

УДК 550.348.433

Муралиев А.М.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
Бишкек, Кыргызстан

### К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМАХ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В КЫРГЫЗСТАНЕ: СОСТОЯНИЕ И ДАЛЬНЕЙШЕЕ ПРОДОЛЖЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

**Аннотация.** Проведён краткий анализ сейсмологического аспекта современного состояния проблемы прогноза землетрясений в Кыргызстане для выбора дальнейших исследований. Представлена структура основных задач прогноза землетрясений в виде схемы, решение каждой из которых вносит вклад в оценку сейсмической безопасности территории страны.

**Ключевые слова:** прогноз, землетрясение, проблема, исследование.

### КЫРГЫЗСТАНАДАГЫ ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН АЛДЫН АЛУУ МАСЕЛЕСИНЕ КАРАТА: ИЗИЛДӨӨЛӨРДҮН АБАЛЫ ЖАНА АНДАН АРЫ ӨНУГҮҮСҮ

**Кыскача мазмуну.** Кыргызстанда жер титирөөлөрдүн алдын алуу маселелеринин азыркы абалын сейсмологиялык аспекте изилдөөлөрдүн андан ары өнүгүшүнө кыскача талдоо жүргүзүлгөн. Схема түрүндө жер титирөөнүн алдын алуудагы негизги милдеттеринин түзүлүшү, алардын ар бири боюнча чечим өлкөнүн аймагынын сейсмикалык коопсуздугун баалоого өбөлгө түзөт.

**Негизги сөздөр:** алдын алуу, жер титирөө, изилдөө.

### TO THE QUESTION OF EARTHQUAKE PREDICTION PROBLEMS IN KYRGYZSTAN: STATE AND CONTINUATION OF RESEARCHES

**Abstract.** A brief analysis of the seismological aspect of the current state of the problem of earthquake prediction in Kyrgyzstan for selection of further researches is conducted. The structure of the main tasks of earthquake prediction is presented in the form of a scheme, the solution of each point of which contributes to the assessment of seismic safety of the country.

**Keywords:** prediction, earthquake, problem, research.

Прогноз землетрясений является одной из актуальных проблем сейсмологии. В связи с этим исследования в данном направлении интенсивно развиваются практически во всех сейсмоактивных регионах Земли. Несмотря на значительный прогресс, достигнутый за последние годы в сейсмологии, точное решение прогноза сильных землетрясений пока не найдено. Впервые практический прогноз сильного землетрясения сделан в 1975 г. китайскими сейсмологами [1,2], в результате которого была сохранена жизнь многочисленного населения провинции Китая. Использование предложенного ими метода на другие регионы Тянь-Шаня пока не нашло применения, так как требует дополнительного исследования.

Целью настоящей статьи является анализ и оценка общего состояния проблемы прогноза землетрясений в Кыргызстане, а также представление в виде схемы основных фундаментальных задач для выбора путей дальнейшего продолжения исследований в этом направлении и выхода на оценку сейсмической безопасности территории страны.

Прогноз землетрясения – это разработка метода предсказания места, времени и силы ожидаемого землетрясения (рис. 1). Для решения вышперечисленных задач в Кыргызстане и Центрально-Азиатском регионе выполнены следующие виды работ:

собраны сведения об исторических сильных землетрясениях за период с древнейших времен до 1975 г. [3] с последующим пополнением каталога новыми данными о сильных землетрясениях, произошедших в этом регионе за последние годы. При этом, наиболее достоверные сведения об ощутимых и сильных землетрясениях Кыргызстана получены, начиная с 1770 года в результате макросейсмического обследования последствий сильного Беловодского землетрясения ( $M=6.0$ ) [4].

Количество ощутимых и сильных землетрясений ( $M \geq 5.0$ ) по Кыргызстану составляет более 600 событий за период с 1770 г. по 2018 г. Каталог землетрясений ( $M \geq 3.3$ ) Кыргызстана был составлен по данным сети сейсмических станций региона, начиная с 1955 г.

