

УДК 550.34

Югай Н.А., Тилек кызы Г.  
Институт сейсмологии НАН КР,  
г.Бишкек, Кыргызстан

## МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПОИСКАХ ПРЕДВЕСТНИКА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

**Аннотация:** В статье обсуждаются вопросы о становлении геомагнитного направления, о геомагнитных эффектах, составляющих магнитного поля Земли.

**Ключевые слова:** геомагнитные наблюдения, магнитное поле, магнитометрические данные, вариация.

## ЖЕР ТИТИРӨӨЛӨРДҮН БЕЛГИСИН КӨРСӨТКҮЧТӨРДҮ ИЗДӨӨДӨГҮ МАГНИТОМЕТРИКАЛЫК ИЗИЛДӨӨЛӨР

**Кыскача мазмуну:** Макалада Жердин магниттик талаасын түзүүчү геомагниттик багыттардын калыптануусу тууралуу, геомагниттик натыйжалар жөнүндө маселелер талкууланат.

**Түйүндүү сөздөр:** геомагниттик байкоолор, магниттик талаа, магнитометрикалык маалыматтар, вариация.

## MAGNETOMETRIC INVESTIGATIONS FOR THE EARTHQUAKE PRECURSOR SEARCH

**Abstract:** Problems of the geomagnetic monitoring, geomagnetic effects, components of magnetic field of the Earth are discussed in the paper.

**Keywords:** geomagnetic observations, magnetic field, magnetometric data, variation.

На территории Кыргызстана геомагнитные наблюдения ведутся с 1979 года, проводится статистический анализ информативности каждой станции. На сегодня функционируют 3 станции МВС типа «Измиран-4» и 2 станции типа «МВ-01».

Для замера магнитного поля Земли существуют приборы - магнитометры, которые измеряют напряжённость магнитного поля Земли. В ИС НАН КР установлены протонные приборы типа «Измиран-4» и «МВ-01», они находятся в автоматическом режиме, их категория точности высокая.

Все измерения элементов земного магнетизма могут быть как абсолютными, так и относительными. В области геомагнитных измерений абсолютные измерения применяются для полной силы магнитного поля, склонения и горизонтальной составляющей ( $Z$ ). Определения вертикальной составляющей ( $H$ ) напряжённости проводятся в настоящее время путём относительных измерений. При относительных измерениях наблюдаемая величина  $A$  вычисляется по формуле:

$$A = \varepsilon \cdot n,$$

где  $n$  – число делений шкалы по прибору;  $\varepsilon$  - постоянный множитель (цена деления), зависящий от устройства и настройки прибора.

Для равномерной шкалы

$$\varepsilon = A/n,$$

где  $\varepsilon$  - цена деления. Эта величина используется в наших измерениях для контроля приборов.

Для замера элементов земного магнетизма используется вектор напряженности геомагнитного поля Земли ( $T$ ), который может быть разложен на составляющие. Применяется прямоугольная система координат с центром в точке измерения (рисунок 1).

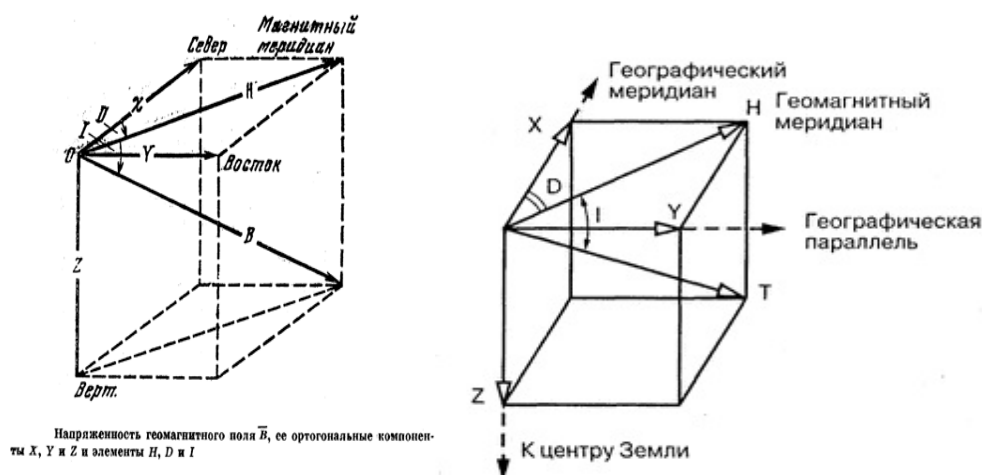


Рисунок 1. Элементы земного магнетизма.

