

жена полиномом $Y = -3E-06X^5 + 0,0009X^4 - 0,1089X^3 + 6,2008X^2 - 173,57X + 1922,9$ с достоверностью аппроксимации $R^2 = 0,67$. Однако подобная закономерность наблюдается не везде. Так, например, в Буйнакске с его предгорным типом ландшафта в отличие от равнинного ландшафта Хасавюрта значимая корреляция между скользящим средним чисел Вольфа и изменчивостью среднегодовых температур на глубине 80 см за тот же промежуток времени отсутствует, в чём сказывается, по-видимому, разное влияние ландшафтов, искажающих многолетний ход температур.

Литература

1. Метеорологический ежемесячник /Вып.15а, №2, февраль 1975 г., часть 2. –Баку, Гл. управ. ГМС при СМ СССР, 1975.
2. Климатологический справочник СССР /Вып.15 по Азерб.ССР и Даг.АССР. Метеорологические данные за отдельные годы, часть VIII, температура почвы. –Ленинград: Гидрометеоздат, 1959.
3. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. –Л: Гидрометеоздат, 1974.
4. Дружинин И.П., Хамьянова Н.В. Солнечная активность и перемены хода природных процессов на Земле. –М.: Наука, 1969. –172 с.

Некоторые результаты исследования параметров подземных водно-газовых систем сейсмоактивной области Дагестанский клин

М.Г.Даниялов, О.А.Саидов, М.М.Мирзалиев, А.И.Сулейманов, Г.А.Касумов, Т.М.Воронцова
Дагестанский филиал ГС РАН, ИГ ДНЦ РАН

Дагестанским филиалом ГС РАН в сейсмоактивной области Дагестанский клин созданы 2 геохимические наблюдательные станции для слежения за изменениями параметров подземных водно-газовых систем данной структуры и 1 наблюдательная станция для исследований вариаций водорода в приземной атмосфере в связи с региональной сейсмичностью восточной части Северного Кавказа и сопредельных территорий, включая акваторий Каспийского моря.

Геохимическая станция «Манас»

Располагается в районе Манасской тектонической структуры в 37 км к юго-востоку от Махачкалы. Географические координаты: 42.67 и 47.70, высота над уровнем моря – 25м. Станция «Манас» является комплексной: оборудована сейсмостанцией типа ОСБ-У1 и газовым хроматографом ЛХМ – 8МД. Геохимические наблюдения ведутся на базе природного газа термоминеральной воды скважины 9Т, эксплуатационная глубина которого составляет 1510-1528 метров. Отбор проб производится через естественный дегазатор в одно и тоже время суток, в полдень (12 или 13 часов) по московскому времени. Минерализация воды – 74 г/л, а температура на выходе – 51°С. Дегазированный природный газ состоит из CH_4 (55-60 об%), N_2 (25-30 об%), CO_2 (5-10 об%), присутствуют также гелий, аргон, следы сероводорода H_2S и водорода.

Разделение природного газа на компоненты производится на колонке заполненной молекулярными ситами типа СаХ, с использованием в качестве газа-носителя химически чистого аргона, что позволяет определить CH_4 , N_2 , He, O_2 и H_2 (ГОСТ – 14920 – 79)[1]. Высоты пиков анализируемого газа пропорциональны концентрациям компонентов. Относительная ошибка определения не превышает 2-3%.

Измерения показали, что кислород в природном газе отсутствует (если и появляется, то является воздушного происхождения), а водород присутствует иногда в виде «следов».

В качестве стандарта при хроматографических измерениях принят воздух, в связи с этим, вычислены и анализируются соотношения компонентов к стандарту и внутренние соотношения компонентов в составе газа ($CH_4 / N_2^{ст}$, CH_4 / N_2^r и др.).

Геохимическая станция «Караман»

Расположена в районе Махачкалинско-Тернаирской тектонической структуры в 32 км севернее Махачкалы. Географические координаты -43.20 и -47.45, высота над уровнем моря составляет - 25м. Станция «Караман» оборудована газовым хроматографом ЛХМ-80. Геохимические наблюдения ведутся на базе природного газа воды скважины «Караман», эксплуатационная глубина которого составляет 643 м. Отбор проб газа производится 2 раза в сутки, в 8 и 17 часов по московскому времени. Дегазированный газ состоит, в основном, из CH_4 , N_2 и CO_2 .