Переход от аналоговой системы регистрации к цифровой регистрации сейсмических событий в Кыргызстане начат с 1991 года. В 1991 г. впервые в Центрально-Азиатском регионе, на севере Кыргызстана - Бишкекском прогностическом полигоне, установлена новая радиотелеметрическая сеть KNET с 10-ю пунктами наблюдений, оснащённых сейсмическими станциями американского производства [5]. Это позволило в реальном масштабе времени проводить наиболее точную регистрацию и локализацию многочисленных слабых и умеренных землетрясений, происходящих ежегодно на территории Кыргызстана и приграничных регионов. Качество рутинной обработки и определение основных параметров очагов землетрясений были значительно улучшены. Каталог механизмов очагов землетрясений Кыргызстана и Центрально-Азиатского региона составлен в 1979 году [6], пополнение которого успешно продолжается и ныне [7]. Имеются некоторые сведения о механизме умеренных и сильных землетрясений, начиная с 1946 года (Чаткальское землетрясение 1946 года с  $M=7.5$ ) [8]. Полученные результаты по многолетним сейсмологическим наблюдениям имеют большое значение для продолжения исследований, направленных на прогноз сильных землетрясений.

Схематическое представление об основных задачах прогноза землетрясений и сейсмической безопасности показано на рис. 1.

Прогноз места связан с предсказанием пространственной области будущего землетрясения, т.е. по сути является сейсмическим районированием. В этом направлении определённые успехи были достигнуты в СССР и Кыргызстане в частности [9]. Один из вариантов карты сейсмического районирования Кыргызстана составлен в 1976 г. [10], но она через каждые 10-15 лет обновляется [11]. Работа по сейсмическому районированию сводится к вероятной оценке сейсмической опасности исследуемой территории. На последней карте сейсмического районирования учитывалась вероятность возникновения землетрясений различной силы, основанная на данных о максимально возможных сильных землетрясениях. Однако, сильные землетрясения бывают настолько редки, что период их возможного повторения значительно превосходит сроки существования или полного изнашивания любого сооружения и здания.

Прогноз силы будущих землетрясений направлен на предсказание магнитуды ожидаемого сейсмического события, что является важным аспектом для сейсмического микрорайонирования конкретной территории (рис. 1). Дело в том, что сильные сотрясения грунта при землетрясениях вызывают разрушения домов, дорог и других крупных объектов, имеющих серьёзное народно-хозяйственное значение. Поэтому вероятностная оценка прогноза силы землетрясений затрагивает вопросы экономики и требует расчёта экономического эффекта в сейсмостойком строительстве, т.е. сводится к оценке сейсмического риска в конкретной области. В Кыргызстане сейсмическое микрорайонирование городов и других объектов [12] проводится в духе развития инженерной сейсмологии и сейсмического микрорайонирования с оценкой сейсмического риска.



Рисунок 1. Схематическое представление о проблемах прогноза землетрясений и сейсмической безопасности.

Наиболее сложной задачей в этой проблеме является предсказание времени ожидаемого сильного землетрясения (рис. 1). Научные исследования по этому направлению ведутся достаточно хорошо в Японии, США, Китае, СНГ и др. [13-16], например, выявлены большое количество предвестников сильных землетрясений. В связи с этим, задачи поисков предвестников и прогноза сильного землетрясения занимают особое место в современной сейсмологии. При такой постановке задачи, возникает необходимость изучения свойств геофизических сред перед возникновением землетрясений и динамики развития сейсмических процессов в очаговой зоне сильных землетрясений.

Таким образом, решение задачи прогноза землетрясений требует применения комплексного анализа сейсмологических, геофизических, геохимических, гидрогеодинамических, а также других видов наблюдений. Для выяснения природы предвестников сильных землетрясений полезно использовать результаты теоретических исследований и лабораторных экспериментов. Результатом предсказания момента возникновения землетрясений является разработка метода и его применение к конкретному прогнозу землетрясения (рис. 1). Следует отметить, что землетрясение - это накопление и высвобождение напряжения и деформации в земной коре, когда деформации достигают определённого предела, она теряет способность сопротивляться напряжениям, после чего происходит разрыв. Процесс приближения к моменту разрыва характеризуется некоторыми физическими явлениями, предвестниками землетрясения. Другими словами, если спрогнозировано место будущего сейсмического события, то, изучая аномальные изменения во времени,

различный набор предвестников способствует предсказанию времени ожидаемого землетрясения. Такое теоретическое рассуждение, скорее всего, просто и понятно, но его практическая реализация является далеко непростой задачей.

