

мерах; от 0,5 мм вырастает на 10-13 мм. Такое состояние среды прямыми методами невозможно фиксировать табл.1.

Таблица 1.

Прогноз времени землетрясений

	Начало аномалий	Конец аномалий	Длительность Сигнала (в днях)	Число дней до землетрясений	Прогнозированный день землетрясения	Фактический день землетрясения	Класс Землетрясений «К»	Место землетрясения
1.	19 окт.1989г.	07 ноября 1989г.	20	60	06 января 1990г.	3 и 7 января 1990г.	13	Огни
2.	12 мая 1990г.	04 июня 1990г.	24	72	15 августа 1990г.	14 августа 1990г.	11	Кумторкала
3.	19 июля 1990г.	24 августа 1990г.	37	111	13 декабря 1990г.	19 декабря 1990г.	12	Унцукуль
4.	27 августа 1991г.	09 сентября 1991г.	14	42	21 октября 1991г.	18,19,21 октября 1991г.	13	Ругул
5.	27 мая 1992г.	23 июня 1992г.	28	84	15 сентября 1992г.	25 сентября 1992г.	12,5	Советская Чечено-Ингушетия
6	03 августа 1992 г.	15 августа 1992г.	13	39	23 сентября 1992г.	23-24 сентября 1992г.	15	Грузия

Был собран статистический материал. На основании этого материала был найден эмпирический коэффициент равный трем. Число дней длительности аномалии зарегистрированной на ленте, умножаем на три – это и есть число дней до землетрясения. Определить день землетрясения уже не трудно. От первого дня без аномалии отсчитываем по календарю утроенное число дней аномалии и находим конкретный день землетрясения

Влияние зональности ландшафта, почвы, рельефа и солнечной активности на текущий и многолетний ход температур у поверхности в Дагестане¹

А.М.Бойков¹, Э.Ф.Магомедова²
¹ИПГ, ²ИГ ДНЦ РАН

Постановка проблемы. Интерпретация данных тепловой съёмки из космоса в связи с сейсмической активностью и создание геоинформационных систем для условий региона затруднены из-за не изученности спектра изменчивости температурного поля земной поверхности в зависимости от ландшафтов, почв и рельефа. Влияние этих факторов может значительно исказить результаты космической съёмки. Трудности могут быть устранены на основе уяснения особенностей текущего и многолетнего хода температур в условиях разнообразных видов зональности ландшафта, почв и рельефа. Поэтому актуальной целью настоящей работы является статистический анализ имеющихся данных многолетних инструментальных наблюдений температур на метеостанциях ГМС Республики Дагестан и оценка влияния каждого искажающего фактора на изменчивость температуры.

Методика исследований, обсуждение результатов и выводы. В нашей работе использовались данные температурных наблюдений на 11-ти метеостанциях Дагестана, которые обеспечены наиболее полными сводками таблиц инструментальных измерений в течение XX века, пригодными для анализа. Эти метеостанции расположены в разнообразных ландшафтных зонах и на высотных отметках рельефа (См., таблицу 1).

Таблица 1.

Среднегодовые температуры воздуха по данным ГМС в ландшафтных зонах Дагестана			
Метеостанции	Среднегодовая температура воздуха, °С	Ландшафтная зона	Высотные отметки рельефа на метеостанциях, м
Хасавюрт	10,9	Сухостепной	127,0
Бабаюрт	11,0	ландшафт лугово-болотно-степной (дельтовый)	-3,0
Крайновка	11,7	аккумулятивно-морская равнина, солончаки	-26,3
Терекли-Мектеб	10,8	--'--	93,4
Южно-Сухокумск	10,4	--'--	78,7
Кизляр	11,1	--'--	-5,7
Буйнаксск	9,6	лесостепной	472,4
Хунзах	6,1	луговестепной	1651,4
Леваши	6,6	среднегорный	998,7
Ботлих	9,8	долинно-котловинный	982,0
Маджалис	10,5	предгорный	361,9

¹ Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант 06-05-96610, региональный конкурс "Юг России").