Разделение природного газа на компоненты и другие параметры аппаратуры, выполняемых процедур, аналогичны условиям на станции «Манас».

Наблюдательный пункт «Дубки»

Располагается на сейсмостанции «Дубки». Оборудована высокочувствительным сенсором водорода, чувствительность равен 10^{-6} об%. Аппарат работает в непрерывном режиме.

Методика обработки геохимических данных

Мы исходили из предположения, что не абсолютные значения, а приращения значений величины исследуемого параметра, его дисперсия, могут иметь определенную физическую сущность при исследовании предвестников землетрясений. Как известно, по физическому смыслу дисперсия отражает энергию любого физического, физико-химического и других процессов.

В связи с этим, данные геохимических временных рядов подвергнуты к специальной поэтапной статистической обработке, суть которой заключается в следующем:

1. Вычисляются средние значения геохимических временных рядов с определенной статистически значимой шириной окна (10 суток) и соответствующей величиной скольжения окна. В нашем случае принято скольжение величиной 1 сутки, что усиливает тесноту взаимосвязи между соседними измерениями.

2. Строится аппроксимирующая кривая. Соответствующая кривая показана на рис. 1, на примере вариаций водорода в приземной атмосфере наблюдательного пункта «Дубки».

3. Строится кривая остатка (разброса или «чистые» вариации) в результате вычета значений аппроксимирующей кривой с абсолютных значений величин временного геохимического ряда. Соответствующая кривая показана на рис. 2.

4. Вычисляются текущие значения дисперсии вариаций остатка (разброса) с идентичной шириной окна и с тем же скольжением.

5. Строится кривая текущих значений дисперсии вариаций остатка (разброса) геохимических временных рядов. Соответствующая кривая показана на рис. 3.

6. Сопоставляются полученные данные с сейсмическими событиями региона. Соответствующие сейсмические события, с указанием класса землетрясений и расстояния до геохимических наблюдательных пунктов, показаны на рисунках 3 – 6.

Результаты анализа геохимических временных рядов

Данные представленные в настоящей статье являются продолжением предыдущих измерений за 2000 – 2004 годы и перекликается с ними. Здесь обсуждаются только измерения за 2005 год и представлены данные вариаций водорода в приземной атмосфере по данным станции «Дубки», вариации гелия в природном газе скважины 9Т станции «Манас» и данные относительных значений соотношения величины пиков метана CH_4 природного газа к азоту N_2 (внутренние соотношения) обеих скважин станций «Манас» и «Караман».

На рис. 1 представлены вариации водорода в приземной атмосфере и аппроксимирующая кривая по данным водородного сенсора ст. «Дубки» за 2005 год. Как видно из рисунка, отмечается годичный цикл в вариациях водорода. По величине амплитуды вариаций, цикл начинается в начале года (в январе), и завершается к концу года (в декабре). На общем фоне кривой аппроксимации отмечается значительные флуктуации водорода, особенно это заметно в апреле, июне 2005 года, увеличивается их частота и амплитуда.



Рис.1

Годовое циклическое изменение вариаций водорода нами отмечалось также на ст. Манас» в 2000-2001 годах, причем максимум и минимум цикла смещены, по сравнению с описываемым случаем, на полгода, где также на фоне кривой аппроксимации отмечались весьма значительные флуктуации вариаций водорода. На рис. 2 представлены вариации остатка (разброса) водорода вокруг скользящей средней. Здесь наиболее четко видно, изменение амплитуды и частоты вариаций водорода вокруг скользящей средней. Сам ход кривой представляет собой как бы «дрожание» системы во времени, что по всей вероятности связано, с появлением возбуждающих колебаний в среде, которые воздействуют на параметры не только подземных водно-газовых систем, но и на параметры горных пород, повышая дегазацию адсорбированных горными породами компонентов природных газов. Визуально выявить определенных закономерностей по данному рисунку представляется нереальным.

На рис. 3 представлены данные дисперсий вариаций остатка (разброса) водорода в приземной атмосфере по данным ст. «Дубки» за 2005 год. Здесь же отмечены сейсмические события (10 класс и выше) за исследуемый период, имевшие место на разном удалении от пункта наблюдений по данным сейсмических станций ДФ ГС РАН. Как видно из рисунка, отмечается определенная закономерность, в частности, сейсмические события происходят после соответствующего повышения значений дисперсии, на ее спаде или соответствуют минимальным значениям дисперсий.