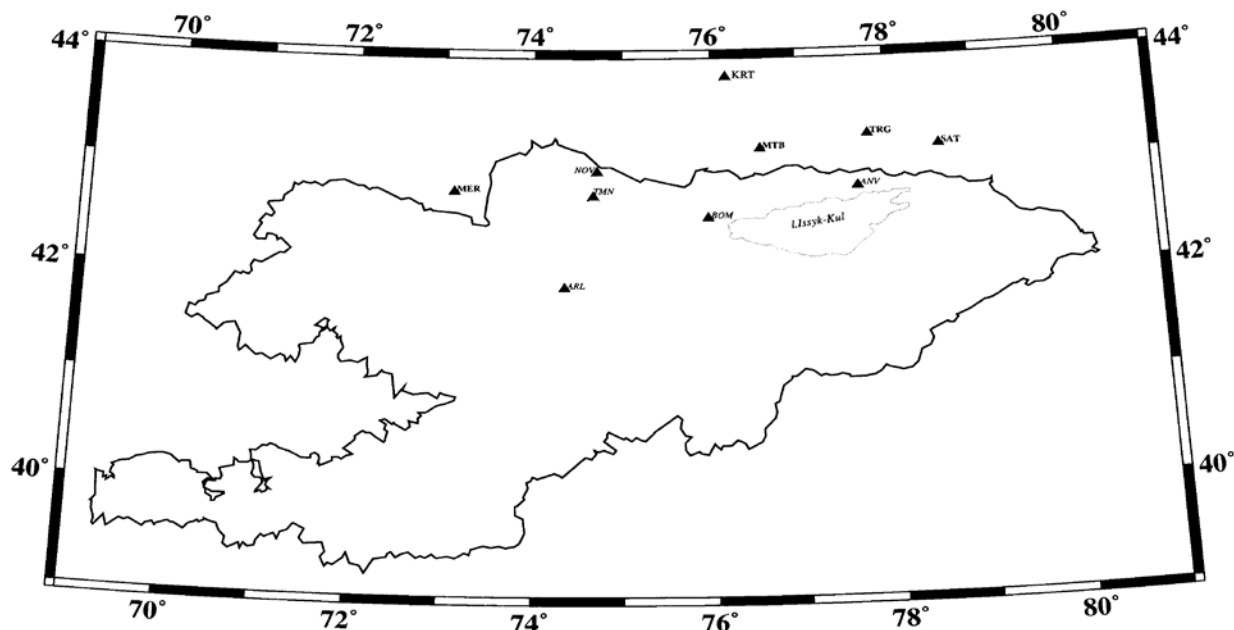
Плоскость  $XOY$  принимается горизонтальной, ось  $X$  направлена на географический север,  $Y$  - на восток,  $Z$  по вертикали вниз.

Любой элемент земного магнетизма не остаётся постоянным во времени, а непрерывно изменяется. Это вариации элементов земного магнетизма (геомагнитные вариации).

Изучение характера магнитных вариаций показало, что их можно разделить на быстрые (с периодом до одного года), периодические и не периодические, медленные более 1 года и магнитные бури.

Методика обработки магнитометрических данных предусматривает метод разностной обработки информации, суть которого заключается в следующем: измеряют модуль или компоненты полного вектора магнитного поля на ряде станций и затем находят разность значений между каждым из пунктов и базовым. Этим достигается подавление помехи. Применение такого метода возможно при условии идентичности протекания короткопериодных геомагнитных вариаций в пунктах наблюдений. Для оценки выполнения этих условий проводились исследования характера протекания вариаций на геомагнитных станциях Кыргызстана с вариациями базовой станции «Таш-Мойнок». Базовая станция «Таш-Мойнок» расположена в юго-восточной части Чуйской впадины и находится в зоне сочленения депрессии и северных предгорий Киргизского хребта (рисунок 2).