На примере данных этих метеостанций за февраль 1975 г. [1] выполнен сравнительный анализ взаимной коррелируемости на основе полиномов 6-ой степени (линейных зависимостей) температур воздуха на этих метеостанциях в связи с особенностями месячного хода температур в разнообразных ландшафтно-почвенных и рельефных зонах. Как показало изучение месячного хода температур, лучшая корреляция по тесноте связи наблюдается в условиях равнинного *одинакового* ландшафта полупустыни с *близкими* лугово-каштановыми (Терекли-Мехтеб) и светло-каштановыми солонцеватыми (Южно-Сухокумск) почвами, где показатель достоверности аппроксимации достигает $R^2=0,92$ для полинома (0,86 для линейной зависимости). Вторая по тесноте связи корреляция - в условиях равнинного полупустынного, но всё же *разного* ландшафта и *разных* почв. Это супесчано-глинистый ландшафт аккумулятивно-морской равнины со светло-каштановыми солонцеватыми почвами (Южно-Сухокумск) и ландшафт морских террас с аллювиально-луговыми почвами (Кизляр), где показатель достоверности аппроксимации уравнений корреляции для двух видов зависимостей составляет, соответственно, $R^2=0,86(0,76)$. Третья по тесноте связи – это также корреляция равно равнинных полупустынных, но *разных* ландшафтов и *контрастных* почв: ландшафта аккумулятивной равнины с лугово-каштановыми почвами (Терекли-Мехтеб) и солончакового ландшафта аккумулятивно-морской равнины с песчаной почвой (Крайновка). Здесь показатель достоверности аппроксимации для двух видов корреляций составил, соответственно, $R^2=0,70(0,66)$. Наиболее слабая по тесноте связи корреляция наблюдается для *разных* ландшафтов и *разных* почв *равнинных территорий*: Хасавюрта (сухостепной ландшафт с лугово-каштановыми почвами) и Бабаюрта (лугово-болотно-степной дельтовый ландшафт с луговыми солончаковыми почвами). Показатель достоверности аппроксимации корреляции составил здесь, соответственно, $R^2=0,68(0,61)$.

Значимые линейные корреляции между месячным температурным ходом на метеостанциях, приведённых в таблице, с горными и предгорными ландшафтами отсутствуют, так как показатели достоверности аппроксимации эмпирических уравнений корреляций меньше 0,6. Однако полиномиальные корреляции наблюдаются. Показатель достоверности полинома 6-ой степени для уравнений корреляции между температурами воздуха в разных ландшафтных зонах, но с близкими горными чернозёмными или горно-каштановыми почвами Хунзаха (лугостепной ландшафт) и Левашей (среднегорный ландшафт) достигает $R^2=0,75$. То же наблюдается в горной области для другой пары разных ландшафтов с близкими почвами: среднегорного ландшафта Левашей (горно-каштановые почвы) и долинно-котловинного ландшафта Ботлиха (горно-луговые каштановые почвы), где R^2 для полинома 6-ой степени составляет 0,88. В горных местностях, таким образом, уже *не ландшафт*, а *почва* играет роль *основного фактора влияния* на ход температуры воздуха вблизи поверхности.

Но сопоставление температур в предгорьях и горных областях показало, что значимые корреляции, аппроксимируемые как полиномами, так и линейными зависимостями, отсутствуют. Например, для близких, казалось бы, ландшафтов Буйнакск (лесостепной ландшафт предгорий) с *равнинными* каштановыми карбонатными почвами и Хунзаха (лугостепной среднегорный ландшафт) с *горно-каштановыми* почвами показатель достоверности аппроксимации для полинома и линейной зависимости составляет, соответственно, 0,49 и 0,46. То есть, для хода температуры воздуха *различия почв* в качестве фактора искажающего влияния имеет здесь уже *решающее значение*.

Таким образом, можно констатировать, что в целом взаимно коррелированный ход месячных температур воздуха соблюдается для условий равнинной или горной областей, но нарушается при сравнении предгорья и горной области. Степень тесноты корреляций определяется степенью близости типов ландшафта и почв. Оценки влияния перепада высот на метеостанциях на месячный ход температур воздуха показывают, что корреляция между показателями достоверности аппроксимации рассмотренных корреляций (R^2_{γ}) месячного хода температур воздуха на парах метеостанций и перепадами высот рельефа местности (ΔH_x) между ними выражена линейной корреляцией вида $R^2_{\gamma} =$

$-0,0003\Delta H_x + 0,8398$, где показатель достоверности уравнения $R^2=0,65$. Отсюда очевидна оценка влияния рельефа: чем меньше перепад высот рельефа местности между пунктами наблюдений, тем теснее корреляционные связи и, следовательно, тем более близок друг к другу месячный ход температур воздуха. Лучшая корреляция выражается полиномом вида $Y=5E-14X^6-1E-10X^5+7E-08X^4-2E-05X^3+0,0014X^2-0,0547X+1,4571$ с показателем $R^2=1$. В целом фактор перепада высот рельефа имеет *сквозной* первостепенный *характер* для проявления влияния ландшафтной или почвенной зональности.