Вариации остатка(с вычетом тренда) водорода в приземной атмосфере(ст.Дубки,2005г.)

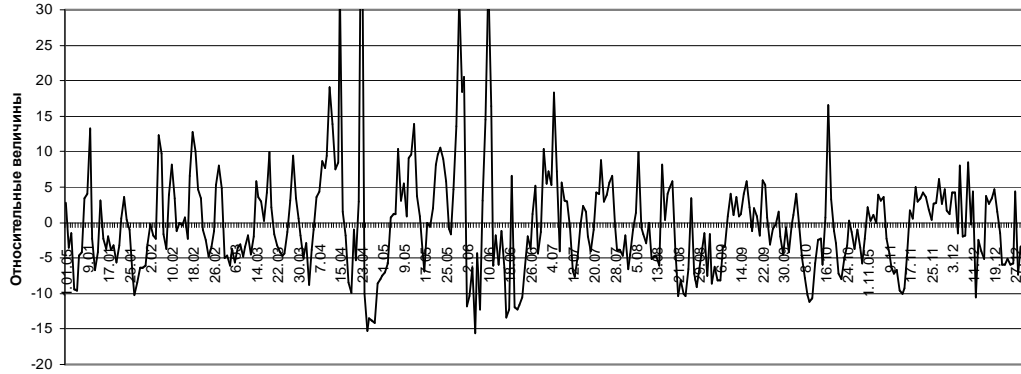


Рис. 2

Дисперсия вариаций остатка водорода в приземной атмосфере(ст.Дубки,2005г.)

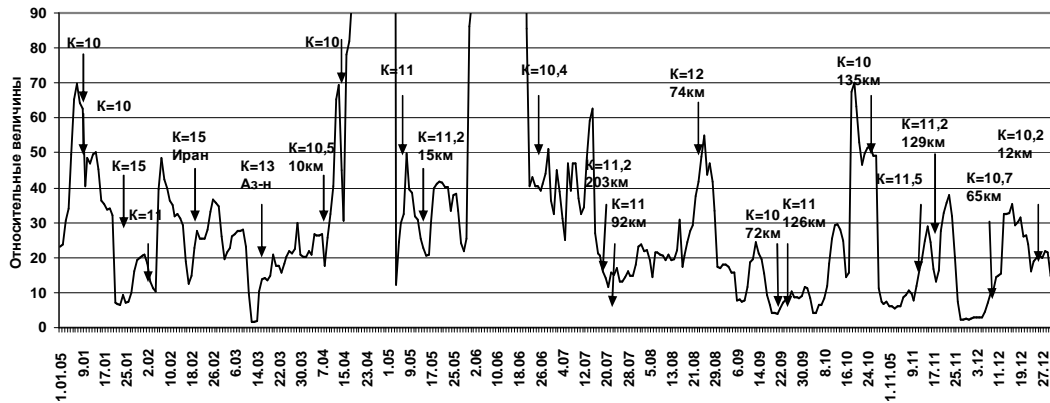


Рис.3

Перед некоторыми землетрясениями, особенно близкими от пункта наблюдений, за 10-25 суток в зависимости от класса землетрясений, отмечается повышение значений дисперсий, что является прогностическим признаком. Особенно это заметно перед землетрясениями 11 класса от 17 мая, 11 класса от 24 июля, 12 класса от 24 августа, 10 класса от 23 сентября, 10 класса от 18 ноября, 10 класса от 10 декабря и 10 класса от 28 декабря и перед другими землетрясениями. Следует отметить, что аналогичные закономерности выявляются и перед некоторыми далекими от пункта наблюдений землетрясениями, в частности, перед землетрясением 15 класса от 25 января в Турции, 15 класса от 21 февраля в Иране, и 13 класса от 13 марта в Азербайджане.