Изучение магнитного поля Земли служит одним из способов познания тех процессов, которые вызывают колебания земной поверхности и которые иногда приводят к катастрофическим землетрясениям. Одна из особенностей векового хода на земной поверхности показывает, что особенно сильные и быстрые изменения геомагнитного поля происходят в местах, где земная кора наиболее неустойчива, имеются разломы и складки. Эти зоны являются сейсмически активными и сопровождаются частыми землетрясениями. Используя технологию ГИС, нами составлена таблица 1, где указаны расстояния в км между станциями и эпицентрами землетрясений с  $K \geq 12$  на территории Кыргызстана с 2006 г. по 2015 г.



**Рисунок 2.** Схема расположения магнитометрических станций ИС НАН Кыргызской Республики: NOV – «Новостройка», ТММ – «Таш-Мойнок», BOM – «Боом», ANV – «Ананьево», ARL – «Арал». ГМС Республики Казахстан: MER – «Мерке», ТМВ- «Майтобе», TRG-«Тургень», SAT- «Саты», KRT- «Курты».

В таблице 1 указаны координаты эпицентров произошедших землетрясений и расстояния в км от эпицентра до магнитовариационных станций.

Изучая суточные, месячные, годовые вариации магнитного поля Земли, а также вертикальные (Z), горизонтальные (H) составляющие, T модуль поля, была собрана информация об изменениях состояния магнитного поля Земли. Методика выделения аномалии магнитного поля Земли базируется на оценке относительного стандартного отклонения вариаций.

Имеются немало сведений о магнитных эффектах на различных полигонах в радиусе от 10 км до 500 км. Аномальные вариации D и H поля отмечались в Армении, США, Китае, Японии. По данным геомагнитным станциям Восточной Азии выделены аномальные изменения геомагнитного склонения D, горизонтальной H, вертикальной компоненты Z (Северный Китай).

На Бишкекском полигоне выявлены аномалии в поведении северной и восточной составляющих МПЗ за несколько месяцев до сильных близких землетрясений [1]. Также выявлены локальные изменения  $\Delta T$  поля в районе хребта Терской Алатау [2]. Аномальное поведение геомагнитного поля было замечено перед ощутимыми сильными землетрясениями в Северо-Тяньшанской зоне. Это Таш-Башатское землетрясение до 12 нТл (05.03.89 г.,  $M=4.5$ ), Оттукское до 8 нТл (02.02.90 г.,  $M=4.3$ ), Байсорунское до 8 нТл (12.11.90 г.), Суусамырское до 30 нТл (19.08.92 г.,  $M=7.3$ ,  $K=17$ ).

В становлении и развитии исследований геомагнитного направления Института сейсмологии НАН КР большой вклад внесли учёные - геофизики Шакиров Э.Ш., Погребной В.Н., Ким Л.Е., Бакиров К.и др. Они не только участвовали в научно-исследовательских работах, но также помогали строить немагнитные павильоны на базе станции «Таш-Мойнок».

Таблица 1.

