

## К ВОПРОСУ ПОИСКОВ ПРЕДВЕСТНИКОВ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Туманова К.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ТИ (ф) ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет имени М.К.Аммосова» (678960, Нерюнгри, ул.Кравченко, 16), e-mail: tksushenkas@mail.ru

Проведен анализ методов изучения предвестников землетрясений: геологические, геофизические, гидрогеохимические, биологические, механические, сейсмологические, биофизические. Проанализированы алгоритмы среднесрочного прогноза сейсмических событий: алгоритм M8, алгоритм «Сценарий Мендосино», алгоритм Калифорния-Невада, метод расчета карт ожидаемых землетрясений. Сделан вывод, что главным препятствием для осуществления надежного прогноза является недостаточное изучение механизмов проявления предвестников землетрясений и закономерностей их связи с параметрами ожидаемого землетрясения. Установлено, что традиционным способом решения прогнозных задач является поиск и анализ корреляционных связей между аномальными проявлениями в физических полях и пространственным распределением. Приведена классификация предвестников землетрясений. Предложено разделение сейсмического цикла при прогнозировании на 4 основные стадии (по С.А.Федотову). Приведена классификация землетрясений на тектонические, вулканические и обвальные.

Ключевые слова: предвестники землетрясений, прогноз, землетрясения, сейсмические события, алгоритм.

## THE QUESTION SEARCH FOR EARTHQUAKE PRECURSORS

Tumanova K.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technical Institute (branch) of North-Eastern Federal University named after M.K.Ammosov (678960, Nerungri, Kravchenko street, 16) e-mail: tksushenkas@mail.ru

The analysis methods for the study of earthquake precursors: geological, geophysical, hydrogeochemical, biological, mechanical, seismological, biophysical. Analyzed algorithms medium-term forecast of seismic events: M8 algorithm, the algorithm "Scenario Mendocino" algorithm California-Nevada, the method of calculating the expected earthquake maps. It is concluded that the main obstacle to the implementation of a reliable forecast is insufficient to study the mechanisms of earthquake precursors manifestations and patterns of their connection with the parameters of the expected earthquake. It is found that the traditional way of solving problems is predictive search and analysis of correlation between abnormal manifestations in the physical fields and spatial distribution. A classification of earthquake precursors. Proposed division of the seismic cycle in the prediction of 4 main stages (by S.A.Fedotov). A classification of earthquakes in the tectonic, volcanic and landslip.

Keywords: harbingers of earthquakes, weather, earthquakes, seismic events, algorithm.

Земля непрерывно испытывает деформации вследствие развития внутренних напряжений. В литосфере возникают как упругие и пластические деформации, так и разрывы. При разрывах напряжения резко меняются и в результате возникают распространяющиеся в теле земли упругие волны. Такое возмущение в целом является землетрясением [7].

По своим последствиям для человека землетрясения представляют собой самое мощное и чрезвычайно опасное катастрофическое природное явление. Катастрофическая природа землетрясений известна человечеству на протяжении всей его истории. Первые упоминания о разрушительных событиях относятся еще к 2100 годам до н. э.

Южная Якутия относится к Байкало-Становому поясу, характеризующемуся высокой сейсмичностью — здесь возможны землетрясения 10-11 баллов [5]. Зоны с возможными

сейсмическими катастрофами, представляющие угрозу для жизни приживающихся здесь людей, занимают почти половину территории Якутии и около одной трети всех сейсмоопасных областей России [2]. На сейсмоопасной территории Южной Якутия проживает более 120000 человек.

В Южной Якутии происходит интенсивное развитие промышленных инфраструктур, активно развивается - промышленное и гражданское строительство. Все это требует детального изучения проблемы сейсмической опасности в указанном районе, решение которой было бы весьма затруднительно без выяснения геолого-геофизических связей, способствующих возникновению высокого уровня сейсмичности. К наиболее сильным землетрясениям на территории Южной Якутии можно отнести Тас-Юряхское 1967 г. и Южно-Якутское 1989 г. с магнитудами М7 и М6,6 соответственно, а также землетрясения 2005-2007 гг. [2].

Пожалуй ни одна из научных проблем геофизики не вызвала столь бурных дискуссий и полярных мнений, как проблема прогноза землетрясений. (Некоторые ученые утверждают, что прогноз землетрясений возможен уже в настоящее время, другие же уверены в том, что для решения этой проблемы потребуется еще немалое количество времени)

Ученые различных стран прилагают огромные усилия в изучении природы землетрясений и их прогноза. К сожалению, в настоящее время спрогнозировать место и время землетрясения, за исключением нескольких случаев, до сих пор еще не удается. Попытки предсказать место, время и силу будущего землетрясения, осуществленные в разных странах, в основном были безуспешны. Есть и удачные случаи. Например, Хайченгское землетрясение в 1975 г. в Китае. Тогда удалось эвакуировать население за 2 часа до сейсмического толчка.