На рисунке 4 показаны дисперсии вариаций остатка (разброса) гелия по данным станции «Манас» за 2005 год. Сейсмические события соответствуют – событиям на рисунке 3. Здесь можно отметить 5 явных периодов повышения и соответствующего снижения значений дисперсий, которые сопровождаются сейсмическими событиями. Как видно, первый период начинается в начале года и заканчивается к концу февраля, второй период соответственно - в начале марта и заканчивается в конце июня, третий период - в конце июня и заканчивается в начале сентября, четвертый период - в начале сентября и заканчивается примерно 20 ноября, и наконец, пятый период начинается в конце ноября и продолжается дальше. Как видно, сейсмические события, как и в случае с дисперсией водорода, приурочены к спаду дисперсии вариаций гелия или к ее минимальным значениям, хотя в некоторых случаях длительность аномалий перед сейсмическими событиями отличаются. Сравнение дисперсий вариаций остатка водорода по данным ст. «Дубки» с аналогичными данными по гелию по ст. «Манас» показывает подобие в закономерностях воздействия сейсмических событий на различные по реологическим свойствам системы (в данном случае на горный массив и на подземные водно-газовые системы).

На рис. 5 представлены дисперсии вариаций остатка метана к азоту по данным ст. «Манас», а на рис. 6 аналогичные значения дисперсий по ст. «Караман» за апрель – сентябрь 2005 год. Как видно из рисунка 5 и 6 здесь также можно видеть изменения значений дисперсий перед сейсмическими событиями. Как правило, землетрясения приурочены к спаду или к минимуму дисперсии, а в некоторых случаях, особенно перед близкими от пункта наблюдений землетрясениями, предвестниковые аномалии в зависимости от класса землетрясений продолжаются в течение 10-30 суток. К примеру, аномалии дисперсии перед сейсмическим событием 11 класса от 24 июля 2005 года на расстоянии 43 км. от пункта наблюдений «Манас», продолжались примерно в течение 16 суток.

Дисперсия вариаций остатка гелия(ст. Манас, 2005 г.)

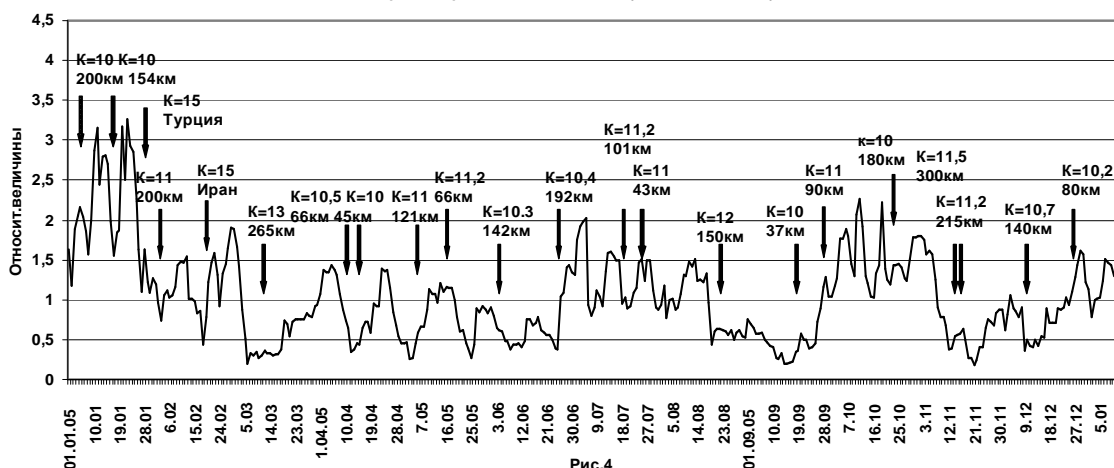


Рис.4

Дисперсия вариаций остатка отношений метана к азоту (ст. Манас, апрель-сентябрь 2005 г.)

