетрясения в структуре полого падающего разлома

Figure 1 – Position the hypocenter and epicenter of the earthquake in the hollow structure of incident fracture

В связи с этим, при выполнении расчетов были приняты следующие допущения:

1. Углы падения упомянутых выше разломов изменяются от 50 до 70 градусов, и средняя величина была принята в 60 градусов.

2. Средняя глубина гипоцентров землетрясений с магнитудой $M \geq 7 – 8$ составляет 20 км, а для землетрясений с $M \geq 6 – 6.5 – 15$ км (для территории Средней Азии).

Таким образом, положение эпицентров землетрясений с $M \geq 7 – 8$ при среднем угле падения плоскости разлома 60 градусов смещается в сторону падения плоскости разлома на расстояние в 12 км от положения его на поверхности, а для землетрясений с $M \geq 6 –$.5–нарасстояниев 9 км.

С учетом этих допущений была построена карта положения на поверхности эпицентров землетрясений вдоль осевых линий зон разломов с учетом положения гипоцентров, которая использовалась в дальнейшем для выполнения расчетов (рисунок 2).

Отметим, что для анализа мы приняли в качестве линейных источников именно активные разлома. Считается, что каждый новейший разлом является активным в позднем плейстоцене-голоцене, т.е. на протяжении последних 100 тыс. лет геологической истории. Однако такое допу-

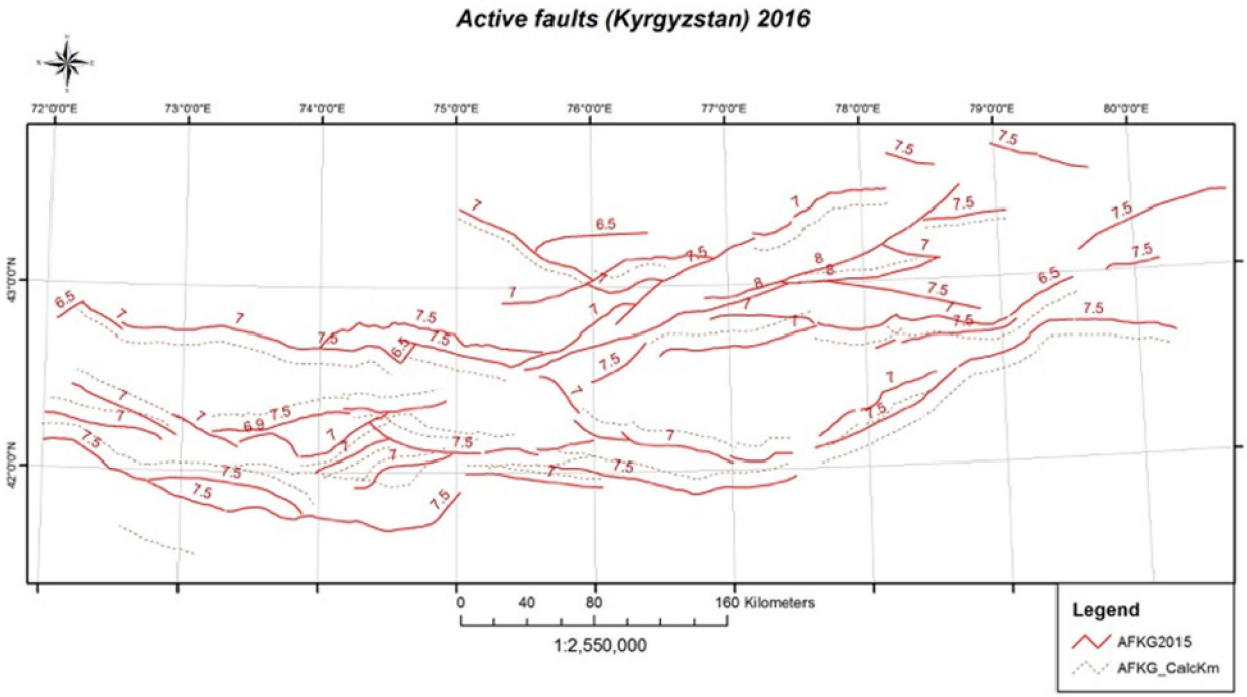


Рисунок 2 – Карта положения на поверхности эпицентров землетрясений вдоль осевых линий зон активных разломов с учетом положения гипоцентров.

Цифры у линий разломов – максимальная магнитуда возможных землетрясений, предполагаемая по геологическим данным.

Figure 2 – Map of the situation on the surface of the epicenters of earthquakes along the center lines of the zones of active faults, taking into account the provisions of the hypocenter.

The numbers on the fault lines – the maximum possible magnitude of earthquakes estimated from geological data.

щение представляется нам недоказанным. Известно, например, что зона известного на Тянь-Шане разлома, называемого «линией Николаева» которая была активной на протяжении начальных стадий новейшего этапа, но, начиная с четвертичного времени, потеряла активность. Кроме того, имеются свидетельства того, что даже зоны активных разломов имеют сегменты, которые в позднем плейстоцене – голоцене не были активными.

Поэтому, при оценке сейсмической опасности необходимо, либо считать всю зону новейшего разлома потенциально опасной без указания на ее активность в позднем плейстоценеголоцене, либо выделять только те разломы, в пределах которых есть указания на то, что его крылья были активны в указанное время. Такое разделение существенно меняет картину структурного рисунка региона и соответственно меняет картину сейсмической опасности.