В настоящее время инвестируются огромные финансовые вложения по прогнозу землетрясений. Однако, большое количество землетрясений так и осталось не спрогнозированными. Это повлекло за собой потерю человеческих жизней более полумиллиона человек за последние 15 лет.

Характеристики Земли, значения которых регулярно изменяются перед землетрясениями, называют предвестниками, а сами отклонения от нормальных значений - аномалиями [3].

Для того, чтобы объяснить и понять природу предвестников предпринимались многочисленные попытки построения моделей подготовки землетрясений. В настоящее время не создано не одной модели, которая смогла бы в полной мере объяснить все явления, которые возникают на последней стадии подготовки сейсмического события.

Сейсмолог С.А.Федотов предлагает разделить сейсмический цикл при прогнозировании землетрясений на 4 основные стадии [8]:

1. Само землетрясение. Длительность стадии несколько минут;
2. Постепенно уменьшающиеся по частоте проявления и энергии афтершоки. Для сильных землетрясений стадия длится несколько лет, занимает 10% от сейсмического цикла;
3. Постепенное восстановление напряженности. Длительность до 80% всего сейсмического цикла;
4. Активация сейсмичности. Длительность составляет около 10% сейсмического цикла. Большинство предвестников возникает именно на 4 стадии.

Одним из главных препятствий для осуществления надежного прогноза является недостаточное изучение механизмов появления предвестников и закономерностей их связи с параметрами ожидаемого землетрясения [6].

Исследуя изменения различных свойств Земли, сейсмологи надеются установить корреляцию между землетрясениями и этими изменениями.

На сегодняшний день отсутствует полная классификация предвестников землетрясений. Приходовский М.А. предлагает ввести классификацию предвестников по признаку причинности явления [4]:

1. Процессы, являющиеся непосредственной причиной землетрясения («причинные» предвестники). К этому типу предвестников можно отнести расположение космических тел, которое можно с большой точностью рассчитать, а также изменения магнитных полей вследствие солнечной активности, что можно зарегистрировать с помощью приборов.

2. Процессы, являющиеся следствием зарождающегося землетрясения («порождённые» предвестники). Сейсмические волны начинающегося землетрясения являются предвестниками. Также, видимо, инфразвук, появляющийся вследствие начавшихся в коре механических процессов, можно отнести к этому классу явлений.

3. Процессы, являющиеся следствиями тех же причин, которые приводят к землетрясениям, но непосредственно не связанные с землетрясением («косвенные», или сопутствующие предвестники). Два различных следствия одного и того же процесса, такие как землетрясение и предвестник, могут иметь весьма слабую корреляцию, так как они напрямую причинно не взаимосвязаны. Например, свечение в атмосфере является следствием накопления электрических зарядов, но и землетрясение тоже является следствием этого процесса. Однако эти следствия не всегда проявляются синхронно.

Методы, на основе которых происходит изучение предвестников землетрясений, многими учеными, подразделяются следующим образом [1]:

1. Геологические

2. Геофизические
3. Гидрогеохимические
4. Биологические
5. Механические
6. Сейсмологические
7. Биофизические.

- К *Геологическим* методам относится изучение разломов и трещиноватости пород, что является одним из факторов, который определяет возможное место будущего землетрясения.

- В результате *Геофизических* методов оценивается плотность, электропроводность, магнитная восприимчивость, скорости продольных и поперечных волн и т.д.

- *Гидрогеохимические методы* основаны на измерение содержания химических элементов в грунтовых и скваженных водах. Определяется содержание радона, гелия, фтора, кремнистой кислоты и других элементов, как наиболее характерных предвестников предстоящих землетрясений.

- Множество наблюдений относится к необычному поведению домашних животных: кошек, собак, лошадей, ослов и т.д. Животные выражают неординарное поведение за несколько часов до основного толчка - в ржании, крике, стремление убежать из закрытого помещения, что довольно часто спасало жизни людей и является естественным предвестником готовящейся катастрофы, относится к биологическим предвестникам.

- *Механические предвестники* связаны с деформацией горных пород, движением блоков и мегаблоков в сейсмоактивных регионах.

- К *сейсмологическим предвестникам* можно отнести 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 затишья.

- Согласно гипотезе выдвинутой профессором Инюшиным В.М - *биофизические предвестники* отражают аномальное проявление геоплазмы Земли. Геоплазма влияет на всю биосферу, что играет немаловажную роль в развитие биологических видов. В качестве примера можно привести один из измеряемых компонентов геоплазмы - атмосферное электричество.

Прогноз землетрясений включает в себя три основные задачи: установление места, времени и силы толчка.

Прогнозирование землетрясений включает в себя как выявление их предвестников, так и сейсмическое районирование, то есть выделение областей, в которых можно ожидать

землетрясение определенной магнитуды или балльности. Предсказание землетрясений состоит из долгосрочного прогноза, который осуществляется на ближайшие 10-15 лет, среднесрочного прогноза, осуществляемого на срок 1-5 лет, краткосрочного, который осуществляется на ближайшие несколько недель или дней.

Причины возникновения землетрясений можно разделить на тектонические, вулканические, обвальные и вызванные деятельностью человека.

Традиционным способом решения прогнозных задач является поиск и анализ корреляционных связей между аномальными проявлениями в физических полях и пространственным распределением, механизмами и динамикой очагов землетрясений с привлечением геоморфологических, геологических, тектонических и космических критериев сейсмичности.

Приведем краткую характеристику разработанных ранее алгоритмов среднесрочного прогноза.

#### 1. Алгоритм M8

Данный алгоритм относится к задаче прогноза землетрясений с магнитудой  $M > 8.0$ . Алгоритм разработан в Международном институте теории прогноза землетрясений и математической геофизики (МНТП РАН г. Москва). Данный алгоритм позволяет производить диагностику периодов повышенной вероятности (ППВ) сильных землетрясений по набору некоторых функций общего потока основных толчков. Об объективности данного метода нельзя сказать однозначно, так как в некоторых областях Земли этот алгоритм дает точный прогноз, а в некоторых не предсказывает даже сильные землетрясения (например, Великое Азиатское землетрясение,  $M=9.3$ , декабрь 2004 г.). Указанное сейсмическое событие еще раз подтверждает тот факт, что данные методы прогноза не обеспечивают надежной достоверности прогноза землетрясений.

#### 2. Алгоритм «Сценарий Мендосино» (MSc)

Известно, что алгоритм M8 служит для объявления ППВ в области достаточно большого размера. С помощью алгоритма «Сценарий Мендосино» данную область можно сузить. Идея использования данного алгоритма заключается на основании процедуры поиска такой области прогноза с аномальным затишьем на фоне обычной для нее высокой активности окружения. В большинстве случаев такое затишье предшествует возникновению сильного землетрясения.

#### 3. Алгоритм Калифорния-Невада

Данный прогноз рассчитан на прогноз землетрясений средней силы. Метода Калифорния-Невада основывается на поиске аномальных вариаций потока землетрясений.

#### 4. Метод расчета карт ожидаемых землетрясений (КОЗ)

При построении карты КОЗ исследуемый район разбивается на элементарные ячейки, в которых рассчитываются значения каждого из прогностических параметров. Вероятность ожидания сильно землетрясения вычисляется по формуле Байеса.

Помимо алгоритмов среднесрочного прогноза необходимо рассмотреть и алгоритмы краткосрочного прогноза. К алгоритмам среднесрочного прогноза относятся:

- метод Б.Войта;
- способ Д.Варнеса;
- метод саморазвивающихся процессов;
- картирование сейсмической активности по плотности потока событий;
- метод обратного прослеживания предвестников.

Таким образом, в настоящее время научный прогноз места, времени и силы землетрясения является 1 из главных задач сейсмологии. Для осуществления достоверного локального прогноза необходимо детальное изучение механизмов появления предвестников и закономерностей их связи с ожидаемым землетрясением.

### Список литературы

1. Грибанов Ю.Е. Предвестники землетрясений – реальность и вымысел [Электронный ресурс].– URL:[http://planeta.moy.su/blog/predvestniki\\_zemletrjasenij\\_realnost\\_i\\_vymysel/2011-11-23-10295](http://planeta.moy.su/blog/predvestniki_zemletrjasenij_realnost_i_vymysel/2011-11-23-10295).
2. Имаев В.С., Имаева Л.П., Козьмин Б.М. Сейсмотектоника Якутии. ISBN:5-89118-1665  
Издательство: ГЕОС, 2000.
3. Паукова Е.В. Современное состояние проблемы прогноза землетрясений. МГУ им. Ломоносова.2003.
4. Приходовский М.А. Классификация предвестников землетрясений «Известия науки», 17.03.2004 [Электронный ресурс]. – URL:<http://www.inauka.ru/blogs/article40386.html>
5. Серебрякова Л.И. Методы, средства и краткие результаты работ на прогностических геодинамических полигонах, выполнявшихся в 1960-1990-е годы. Центральный НИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии, Москва.
6. Соболев Г.А. Основы прогноза землетрясений. Москва. Наука 1993, с 3-7.
7. Трофименко С.В., Гриб Н.Н. Снижение риска и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций сейсмического характера в южной Якутии: Якутск: Издательство Якутского госунта, 2003. - 27 с.
8. Федотов С.А. О сейсмическом цикле, возможности количественного сейсмического районирования и долгосрочном сейсмическом прогнозе. М.Наука, 1968 с. 121-150.

**Рецензенты:**

Гриб Н.Н., д.т.н., профессор, заместитель директора по научно-исследовательской работе, ТИ (ф) ФГАОУ ВПО «СВФУ», г.Нерюнгри;

Трофименко С.В., д.г.-м.н., профессор, профессор кафедры Математики и информатики, ТИ (ф) ФГАОУ ВПО «СВФУ», г.Нерюнгри.