Поскольку годовая температурная волна солнечной инсоляции является квазипериодическим процессом, то есть смысл применить к анализу изменчивости этой волны Фурье-анализ, позволяющий разложить весь спектр полигармонических колебаний в виде совокупности периодограмм. В таблице 2 представлены величины первых 4-х наиболее значимых амплитуд и периодов полигармонического спектра температурной изменчивости воздуха в феврале 1975 г. на метеостанциях ГМС Дагестана, полученные методом Фурье-анализа с помощью программы “Statistica 6.0”..

Из таблицы 2 следует, что в целом амплитуды и периоды спектра температурных колебаний воздуха в течение месяца на 11-ти метеостанциях различаются более, чем в 2 раза. Однако *во всех без исключения* спектрах, вне принадлежности к той или иной ландшафтной зоне или высоте рельефа, *присутствует период*, равный *14-ти суткам*, по-видимому, отражающий общий характер хода годовой температурной волны. Однако этот период в последовательностях гармоник на 11-ти метеостанциях не занимает какого-

либо фиксированного положения, а хаотично перемещается в пределах спектра от максимальной амплитуды к минимальной.

Таблица 2.

Результаты спектрального Фурье-анализа хода температур воздуха в феврале 1975 г. на метеостанциях СГМ Дагестана					
Номер п/п	Метеостанция	Амплитуды первых 4-х периодogramм спектра /Периоды (сутки)			
		A_{max}/P_1	A_2/P_2	A_3/P_3	A_4/P_4
1	Хасавюрт	13,5 /4,5	8,7 /9,3	6,7 /4,0	5,3 /14,0
2	Бабаюрт	15,0 /9,3	9,0 /4,6	6,7 /14,0	6,0 /4,6
3	Крайновка	27,0 /9,3	22,0 /5,5	14,4 /14,0	2,0 /7,0
4	Терекли-Мектеб	23 /9,6	15,2 /4,4	2,9 /14,0	7,0 /7,0
5	Южно-Сухокумск	30,3 /9,3	25,2 /4,6	20,1 /7,0	17,5 /14,0
6	Кизляр	18,7 /9,3	15,0 /14,0	13,0 /4,7	6,1 /6,9
7	Буйнакск	17,0 /6,9	16,8 /9,3	11,0 /5,5	10,6 /14,0
8	Хунзах	74,0 /5,5	58,8 /14,0	17,0 /4,0	15,2 /9,4
9	Леваши	40,6 /5,6	19,1 /14,0	14,9 /2,4	13,1 /3,0
10	Ботлих	24,0 /14,0	15,0 /5,6	14,7 /4,0	13,8 /9,7
11	Маджалис	28,1 /7,0	16,5 /14,0	13,5 /5,5	7,1 /9,3