FID	Shape *	date	Lat	Long	H	K	Tash	novostr	anan'
51	Point ZM	31.12.2007	41,133	71,883	8	12	290	307	513
173	Point ZM	05.09.2002	39,783	71,967	0	13	396	418	582
109	Point ZM	19.01.2011	39,033	72,033	0	12	465	488	631
126	Point ZM	17.03.1993	41,133	72,117	25	12	275	293	495
96	Point ZM	01.11.2202	39,85	72,15	14	12	381	403	565
181	Point ZM	24.12.1992	42,4	72,15	0	13	210	217	454
0	Point ZM	28.06.1985	39,9	72,217	20	12	344	396	557
152	Point ZM	17.08.1988	39,483	72,317	20	12	409	432	579
165	Point ZM	21.12.1988	41,233	72,317	10	12	255	273	475
62	Point ZM	05.05.2003	41,033	72,383	5	12	266	285	479
68	Point ZM	27.04.2009	42,817	72,417	18	12	185	187	429
128	Point ZM	20.02.1995	41,283	72,417	15	12	245	263	465
242	Point ZM	15.05.1992	41,1	72,417	10	15	259	278	473
13	Point ZM	21.05.1992	41	72,467	5	12	263	283	474
26	Point ZM	16.01.2205	41,9	72,483	17	12	202	216	438
143	Point ZM	06.11.1992	41,083	72,567	25	12	251	271	463
88	Point ZM	08.06.1991	39,583	72,683	15	12	385	408	548
161	Point ZM	08.12.2010	39,467	72,7	0	12	396	420	556
131	Point ZM	15.04.2007	39,417	72,75	18	12	399	423	557
212	Point ZM	22.05.2003	42,967	72,767	11	13	158	159	400
220	Point ZM	24.01.2011	38,633	72,8	0	14	479	503	617
148	Point ZM	26.04.2009	40,917	72,833	20	12	251	272	451
144	Point ZM	14.06.1996	42,5	72,867	5	12	150	158	394
197	Point ZM	31.10.1991	40,167	72,867	15	13	320	343	495
159	Point ZM	26.12.2007	40,317	73,033	13	12	298	322	473
184	Point ZM	01.01.2008	40,317	73,033	16	13	298	322	473
53	Point ZM	09.10.2010	39,05	73,05	0	12	428	453	568
37	Point ZM	14.10.1989	39,367	73,067	0	12	394	419	541
245	Point ZM	19.08.1992	42,05	73,067	0	15	151	166	387
112	Point ZM	05.05.1985	39,3	73,1	20	12	401	425	545
125	Point ZM	19.08.1992	42,183	73,15	0	12	138	152	377
11	Point ZM	29.03.1990	39,4	73,2	10	12	387	412	531
101	Point ZM	10.10.1985	41,667	73,217	15	12	167	186	367
204	Point ZM	29.03.1990	39,433	73,25	21	13	383	407	525
247	Point ZM	19.08.1992	42,133	73,267	25	16	132	148	369
246	Point ZM	19.08.1992	42,067	73,283	0	15	135	151	369
38	Point ZM	19.08.1992	42,217	73,3	0	12	125	140	364
79	Point ZM	01.07.2009	39,683	73,35	0	12	353	378	499
14	Point ZM	19.08.1992	42,133	73,4	5	12	123	139	358
90	Point ZM	19.08.1992	42,183	73,433	10	12	117	133	354
110	Point ZM	30.06.2013	39,083	73,433	0	12	391	440	544
205	Point ZM	19.08.1992	42,117	73,5	0	13	117	134	352
76	Point ZM	30.05.2002	39,517	73,517	13	12	367	392	503
189	Point ZM	19.08.1992	42,167	73,533	0	13	111	128	346
103	Point ZM	19.08.1992	42,317	73,583	0	12	99	114	339
104	Point ZM	19.08.1992	42	73,583	0	12	119	138	347
147	Point ZM	13.10.2008	39,516667	73,616667	0	12	365	390	497
▶ 249	Point ZM	19.08.1992	42,067	73,633	20	17	111	130	341
133	Point ZM	13.10.2008	39,6	73,633333	0	12	356	380	487
122	Point ZM	01.12.1990	40,883	73,65	5	12	219	244	394
237	Point ZM	05.10.2008	39,616667	73,666667	40	14	353	378	486
16	Point ZM	03.11.1995	40,283	73,717	10	12	281	305	428
28	Point ZM	13.02.2011	39,617	73,75	21	12	352	376	481
132	Point ZM	05.10.2008	39,516667	73,816667	0	12	361	386	486
195	Point ZM	07.09.2010	39,633	73,9	0	13	347	372	471
86	Point ZM	24.06.1987	40,9	73,933	15	12	210	234	374

На рисунках 3,4 показаны временные ходы среднемесячных значений  $\Delta Z$  – поля (разностные значения относительно МВС «Таш-Мойнок») за период 2006 -2015 гг. по данным «Измиран-4» МВС «Ананьево», МВС «Таш-Мойнок».

На рисунках 5,6,7 показаны временные ходы  $T$  модуля поля Земли по данным «Измиран-4», МВС «Таш-Мойнок», МВС «Ананьево», «Новостройка». На рисунке 8 изображён временной ход  $T$  модуля Земли по станции «Новостройка» за период 2006-2015 гг. по данным МВ-01.