Задачей являлось определить величину интенсивности в баллах в зависимости от расстояния до сейсмического источника

Инструментальные данные по сильным движениями как источник о замеренных величинах ускорений поверхности грунта при сильных сейсмических колебаниях довольно малочисленны и имеются только для ограниченного числа районов. Макросейсмические данные не всегда корректны для оценки закономерностей затухания (неравномерное расположение населенных пунктов с типичной застройкой влияние рельефа и состава пород на интенсивность сотрясений, неполнота и достаточный субъективизм данных и прочее). Поэтому все чаще делаются попытки использования уже имеющихся закономерностей затухания полученных для одних регионов, как расчетным путем при помощи синтетических записей сильных движений, так и эмпирическим путем при анализе инструментальных и макросейсмических данных для оценки сейсмической опасности в других более или менее аналогичных регионах. Как правило, большинство используемых уравнений затухания сейсмических колебаний их интенсивности в значениях ускорений или балльности основаны на зависимости ослабления интенсивности сотрясений в зависимости от эпицентрального расстояния.

Фактически же принимается в расчет гипоцентральное расстояние (расстояние от источника) который располагается на той или иной глубине от земной поверхности. Обычно для расчетов, используются несколько эмпирических уравнений, которые получены для сходных тектонических условий и основаны на достаточно большом количестве фактического материала. При этом чем меньше фактических данных и ниже их качество, тем больше ошибок в расчетах, которые могут достигать 50 % (обычно определяется величиной стандартного отклонения – сигма).

Применительно к Северному Тянь-Шаню было принято наиболее приемлемое эмпирическое уравнение, которое было уже использовано при оценке сейсмической опасности для территории Центральной Азии. Кроме того, это уравнение затухания учитывает и морфологический тип разлома, как источника землетрясений. Поэтому в используемых уравнениях затухания интенсивности использовались эмпирические коэффициенты именно для взбросо-надвигового типа разломов, поскольку именно такой тип разломов развит в Северном Тянь-Шане.

Поскольку при сейсмическом районировании были использованы оценки сейсмических воздействий в значениях сотрясаемости в баллах по шкале MSK-64 в данном исследовании также были выполнены расчеты сейсмических воздействий в баллах интенсивности сотрясений. Использовалось уравнение Д. Бинди с соавторами основанное на анализе данных по Центральной Азии ( Bindiet., al., 2014).

$$I = a1M + a2 – a3\log10 ( \sqrt{Repi2+h2}/ h2 – a4(\sqrt{Repi2+h2} - h),$$

где I – интенсивность сотрясений в баллах шкалы MSK-64, M – локальная магнитуда, Repi – эпицентральное расстояние в км, h – глубина очага в км a1, a2, a3, и a4 – эмпирические коэффициенты.

При использовании этих уравнений расчета интенсивности значения глубины эпицентра принимались 20 км для магнитуд MLH≥7; 15 км для магнитуд 6≤MLH≥6,5 и 10 км для = 5,5.

Методика расчетов состоит в следующем. В программе ARCGIS Spatial Analyst на основе карты зон линейных источников землетрясений (активные разломы) района строительства было рассчитано по формуле и построено распределение интенсивности в баллах шкалы MSK-64в зависимости от расстояния от линейных источников землетрясений с заданной максимальной магнитудой. При построении карты вычислялось максимальное значение интенсивности от всех источников, расположенных в радиусе 500 км от места расположения. Таким образом, получалась карта распределения интенсивности сотрясений в виде матрицы с размером ячеек 500х500 м с вычисленным значением балльности в каждой ячейке (рисунок 3). При близком расположении различных источников землетрясений программа сохраняла в ячейках максимальное из всех значение ускорения.

Карта распределения интенсивности сотрясений в баллах указанной шкалы приведена на рисунке 3. Детальное рассмотрение полученных результатов показывает, что наши данные являются более «структурными», т.е. вместо обширных полей максимальных сотрясений (9 баллов) мы получили протяженные вдоль зон активных разломов полосы. Это объясняется явлением приуроченности максимальных значений интенсивности к зонам разломов, так как такие зоны являются зонами максимальной раздробленности земной коры и, соответственно, зонами пониженной прочности земной коры. Кроме того, именно в зонах разломов проявляются остаточные, необратимые (пластические или разрывные) и обратимые (упругие, а также геофизические поля) во времени следы деформаций и возмущений, вызваннные формированием разлома и подвижками по нему (Шерман С.И., 2014). На расстоянии от магистральных разломов интенсивность сотрясений затухает, что соответствует действительности.

Необходимо отметить наличие довольно обширных зон 8-балльной интенсивности на всей территории Кыргызской Республики, имеющихся на полученной нами карте, по сравнению с картой сейсмического районирования, изданной в 2011 году (Абдрахматов К.Е. и др. 2011).

Необходимо также внести определенные изменения в карту сейсмического районирования территории Казахстана (Сейсмическое…, 2000) Например, в полученной нами карте появились зоны северо-западного направления, совпадающие с Чунджа-Капчагайской зоной активных разломов, в пределах которой могут возникать землетрясения интенсивностью до 9 баллов.