Это свидетельствует о возможных влияниях на ход температуры *аперриодических помех* (нерегулярные облачность и атмосферные осадки, талые воды и т.п.), которые не могут быть выявлены Фурье-анализом ввиду ангармоничности. *Влияние ландшафта* наглядно прослеживается на примере близости величин периодов гармоник с максимальными амплитудами в пределах *одинаковых ландшафтных зон* на равнинных метеостанциях: Крайновка, Терекли-Мектеб, Южно-Сухокумск и Кизляр ($P_1=9,3-9,6$). *Влияние рельефа* ощущается менее наглядно - на примере почти совпадающих величин периодов гармоник с максимальными амплитудами лишь в *наиболее высокогорной области*: Хунзаха и Левашей ($P_1=5,5-5,6$) с разными, однако, ландшафтами - лугопустынным и среднегорным. *Максимальные амплитуды* гармоник температурного хода присущи *горной области* и горным ландшафтам с абсолютным максимумом в наивысшей высокогорной отметке рельефа (Хунзах). За ней в этом отношении следует равнинная область: аккумулятивно-морской равнины и солончаков с ландшафтами полупустынь (Крайновка, Терекли-Мектеб, Южно-Сухокумск). Примерно в тех же пределах находятся A_{max} гармоник горных ландшафтов: степного и лесостепного (Ботлих, Леваше). В пределах же сухостепного и лугово-болотно-степного ландшафтов наблюдаются минимальные амплитуды спектра периодogramм (Хасавюрт, Бабаюрт). В предгорьях (Буйнакск) и равнинном дельтовом ландшафте (Кизляр) какая-либо ландшафтная закономерность не соблюдаются: в *разных* ландшафтных зонах. В условиях *разных* типов почв и при *значительном перепаде* высотных отметок рельефа величины максимальных амплитуд спектра, занимающие промежуточное положение в таблице 2, *близки* между собой, однако, при различающихся периодах. В целом спектральный анализ подтверждает вывод о существенном влиянии на месячный ход температуры воздуха ландшафта и рельефа.

Теперь рассмотрим коррелируемость и спектры многолетнего хода среднегодовых температур на метеостанциях ГМС Дагестана. Но, чтобы уменьшить влияние случайных сезонных и многолетних циркуляций в атмосфере на выявляемые закономерности, проведём сопоставление на основе анализа многолетнего хода температур у поверхности на глубинах $40 \div 80$ см [2]. Например, корреляция среднегодовых температур почвы на глубине 40 см в Хасавюрте и Буйнакске с 1929 по 1955 г., как линейная ($Y=0,532X+5,1552$), так и полиномиальная ($Y=1,2905X^6-100,32X^5+3245,8X^4-55944X^3+541792X^2-3E+06X+6E+06$), характеризуются близкими показателями достоверности аппроксимации эмпирическими уравнениями, соответственно, $R_2=0,61$ и $R_2=0,65$. Корреляция среднегодовых температур почв на глубине 40 см в Хасавюрте и Дербенте (ландшафт морских террас с каштановыми почвами) с 1916 по 1955 гг. аппроксимируется полиномом $Y=-28,085X^4+1362,3X^3-24762X^2+199911X-604792$ с $R^2=0,73$.

Спектральный Фурье-анализ изменчивости среднегодовых температур почв на глубине 80 см за промежуток времени 1929-1955 гг. в Хасавюрте (См., рис.1) показал существование полигармонического спектра периодogramм с последовательным уменьшением амплитуд A_n . Основным периодом с $A_{max}=3,3$ является 13-летний, за которым следует период в 8,7 лет с уменьшением амплитуды до $A_2=1$, за ним период в 6,5 лет с ещё меньшей амплитудой, равной $A_3=0,6$, и т.д. Остальные амплитуды колеблются в диапазоне $0,1 \div 0,3$ с периодами $2,0 \div 4,5$ года. Опираясь на средние значения температур, нельзя выявить микропериод многолетних температур, который мог бы повлиять в качестве помехи на данные одноментной тепловой космической съёмки.

Можно констатировать существование корреляций между многолетним ходом температур почвы на парах метеостанциях, как и для температур воздуха, но их детальное рассмотрение и обсуждение за рамками темы.

На многолетний ход среднегодовых температур, кроме квазипериодической годовой температурной волны, может влиять и изменчивость солнечной активности. Эта изменчивость выражается в числах Вольфа. Числа Вольфа – это числа солнечных пятен W , вычисляемые по формуле: $W=K(10N+F)$ [3], где K – множитель, зависящий от условий наблюдения и от инструментов, N – число наблюденных групп и отдельных пятен, F – общее число всех пятен в группах и отдельных пятнах.