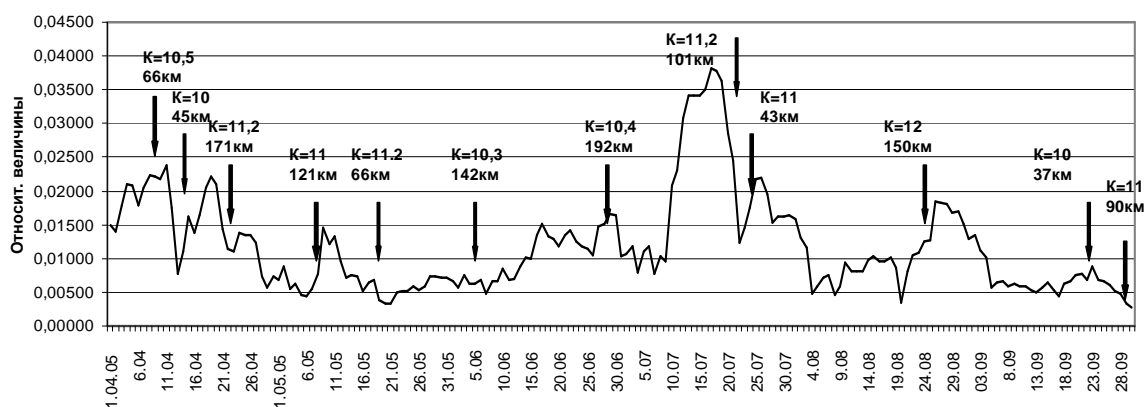


Рис.5

Аналогичные изменения отмечаются и в дисперсии отношений метана к азоту перед землетрясением 12 класса от 24 августа 2005 года на расстоянии 125 км от ст. «Караман» (см. рис. 6).

Дисперсия вариаций остатка отношения метана к азоту(ст.Караман, апрель-сентябрь 2005 г.)

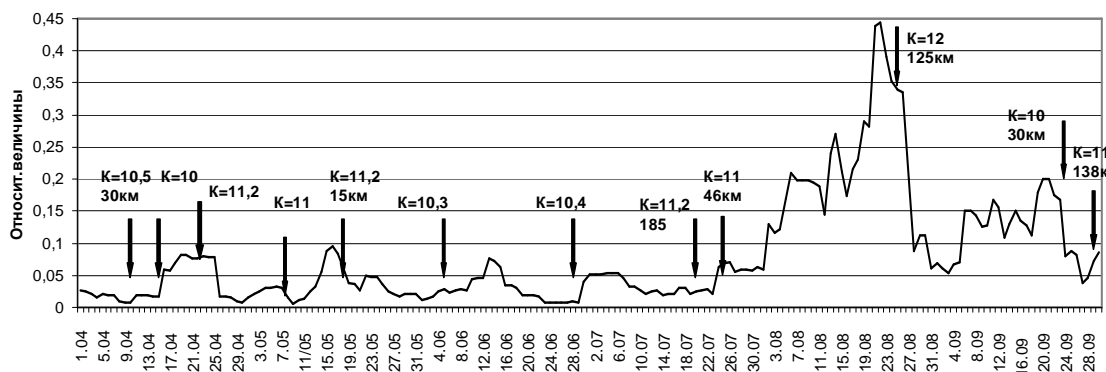


Рис. 6

Особо следует подчеркнуть подобие в изменениях вариаций дисперсий отношений метана к азоту на пунктах наблюдений «Манас» и «Караман» и аналогичных величин водорода в приземной атмосфере ст. «Дубки», гелия на ст. «Манас» при воздействии на эти параметры сейсмических событий, хотя при этом амплитуды и длительность предвестниковых аномалий по пунктам наблюдений отличаются.

Таким образом, мониторинг геохимических полей в области Дагестанского клина показывает о воздействии единого физического фактора на параметры горных пород и подземных водно-газовых систем при подготовке сейсмического очага. При этом наиболее вероятным представляется появление возбуждающих колебаний в среде, которые воздействуют на амплитуду и длительность предвестниковых аномалий и связаны с завершающим этапом разрушения горных пород в очаге землетрясения, а про-

странственно-временная неоднородность среды влияет на появление или отсутствие предвестниковых аномалий.

Перспективы развития флюидных и геохимических наблюдений

Данной проблематике посвящены многочисленные исследования, монографии и научные статьи, как в центральной, так и в местной периодической печати. Однако, следует констатировать, что до сих пор не обнаружено отчетливой статистически достоверной взаимосвязи между моментом и силой сейсмического события с одной стороны и вариациями гидрогазогохимических параметров подземных водно-газовых систем с другой стороны, хотя в ряде случаев отмечается (как показано, в предыдущем разделе) классический «бухтообразный» ход гидрогазогохимического параметра во времени перед сейсмическим событием. Тем не менее, статистика таких случаев показывает, что сам статистический подход поиска предвестников землетрясений не всегда соответствует наблюдаемым фактам. Такой подход усугубляется и тем, что, во-первых, отсутствуют достоверные многолетние непрерывные временные ряды гидрогазогохимической информации, во-вторых, не разработана физическая модель, которая соответствовала бы реальным процессам в очаге землетрясения, на основе которого можно обнаружить и проследить весь временной ход предвестниковой аномалии с момента его появления до основного толчка (детерминированный подход).

Согласно представлениям Садовского М.А.[2] сейсмическая энергия заключена в некотором объеме горной породы – блоке, теряющем устойчивость при энергообмене с окружающей средой и способной сохранять свою конфигурацию и функционировать в течение длительного (геологического времени). Как нам представляется, элементы такого блока (фрагменты), по-видимому, объединены с учетом принципа минимума энтропии, т.е. как открытая термодинамическая система такой блок постоянно питается энергией из окружающего пространства, тем самым поддерживает свою внутреннюю упорядоченность, структурные связи, локально уменьшая энтропию, способствуя при этом увеличению энтропии окружающего пространства. Такие структуры в неравновесной термодинамике известны, как диссипативные структуры, и возникают в разных средах (в океанах, атмосфере, биосфере и др.). Они очень динамичны, меняют свое состояние во времени, тем не менее, могут существовать долго, пока существуют энергетические потоки (тепломассоперенос), которые поддерживают их структуру. При прекращении питающих их энергетических потоков, или при изменении внешних по отношению к структуре термодинамических условий (температура, давление и др. параметры) они теряют устойчивость и разрушаются, т.е. очень чувствительны внешним воздействиям и в то же время вновь могут восстанавливаться при возобновлении энергетических потоков (повторяемость землетрясений). Таким образом, очаг землетрясения можно уподобить диссипативной структуре или иерархическому блоку (или группе блоков), структурно связанной в соответствии с принципом минимума энтропии) в земной коре, которая теряет устойчивость при энергообмене с окружающей средой. Возникновение или зарождение такой структуры, ее эволюция в течение длительного геологического времени (с учетом реологических свойств земной коры) и последующее разрушение, в связи с изменением внешних к ней условий, так и внутренних структурных связей, по всей вероятности, определяет механизм очага землетрясения и соответственно гидродинамические и гидрогазогохимические и другие изменения, связанные с сейсмическими событиями.

В земной коре диссипативные геологические структуры могут иметь место в горном массиве, где отмечаются высокие градиенты теплопереноса (кольцевые структуры, или структуры центрального типа) и, в частности, тектоническая структура Дагестанский клин или его некоторые зоны, по-видимому, соответствуют таким условиям. Такое предположение подтвердилось усилением сейсмической активности в окрестностях Чиркейского водохранилища и вдали от него в период его заполнения и эксплуатации [3], что свидетельствует о разрушении иерархических блоков разного ранга (диссипативных структур) под воздействием внешних по отношению к структуре возмущающего фактора.

По мнению Федотова С.А.[4], заключительная стадия активизации сейсмичности, составляет примерно 10% периода повторения для сильных землетрясений (время процесса от начала разрушения структуры до ее завершения, т.е. до главного толчка). К примеру, заключительная стадия активизации сейсмичности для Дагестанского землетрясения 14 мая 1970 года составит примерно 14 лет. Как показали исследования Барсукова В.Л., Беляева А.А. и др. [4], очаг землетрясения представляет собой генератор импульсов возрастающей периодичности и частоты. При этом регистрирующая гидрогазогохимическая система представляет с собой резонатор с ограниченным набором собственных частот. Появление предвестника отражает эффект резонанса на одной из собственных частот регистрирующей системы.

Таким образом, на заключительной стадии разрушения в области очага землетрясения появляются механические колебания-импульсы, время распространения которых зависит от плотности среды и по сравнению со временем диффузии растворов и газов в земной коре можно считать мгновенной. Такие механические колебания-импульсы могут возбудить резонансные колебания на одной из собственных или кратных ей частотах в геохимической системе подземной гидросферы непосредственно на геохимическом пункте наблюдений.

Вышеописанное представление об очаге землетрясения предъявляет определенные требования к выбору точек наблюдений и методологии проведения режимных наблюдений:

1. Всякая частота механических импульсов колебаний не соответствует собственным частотам регистрирующей системы, т.е. не любая подземная водно-газовая система реагирует на сейсмические события.

2. В соответствии со стадией активизации сейсмичности необходимы многолетние непрерывные режимные наблюдения (в зависимости, какой силы землетрясения прогнозируется), с целью опережающего выявления предвестника сейсмического события, чтобы оценить в последующем его закономерный ход во временном интервале вплоть до основного толчка (дистанция прогноза)

Таким образом, задача геохимического и вообще флюидного мониторинга заключается в выявлении детерминированных резонансных колебаний в параметрах подземных водно-газовых систем за долго до сейсмического события, связанные с физическими процессами разрушения горных пород в области подготовки очага землетрясения.

Литература

1. В.А.Ванюшин, Л.М.Завьялова и др. Отбор проб и анализ природных газов нефтегазоносных районов. М.: Недра, 1985, 239с.
2. М.А.Садовский, В.Ф.Писаренко. Подобие в геофизике. // Природа, 1991, №1, С. 13-23.
3. О.А.Саидов. Деформации прогибания и газогеохимические вариации при возбужденных землетрясениях. // Геохимия. 1991. №1. С.31-41.
4. С.А.Федотов. О сейсмическом цикле.// Сейсмическое районирование СССР. М.: Наука, 1968, С.314-326.
5. В.Л.Барсуков, А.А.Беляев. Геохимические методы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1992, 213 с.

Вариации уровня воды в скважине и удельного электрического сопротивления горных пород перед Суматранским землетрясением 26 декабря 2004 года

Ш.Г. Идармачев, М.М. Алиев, Г.П. Ходжаян, А.Б. Сутуев, А.Г. Магомедов, А.Ш. Идармачев
ИГ ДНЦ РАН

Предвестники землетрясений связаны с реакцией земной коры на аномальные деформационные процессы, происходящие в области подготовки очага землетрясения.

В настоящее время накоплен достаточно большой объем наблюдений по гидрогеодинамическим предвестникам землетрясений [1]. По времени проявления предвестников выделяются краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные, длительность которых измеряется: часы-сутки, недели-месяцы, и годы. В некоторых случаях перед сильными землетрясениями предвестники регистрируются на значительных расстояниях, несколько тысяч километров [2]. Система скважина – коллектор горной породы можно рассматривать как объемный деформограф, при этом знак изменения уровня воды в скважине позволяет определить процесс сжатия или растяжения пород. В тех случаях, когда можно определить коэффициент, связанный с лунно-солнечными приливными деформациями удается определить величину объемной деформации.

Электрическое сопротивление горных пород в естественном состоянии также обладает аномально высоким коэффициентом тензочувствительности. В частности Японские исследователи [3] с помощью высокоточных измерений удельного электрического сопротивления пород в подземном тоннеле установили, что вариации электрического сопротивления связаны с деформациями земной коры, обусловленными океаническими приливами. Чувствительность измерительной установки такова, что она позволяет регистрировать деформации земной коры порядка 10^{-9} . Анализ данных показал, что вариации электрического сопротивления наблюдались как минимум перед 30 землетрясениями. Перед отдельными сильными землетрясениями с магнитудой $M \geq 7,0$ аномальные вариации электрического сопротивления регистрируются на расстояниях 1000 и более километров от очага землетрясения. Оценки сделанные автором работы [4] показывают, что вариации электрического сопротивления деформационной природы от подготовки Чилийского землетрясения 1960 с магнитудой $M=8,5$ должны регистрироваться на расстоянии 9550 км от очага.

Радиус деформационного предвестника может быть оценен по формуле приведенной в работе авторов [5]. Формула, связывающая радиус предвестника r в километрах, магнитуду землетрясения M и величину относительной деформации земной коры $\Delta\varepsilon/\varepsilon$ на расстоянии r от очага имеет следующий вид:

$$\Delta\varepsilon/\varepsilon = \frac{10^{1.3M-8.19}}{r^3} \quad (1)$$

Оценим радиус проявления аномальной деформации от очага катастрофического Суматранского землетрясения, происшедшего 26 декабря 2004 г. $M=9,0$.

Перепишем формулу (1) в следующем виде:

$$r = \frac{10^{3.9M-2.73}}{\sqrt[3]{\Delta\varepsilon/\varepsilon}} \quad (2)$$

Подставив в (2) следующие коэффициенты ($M = 9,0$; $\Delta\varepsilon/\varepsilon = 10^{-8}$) имеем $r = 6400$ км.