В целом, прогностические исследования в Кыргызстане начаты в 70-е гг. прошлого века. В работах [17,18] было уделено большое внимание изучению пространственно-временных закономерностей сейсмичности Фрунзенского, ныне Бишкекского, прогностического полигона. Проведено детальное изучение пространственно-временного распределения отношений скоростей продольных и поперечных сейсмических волн ( $V_P/V_S$ ) как одного из предвестников сильного землетрясения [18]. В результате было выявлено, что долговременное среднее значение параметра  $V_P/V_S$  уменьшается на 10-15% перед подготовкой сильного землетрясения. Отметим, что эти результаты получены на основе анализа данных, полученных с помощью передвижных экспедиционных сейсмических станций, временно задействованных в районе полигона. Наиболее существенным моментом для того и настоящего времени являются вынужденные перерывы в системе наблюдений, т.е. если станция останавливается (например, в связи с отключением электроэнергии), то это оказывает существенное влияние на достоверность получаемых результатов исследования. Кроме того, некоторые результаты изучения периодичности проявления сильных землетрясений Тянь-Шаня и другие прогностические исследования приведены в работах [19,20] и др.

Состояние прогностических исследований определялось, прежде всего, налаженностью функционирования сейсмического мониторинга на полигоне, в сейсмоактивной области и регионе, а также организацией точной регистрации и локализации сейсмических событий.

В связи с этим, концепция развития комплексного сейсмического мониторинга была предложена в работе [21], согласно которой на территории Кыргызстана предлагалось организовать четыре – Бишкекский, Ошский, Иссык-Кульский и Нарынский - прогностических полигона. Из них на сегодняшний день реализован только один – Бишкекский прогностический полигон (1991 г.). К сожалению, из-за нехватки финансовых средств, наклонномерные и деформографические наблюдения в составе сейсмической обсерватории «Ала-Арча» временно приостановлены, а также имеет место сокращение и других пунктов наблюдений, например, геомагнитных, геохимических, гидрогеодинамических и др. Такое обстоятельство отрицательно влияет на результативность прогностических исследований.

Чтобы определить, возможен ли прогноз землетрясений и какие методы для этого нужны, прежде всего необходимо понять механизм возникновения землетрясения и приводящие к нему процессы [13]. С учётом этого, мы будем продолжать изучение фокальных механизмов землетрясений Тянь-Шаня по данным инструментальных сейсмических наблюдений. На основе этого материала можно извлекать информации о современном поле напряжений земной коры, в котором возникают очаги коровых землетрясений. Слабые сейсмические события используются нами в качестве предвестников сильных землетрясений, т.к. их пространственно-временное распределение, как правило, в определённой степени отражает также напряжённое состояние земной коры. Кроме того, основное внимание будет уделено изучению сейсмических брешей 1-го и 2-го родов, фор- и афтершоков сильных землетрясений, роям слабых сейсмических событий и другим параметрам сейсмического режима. Для общего анализа материалов наблюдений, будут привлечены современные достижения результатов теоретических и лабораторных экспериментов на образцах горных пород. В случае достоверного прогноза землетрясений необходимо решать ещё вопросы, связанные с предупреждением населения и его реакции на этот прогноз. Эти сложные проблемы требуют проведения специального дальнейшего исследования.

**Выводы**

1. Анализ сейсмологического аспекта прогностических исследований в Кыргызстане показал, что в процессе сбора эмпирических данных Бишкекский прогностический полигон играет доминирующую роль в освоении сейсмического мониторинга его территории. Однако длительность периода накопления сейсмических данных сравнительно мала с точки зрения статистики. Наиболее целесообразным является организация Ошского, Иссык-Кульского, Нарынского и других прогностических полигонов, где нужно проводить комплексные сейсмологические, геофизические, геохимические, гидрогеодинамические и другие виды наблюдения для решения вопросов прогноза землетрясений и выявления пространственно-временных закономерностей сейсмичности.
2. Состояние прогнозирования землетрясений в Кыргызстане определено качеством проведения сейсмического мониторинга. Знания, полученные с помощью сейсмического мониторинга, дали возможность сделать вывод о всестороннем изучении слабой сейсмичности перед сильным землетрясением.
3. Дальнейшие исследования по прогнозу землетрясений на территории полигона и других сейсмоактивных районах должны базироваться на анализе комплекса данных сейсмологических, геофизических, геохимических, гидрогеодинамических и других исследований.

**Литература**

1. Wang K., Qi-Fu Chen, Shihong Sun and Andong Wang. «Predicting the 1975 Haicheng Earthquake». Bulletin of the Seismological Society of America, 2006, pp.757-795.
2. Zhang G., Fu Z. Some features of medium and short-term anomalies before great earthquake. Am. Geophys. Union. D.C. 1981, pp.497-509.
3. Новый каталог сильных землетрясений на территории СССР с древнейших времен до 1975г. // Отв. Ред. Н.В.Кондорская и Н.В.Шебалин. М., «Наука». 1977, 536 с. (Средняя Азия и Казахстан, с.198-296).
4. Джанузаков К. Землетрясения Киргизии и сейсмическое районирование её территории. Фрунзе. «Илим». 1964.
5. Vernon F. Kyrgyzstan seismic telemetry network. IRIS Newslett. 1992. Vol. 11. №1, p.7-9.
6. Лукк А.А., Юнга С.Л., Шкляр Г.П. и др. Сеймотектоническая деформация Средней Азии и Казахстана. //Землетрясения Средней Азии и Казахстана. 1979. Душанбе: Дониш. 1980, с. 67-99.
7. Муралиев А.М., Малдыбаева М.Б., Абдыраева Б.С., Сабирова Г.А. Механизмы очагов землетрясений Кыргызстана и прилегающих территорий за 2012г. //Землетрясения Северной Евразии. – вып. 21 (2012 г.). – Обнинск: ФИЦ ЕГС РАН. 2018, с. 444-448.
8. Широкова Е.И. Детальное изучение напряжений и разрывов в очагах землетрясений Средней Азии. //Изв. АН СССР. 1974. №11. С.22-36.
9. Сейсмическое районирование территории СССР. Методические основы и региональное описание карты 1978 г. М.: Наука. 1980, -306 с.

10. Джанузаков К.Д., Ильясов Б.И., Кнауф В.И. и др. Сейсмическое районирование Киргизской ССР. Изд-во «Илим». Фрунзе. 1977, -53с.
11. Абдрахматов К.Е., Джанузаков К.Д., Фролова А.Г., Погребной В.Н. Карта сейсмического районирования территории Кыргызской Республики (Объяснительная записка). Бишкек. Изд-во Илим. 2012, -51с.
12. Турдукулов А.Т., Муралиев А.М., Камчыбеков М.П., Абдрахманова Ш. Оценка сейсмической опасности территории г. Бишкек в задачах сейсмического риска. //Проблема предотвращения последствий разрушительных землетрясений. – Второй Казахстано-Японский семинар 23-25 сентября 2002 года. –Алматы: ЭВЕРО. 2003, –с.425-432.
13. Моги К. Предсказание землетрясений. Изд-во «Мир». 1988, -382с.
14. Федотов С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе. //Сейсмическое районирование СССР. Москва: Наука. 1968, с.121-163.
15. Сборник Советско-Американских работ по прогнозу землетрясений. Том. 1 и 2. Книги 1 и 2. Изд-во «Дониш». Душанбе-Москва. (Книга 1), 1976 и (Книга 2), 1979.
16. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. Москва: Наука. 2003, 270с.
17. Грин В.П., Ильясов Б.И., Ким Н.И. и др. Некоторые результаты исследований по поискам предвестников землетрясений в Чуйской впадине и её горном обрамлении. //Поиски предвестников землетрясений. Ташкент. «ФАН». 1976. С.146-150.
18. Меджитова З.А. Изучение пространственно-временного распределения величины отношение скоростей  $V_P/V_S$  в Чуйской впадине и её горном обрамлении. Изв. АН СССР. Физика Земли. 1977, № 10, с.74-77.
19. Мамыров Э. Землетрясения Тянь-Шаня: магнитуда, сейсмический момент и энергетический класс. Бишкек. «Инсанат». 2012, -234с.
20. Омуралиев М., Омуралиева А.М. Динамика сейсмичности Тянь-Шаня. //Вестник Института сейсмологии НАН КР. 2015. № 1(5). С.102-112.
21. Муралиев А.М. К вопросу развития сейсмологических наблюдений в Кыргызстане. // Сейсмологические наблюдения в Кыргызстане. –Бишкек. Илим. 1993, –с. 4-17.

*Рецензент: д. г.-м.н. Кендирбаева Д.Ж.*