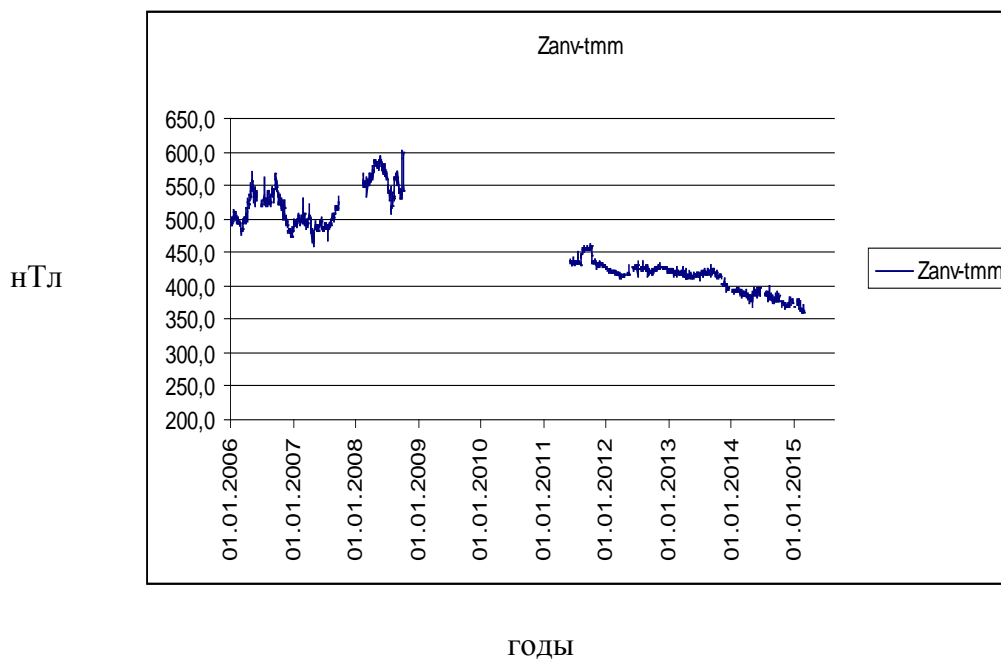


Рисунок 3. График разностных значений  $\Delta Z$  МВС «Ананьево» за период 2006-2015 гг.

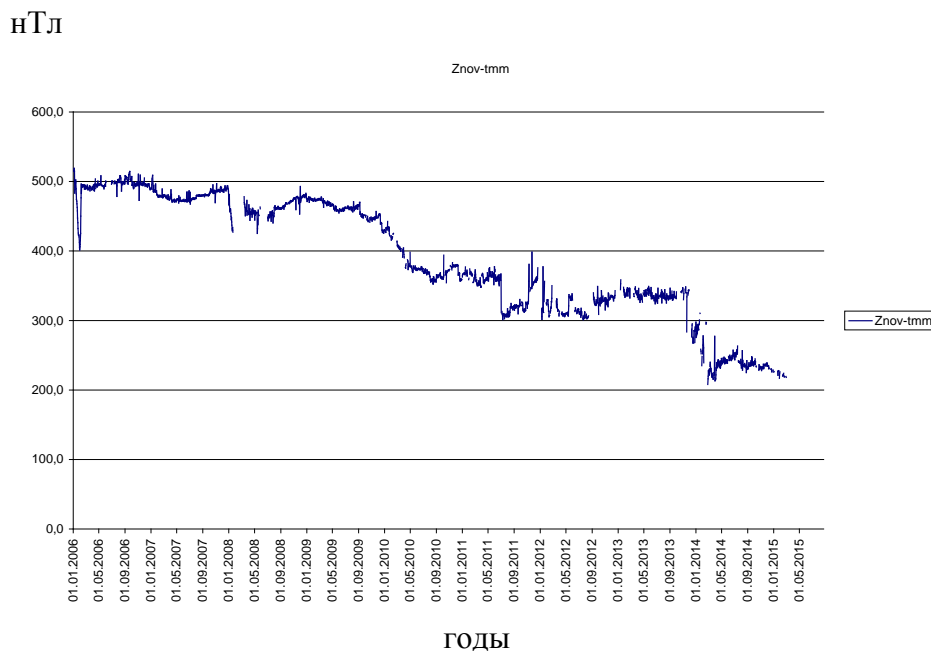
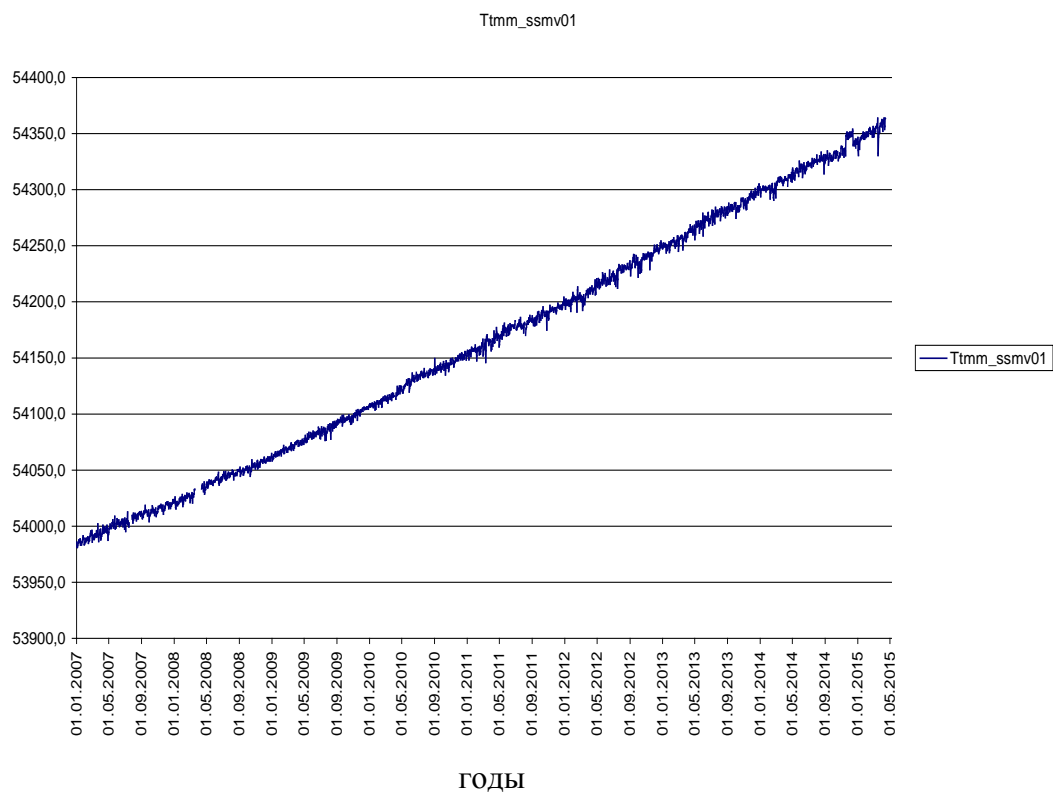
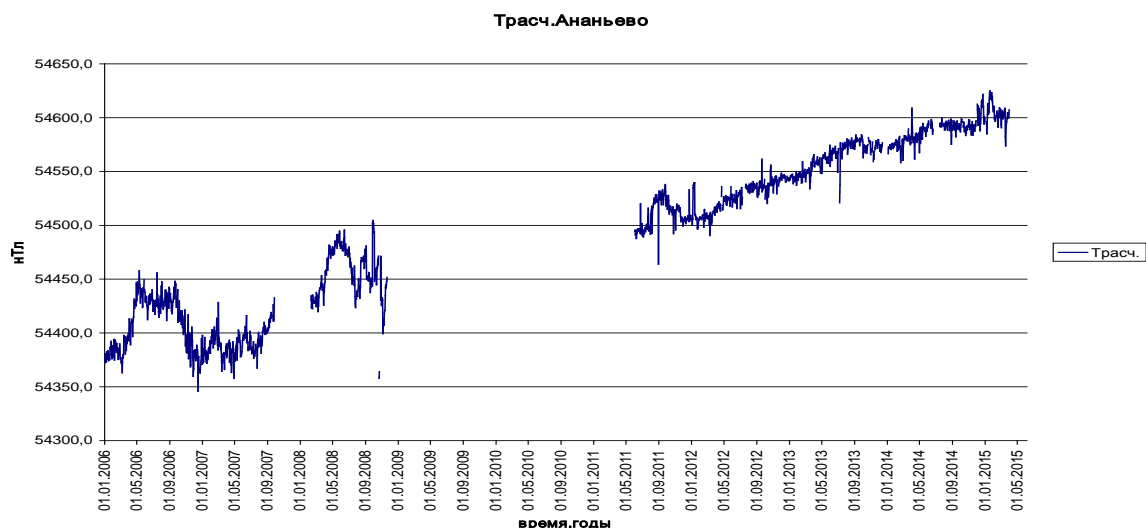


Рисунок 4. График разностных значений  $\Delta Z$  МВС «Новостройка» за 2006-2015 гг.

нТл

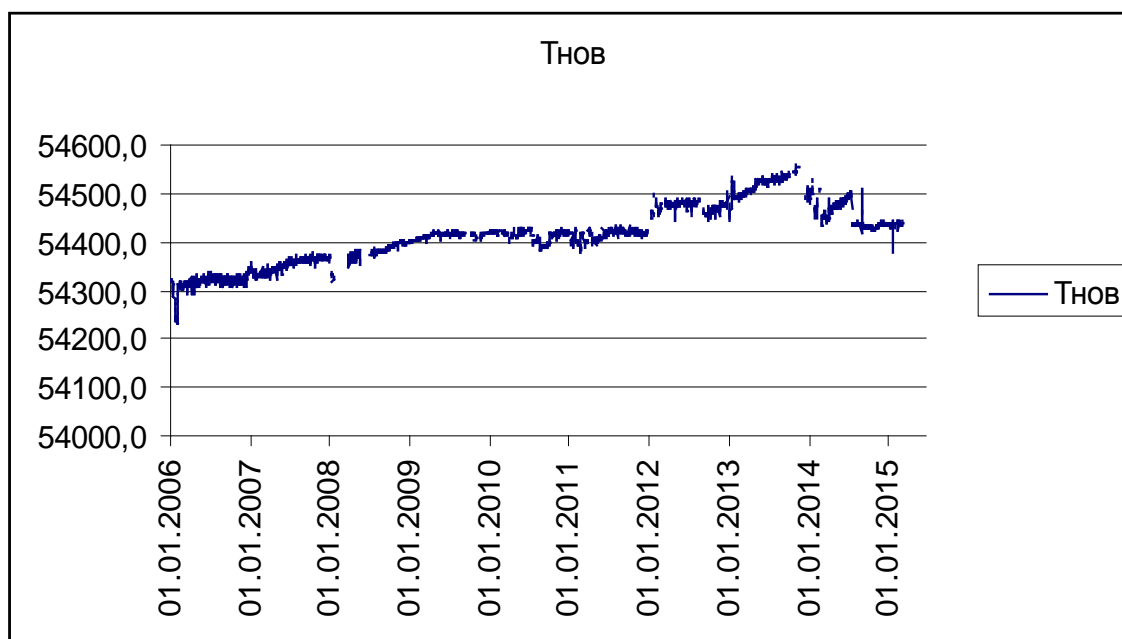


**Рисунок 5.** Временной ход Т модуля Земли по станции «Таш-Мойнок» за период 2006-2015 гг.



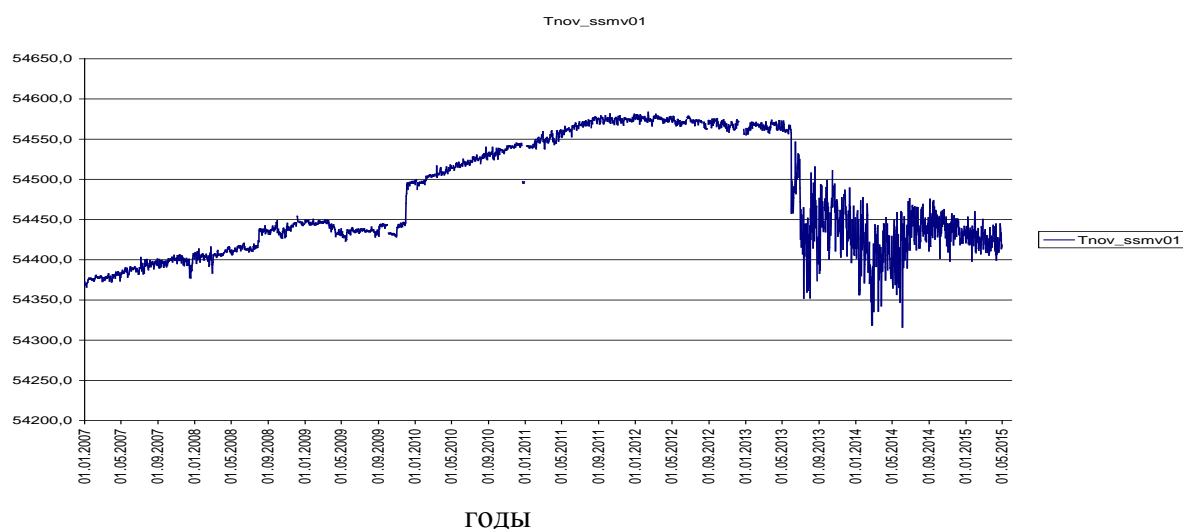
**Рисунок 6.** Временной ход Т модуля Земли по станции «Анатьево» за период 2006-2015 гг.

На графиках (рисунки 5,6,7) видно, как растёт геомагнитное поле в сторону увеличения приблизительно на 30 нТл в год. Предположительно, что причина изменения Т, Н и Z составляющих геомагнитного поля происходят из-за перемещения Монгольской мировой аномалии в сторону Кыргызстана [1].



**Рисунок 7.** Временной ход расчётного Т модуля Земли по станции «Новостройка» за период 2006-2015 гг.

нТл



**Рисунок 8.** Временной ход Т модуля Земли по станции Новостройка за период 2006-2015 гг. по данным МВ-01.

Характер изменения геомагнитного поля МВС «Новостройка», начиная с 2012 года, резко изменился, но и в предыдущие годы были замечены бухтообразные изменения как по данным, полученным с прибора «Измиран-4», так и по данным с «МВ-01». Ранее был сделан вывод нашими исследователями, что локальные изменения геомагнитного поля вблизи водохранилищ находятся в цикле «нагрузка-разгрузка» или «сжатия-растяжения» земной коры [4]. Станция «Новостройка» находится на берегу водохранилища «ГЭС-5», может быть это связано с этим условием и мы наблюдаем возмущённые геомагнитные вариации.



Для всех станций присущи как бухтообразные изменения, так и резкие падения (или повышения) геомагнитного поля в большом диапазоне в вариации разностных полей. Такое проявление геомагнитных вариаций может быть объяснено различными природными явлениями, возникающими при напряжённо – деформированном состоянии среды, особенностью геологического строения регионов и различными механизмами формирования источников аномалии в процессе подготовки землетрясения.

Изучая возникающие геомагнитные эффекты, мы ещё не научились прогнозировать землетрясения, так как проблема эта намного сложнее. Но, в последние годы мы далеко продвинулись вперёд в понимании явления и убеждены, что прогноз разрушительных землетрясений возможен [5]. Для этого в местах расположения стратегически важных объектов нужно создавать специальные системы наблюдения (сейсмические, наклономерные, магнитометрические, гидрогеохимические и др.). Наблюдения должны быть комплексными, построенные на базе новых высокоточных приборов и тогда будет достаточно высокая вероятность прогноза.

*Рецензент: д.ф.-мат. наук А.М.Муралиев*

### Литература

1. Шакиров Э.Ш., Погребной В.Н., Ким Л.Е. Геомагнитные исследования в Киргизии с целью прогноза землетрясений. //Прогноз землетрясений. Душанбе, 1986 г., №7, стр. 116-122.
2. Шакиров Э.Ш., Погребной В.Н., Ким Л.Е. Геомагнитные исследования в Киргизии с целью прогноза землетрясений. //Прогноз землетрясений. Душанбе, Дониш. 1986 г., №7, стр.91-97.
3. Погребной В.Н., Магнитометрические исследование в ОМСЭ ИС НАН КР. Бишкек, 2005 г., Кыргызстан.
4. Погребной В.Н. и др. //Материалы Международной конференции «Проблемы предотвращения последствий разрушительных землетрясений». Алматы, 2003 г.
5. Грин Т.П. Прогноз землетрясений. 2006 г. Бишкек, Кыргызстан.