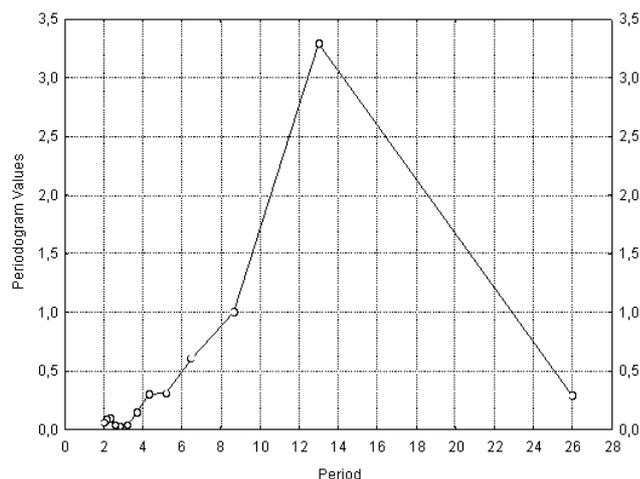


Рис.1. Периоды и амплитуды периодограмм спектра среднегодовых многолетних температур почвы на глубине 80 см, выявленных анализом Фурье для метеостанции Хасавюрта (1929-1955 гг.).

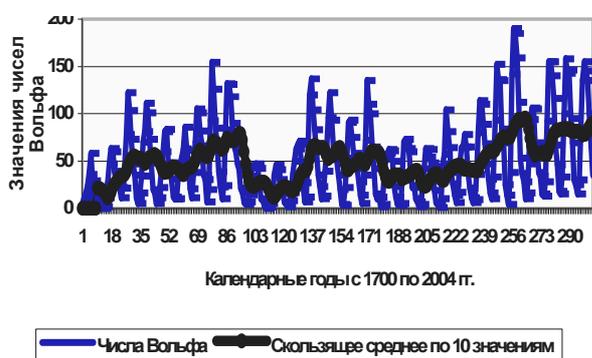


Рис. 2. Изменчивость солнечной активности (числа Вольфа с линейной фильтрацией) за период с 1700 по 2004 гг.

Изменчивость чисел Вольфа за достаточно продолжительный промежуток времени (с 1700 по 2004 гг.) [4 и др.] с линейной их фильтрацией скользящим средним представлена на рис.2. Спектр чисел Вольфа согласно Фурье-анализу представлен A_{max} с $P_1=99$ лет, A_2 с $P_2=294$ года, A_3 с $P_3=69$ лет, A_4 с $P_4=73$ года, A_5 с $P_5=147$ лет и т.д. Спектр скользящих средних чисел Вольфа в узком промежутке с 1929 по 1955 гг. (линейная 10-ти точечная фильтрация) суммируется из амплитуд периодограмм A_{max} с $P_1=13$ лет, A_2 с $P_2=8,7$ лет, A_3 с $P_3=6,5$ лет и т.д. (См., рис.3). Численные значения и последовательность этих периодов те же, что и для среднегодовых температур в почве за те же годы в Хасавюрте (См., выше).

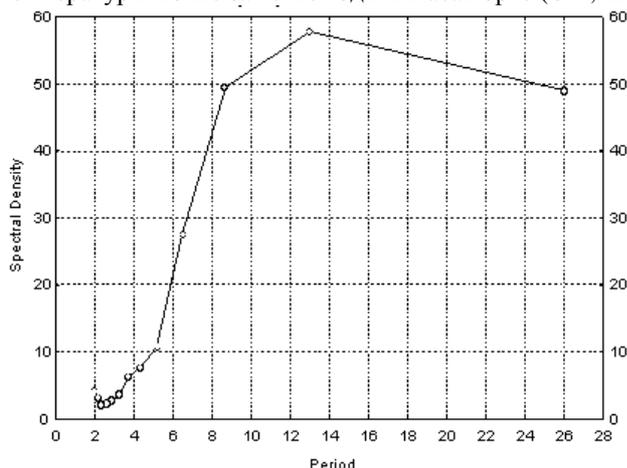


Рис.3. Периоды и амплитуды периодограмм спектра скользящих средних чисел Вольфа (линейная 10-ти точечная фильтрация), полученных анализом Фурье для периода с 1929 по 1955 гг.

Отсюда следует, что изменчивость солнечной активности и синхронный ход величин среднегодовой температуры в принципе коррелируемы на основе единой физической природы. Действительно, выполненный корреляционно-регрессионный анализ показал, что значимая корреляция среднегодовой температуры на глубине 80 см в Хасавюрте с изменчивостью солнечной активности (линейная 10-ти точечная фильтрация чисел Вольфа скользящим средним) в промежуток с 1929 по 1955 гг. существует. Она выра-

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 сеймостанцией 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 сеймостанции «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: