

9. ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Ежегодно для оценки динамики сейсмических, геофизических и геодинамических процессов, а также выявления повышенной тектонической активности в местах расположения экологически опасных хозяйственных объектов проводят геофизический мониторинг по следующим направлениям (рисунок 9.1):

- ✓ сейсмический мониторинг, представляющий собой систему непрерывных круглосуточных наблюдений за происходящими сейсмическими событиями естественного и искусственного происхождения в широком диапазоне энергий и расстояний;
- ✓ геомагнитный мониторинг, включающий периодические наблюдения за геодинамическими процессами на полигонах и непрерывные стационарные наблюдения за текущим состоянием геомагнитного поля;
- ✓ мониторинг гравитационного поля Земли.

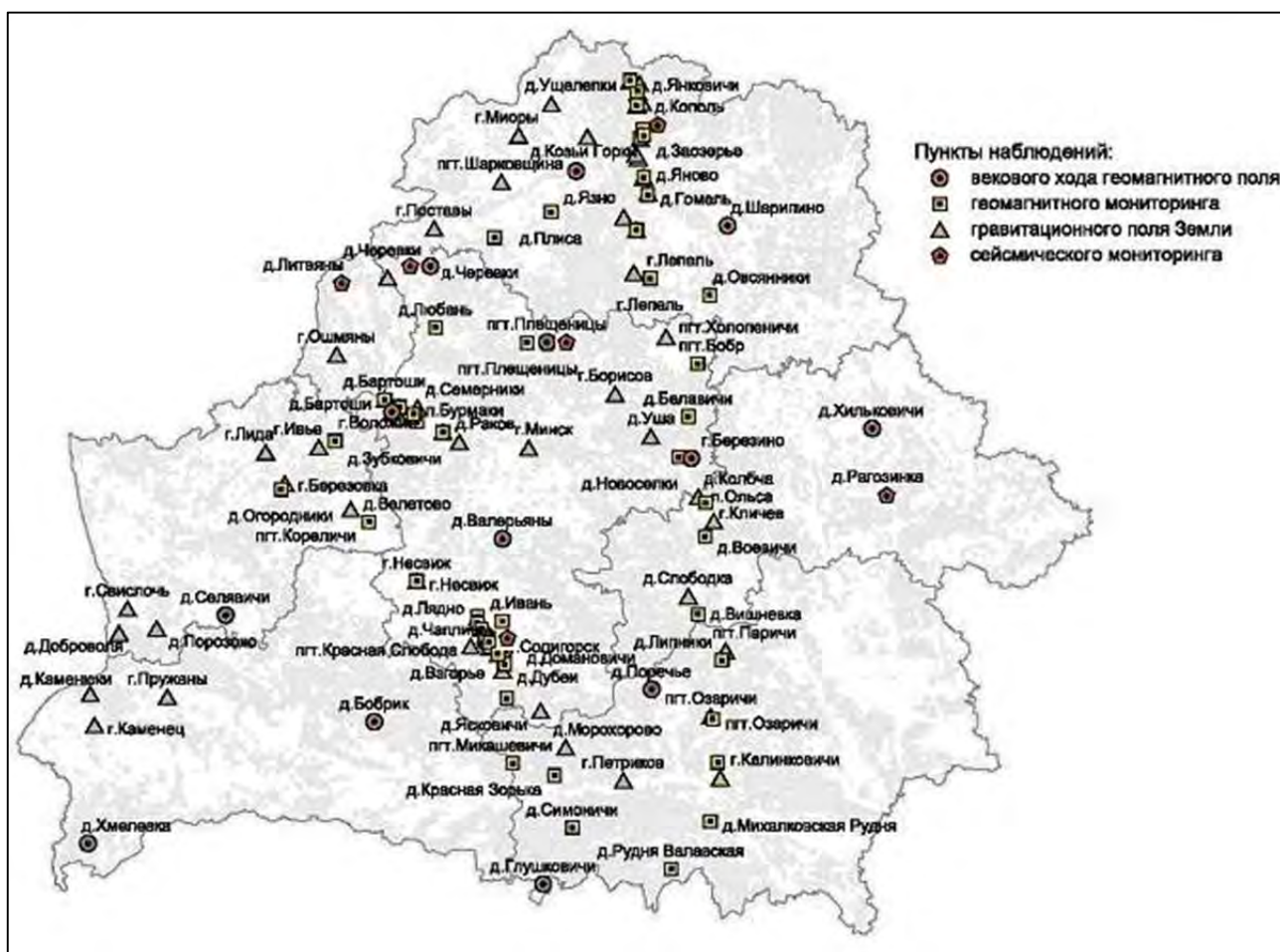


Рисунок 9.1 – Сеть пунктов наблюдений геофизического мониторинга (по состоянию на 01.01.2014 г.)

Сейсмологические исследования позволяют изучать причины происхождения очагов землетрясений и определять их кинематические и динамические параметры, а также оценивать степень сейсмических воздействий, их опасность и риск для народно-хозяйственных объектов; создавать системы наблюдений и разрабатывать методы предсказания землетрясений.

В 2013 г. сейсмологические наблюдения проведены Центром геофизического мониторинга НАН Беларуси в непрерывном режиме на следующих пунктах наблюдений: геофизических обсерваториях «Плещеницы», «Нарочь» и сейсмических станциях «Солигорск», «Полоцк», «Могилев», «Литвяны». Первичная обработка полученной сейсмической информации

заключается в определении моментов вступлений, знаков и четкости вступлений сейсмических волн; в измерении их амплитуд и периодов сейсмических волн. Обработка сейсмической информации осуществлена в трех режимах: срочном (составление и подача сводки срочных донесений о сильном или ощутимом землетрясении в течение часа после регистрации события); оперативном (более полная обработка сейсмических событий за истекшие сутки); режиме станционной обработки данных с составлением ежедекадных бюллетеней. Обработанные данные формировались в обзоры сейсмичности, еженедельно передаваемые в Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь и в Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь.

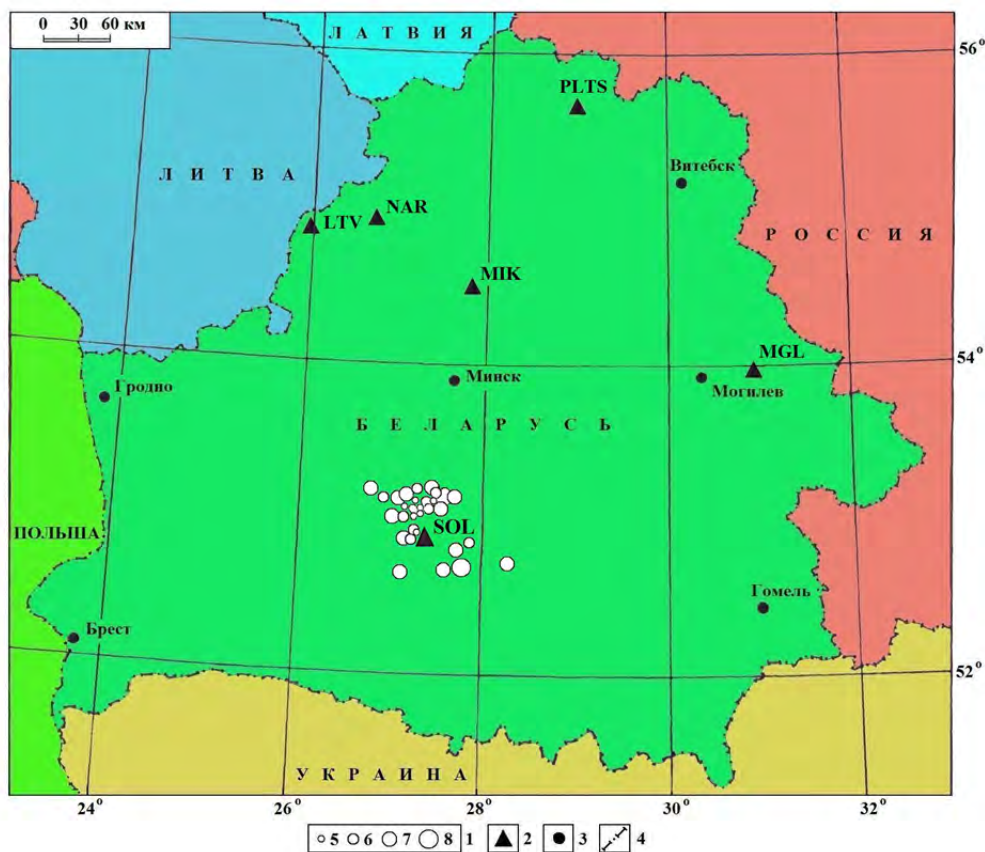
В 2013 г. сетью сейсмических станций зарегистрировано и обработано 1053 землетрясения в разных регионах Земли в широком диапазоне энергий и эпицентральных расстояний, из них 144 землетрясения с магнитудой $M \geq 6.0$, в том числе 20 событий с $M \geq 7.0$. Самое сильное землетрясение с магнитудой $M=7.9$ произошло 5 января (08^h58^m UTC) у побережья юго-восточной Аляски.

В результате анализа и обобщения сейсмологических данных (бюллетени сейсмических станций Беларуси) составлен каталог землетрясений территории Беларуси за 2013 г., который содержит сведения о кинематических и динамических параметрах землетрясений и включает 38 сейсмических событий энергетического диапазона $K=4.6-8.2$ (этот диапазон характеризуется слабой сейсмической активностью с магнитудным потенциалом $M=0.3-2.3$). Согласно зафиксированным данным, землетрясение с наименьшим энергетическим классом произошло 27 марта в 04^h18^m , а с максимальным – 28 августа в 20^h06^m . На рисунке 9.2 приведена карта эпицентров сейсмических событий, составленная на основе каталога землетрясений Беларуси за 2013 г. Размер окружностей на карте соответствует землетрясениям энергетических классов $K=5-8$. Основная часть сейсмических событий приурочена к зоне сочленения северо-западной части Припятского прогиба и Белорусской антеклизы, включая Солигорский горнопромышленный район и окружающую его территорию. Ощутимых землетрясений в 2013 г. на территории Беларуси не зарегистрировано.

В 2013 г. наблюдалось повышение (в 1,83 раза) уровня выделившейся суммарной сейсмической энергии $\Sigma E=0,4612 \cdot 10^9$ Дж по сравнению с 2012 г. ($\Sigma E=0,2517 \cdot 10^9$ Дж). Зафиксированный уровень сейсмической энергии меньше (в 4,94 раза) среднего многолетнего значения $\Sigma E=2,2799 \cdot 10^9$ Дж за 30 лет (1983–2012). Количество произошедших в 2013 г. сейсмических событий (38) больше (в 2,24 раза), чем 2012 г. (17), и меньше (в 1,11 раза) среднего многолетнего значения ($N_{\Sigma}=42,1$). Высвобождение энергии происходило не равномерно в течение года (рисунок 9.3). Максимальное выделение сейсмической энергии ($0,1930 \cdot 10^9$ Дж) наблюдалось в августе и было связано с произошедшим сейсмическим событием энергетического класса $K=8,2$, а минимальное значение ($0,0004 \cdot 10^9$ Дж) отмечено в феврале. Максимальное число произошедших сейсмических событий (7) зафиксировано в марте (диапазон энергетических классов $K=4,6-7,4$), а минимальное число событий (1) зарегистрировано в феврале.

На рисунке 9.4 показана частота реализации всех сейсмических событий за 2013 год в течение суток с периодами повышения числа событий в ночное время – 02^h и в дневное время – 13^h . Анализ частоты реализации сейсмических событий в разные годы не выявил четкого проявления максимумов числа событий в определенное время суток.

Всего на территории Европы и смежных областях в 2013 г. зарегистрировано 492 землетрясения с магнитудой $M \geq 3.0$, из них 40 событий с $M \geq 5.0$ (рисунок 9.5). Самое сильное землетрясение с магнитудой $M=6.6$ произошло 12 октября (13^h11^m) на побережье острова Крит в Греции. На Европейском субконтиненте наибольшая плотность эпицентров землетрясений наблюдалась в Альпийском сейсмоактивном поясе. В пределах этого пояса выделилась основная часть суммарной сейсмической энергии за год, остальная ее часть относится к внутриконтинентальной и океанической частям. Большая часть очагов землетрясений (468) располагалась на глубине $h \leq 70$ км, остальные (24) формировались в диапазоне глубин 71–400 км.



1 – энергетический класс $K=5-8$; 2 – сейсмическая станция; 3 – город; 4 – государственная граница

Рисунок 9.2 – Карта эпицентров сейсмических событий территории Беларуси, 2013 г.

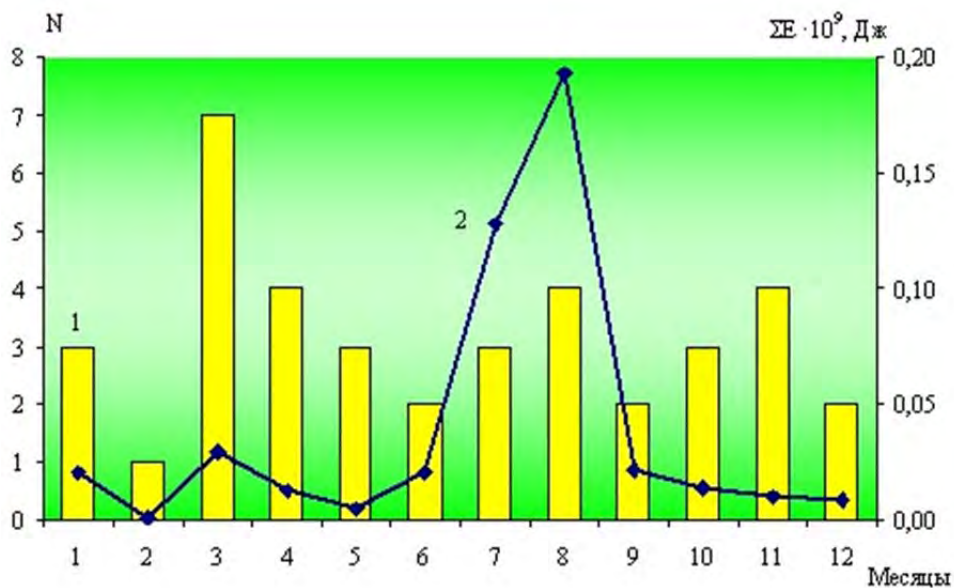


Рисунок 9.3 – Месячные значения числа сейсмических событий (1) и величины их суммарной сейсмической энергии (2) за 2013 г.

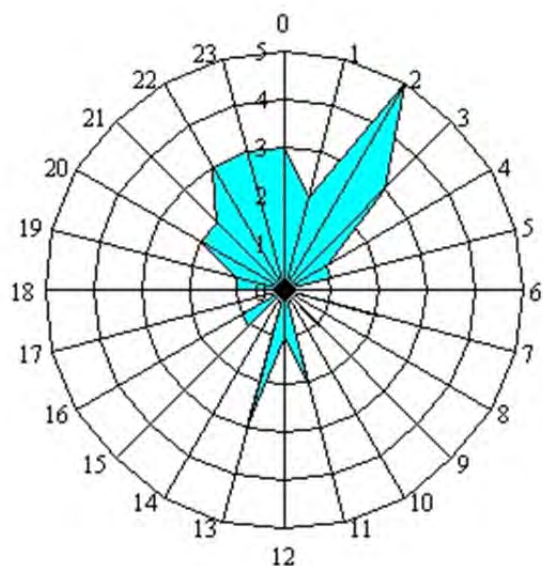


Рисунок 9.4 – Распределение сейсмических событий 2013 г. по часам суток

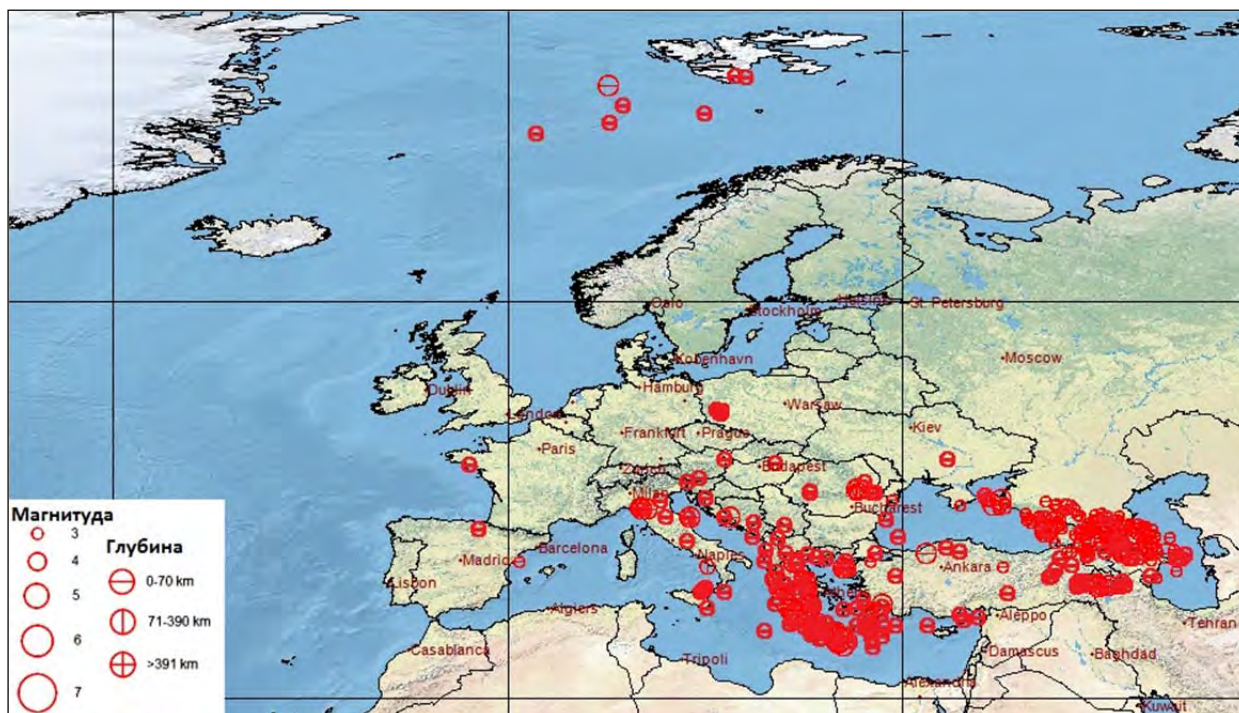


Рисунок 9.5 – Карта эпицентров землетрясений Европы и смежных областей с $M \geq 3.0$ за 2013 г.

В течение года наименьшее количество землетрясений (26) произошло в мае, а наибольшее (65) в июне, связанное с сейсмической активностью на Кавказе, в Греции и Италии (рисунок 9.6). В 2013 г. отмечено на 42 землетрясения меньше, чем в 2012 г. (534) и больше (в 1,05 раза) среднего многолетнего значения (466,42) за 19 лет (1994–2012 гг.).

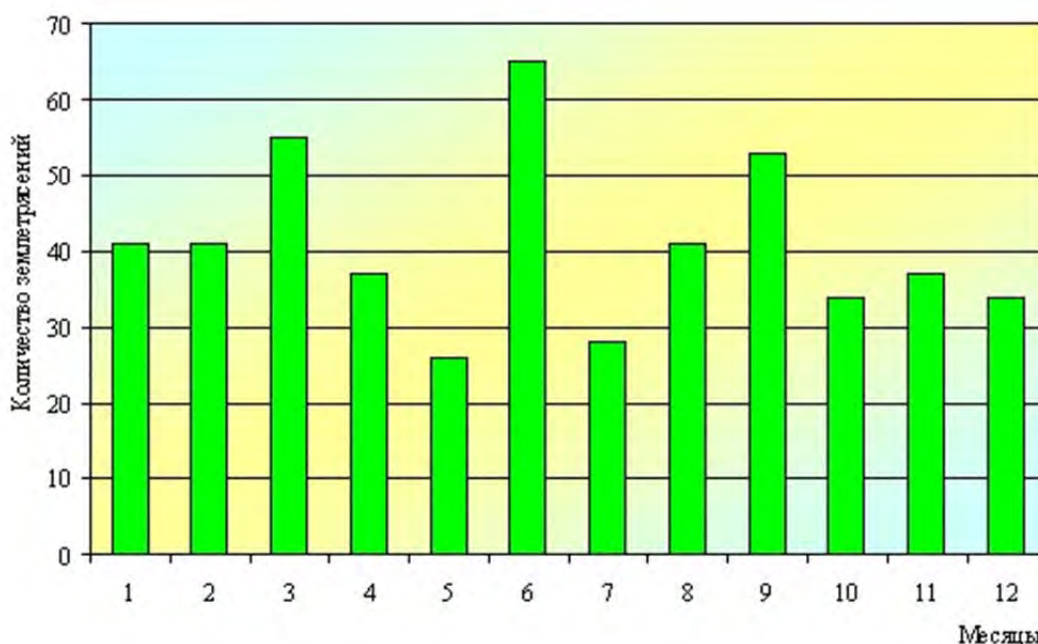


Рисунок 9.6 – Количество землетрясений на территории Европы с $M \geq 3.0$ в 2013 г.

Геомагнитные исследования, направленные на изучение векового хода составляющих магнитного поля Земли, проводят в Беларуси на геофизической обсерватории «Плещицы» феррозондовым магнитометром LEMI-022, который регистрирует изменения во времени горизонтальных – X и Y, вертикальной – Z составляющих в декартовой системе координат.

По данным вариационных наблюдений ежемесячно составляли обзор состояния геомагнитного поля, включающий таблицы среднечасовых и среднесуточных значений элементов геомагнитного поля (H, Z и D), таблицы возмущенности геомагнитного поля по трехчасовым интервалам значений 9-балльной шкалы K-индексов, описания магнитных бурь и их характеристик.

В результате анализа и обобщения геомагнитных данных за 2013 г. составлены таблицы трехчасовых значений K-индексов по H, D и Z компонентам геомагнитного поля. Проведено вычисление среднемесячных значений суммарных K-индексов. Распределение среднемесячных суммарных значений K-индексов в течение года проходило не равномерно (рисунок 9.7).

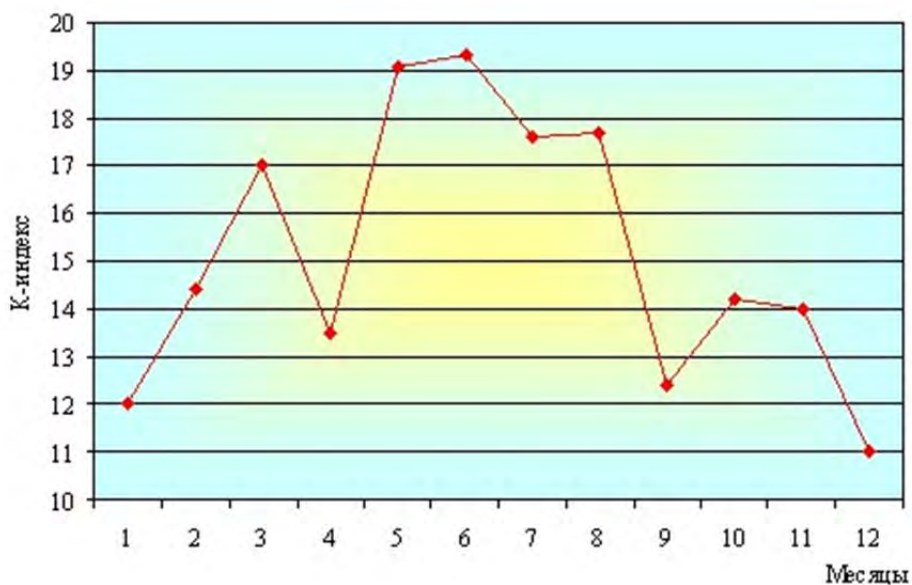


Рисунок 9.7 – Среднемесячные значения суммарных K-индексов в 2013 г.

Максимальное среднемесячное суммарное значение K -индексов отмечено в июне (19,3), а минимальное – в декабре (11,0). Среднегодовое значение (15,18) суммарных K -индексов за 2013 г. немного меньше (в 1,09 раза), чем в 2012 г. (16,63) и меньше (в 1,19 раза) среднего многолетнего значения (18,04) за 28 лет (1985–2012 гг.).

В течение года геомагнитной обсерваторией зарегистрирована и обработана 31 магнитная буря, из них 24 малые бури (М), 6 умеренных бурь (У) и 1 большая буря (Б) (таблица 9.1). Наибольшее количество магнитных бурь (5) произошло в августе, а минимальное – в ноябре (1). В 2013 г. отмечено на 2 геомагнитные бури меньше, чем в 2012 г. (33) и немного больше (в 0,99 раза) среднего многолетнего значения (30,68) за 28 лет (1985–2012 гг.).

Таблица 9.1 – Геомагнитные бури, зарегистрированные геомагнитной обсерваторией «Минск» (Плещеницы) в 2013 г.

№ бури	Время					Амплитуда за время бури, нТ			Активные периоды				Продолжительность, час	Характеристика
	начало			конец		D	H	Z	начало		конец			
	день	час	мин	день	час				день	час	день	час		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Январь</i>														
1	17	11		18	16	101	109	44	17	14	17	21	29	М
2	25	16		29	4	117	88	49	25	22	26	4	84	М
									26	13	27	4		
									28	18	29	3		
<i>Февраль</i>														
3	13	1		16	2	101	87	41	13	19	14	4	72	М
									14	9	14	23		
									15	17	15	23		
4	28	21		4.III	4	134	132	59	28	23	1.III	4	79	М
									1.III	8	2.III	5		
									2.III	15	3.III	1		
<i>Март</i>														
5	17	6	0	18	7	209	133	120	17	6	17	12	25	У
									17	14	17	23		
6	20	12		21	23	112	63	44	20	20	21	9	35	М
7	27	2		28	5	164	78	65	27	17	27	19	27	М
									27	22	28	2		
8	28	17		31	2	115	79	85	29	5	30	6	57	М
									30	18	30	23		
<i>Апрель</i>														
9	23	5		27	7	128	87	65	24	10	24	23	98	М
									25	9	25	20		
									26	9	27	1		
<i>Май</i>														
10	1	7		3	4	145	104	99	1	10	2	3	45	У
11	17	7		19	5	141	97	56	17	16	17	20	46	М
									18	1	18	7		
									18	19	19	3		
12	24	18	10	28	6	140	156	78	24	18	25	3	84	У
									25	10	26	7		
									26	14	26	23		
									27	12	28	5		
13	31	16	19	4.VI	23	91	178	139	1.VI	0	1.VI	15	103	У
									4.VI	0	4.VI	14		
<i>Июнь</i>														
14	6	12		8	14	103	161	97	6	12	7	13	51	У
15	19	10		24	3	97	104	42	20	16	21	6	112	М
									21	14	22	6		
									23	15	23	23		
16	24	12		25	9	87	117	60	24	14	24	21	21	М
17	27	14	39	1.VII	23	187	153	139	28	11	30	3	104	У

<i>Июль</i>														
18	9	14		13	9	99	125	85	10	0	11	0	91	М
									11	11	11	21		
19	13	16		16	22	124	91	94	14	10	15	6	79	М
									15	11	15	21		
20	18	7		20	7	106	120	51	18	11	18	21	48	М
									19	11	19	19		
<i>Август</i>														
21	4	9		6	15	86	101	61	4	15	5	05	53	М
22	14	17		17	8	92	119	59	14	19	15	6	64	М
									15	11	15	19		
									15	21	16	6		
									16	11	17	3		
23	21	3		24	4	98	100	57	21	19	22	4	73	М
									22	19	23	5		
24	27	12		29	1	134	73	45	27	13	28	4	37	М
25	30	9		2.IX	21	104	71	54	30	20	31	6	84	М
									31	22	1.IX	4		
<i>Сентябрь – Геомагнитные бури не зарегистрированы</i>														
<i>Октябрь</i>														
26	2	1	55	3	4	202	204	84	2	2	2	8	26	Б
									2	20	3	2		
27	8	20	22	10	18	129	106	90	8	20	9	5	46	М
									9	20	10	6		
28	14	3		15	17	112	74	64	14	12	15	5	38	М
									15	10	15	13		
<i>Ноябрь</i>														
29	9	2		11	22	87	101	49	9	2	9	15	69	М
									10	14	11	6		
									11	9	11	19		
<i>Декабрь</i>														
30	7	20		8	23	128	113	52	8	1	8	5	27	М
									8	15	8	21		
31	13	14		17	4	138	93	47	14	15	14	23	86	М

Обзор состояния геомагнитного поля Земли составлен по среднемесячным значениям элементов D, H, Z, T геомагнитного поля в 2013 г. На протяжении всего года отмечался рост значений элемента D с небольшим снижением в августе, сентябре и декабре (рисунок 9.8). Максимальное значение (482,8) элемента D отмечено в ноябре, а минимальное – в январе (475,6). Среднегодовое значение (480,1) элемента D больше (на 127,97) среднего многолетнего значения (352,13) за 53 года (1960–2012 гг.).

Распределение значений элемента H в течение года проходило не равномерно (рисунок 9.8). Снижение отмечено в марте, мае, августе, октябре–ноябре, а рост значений наблюдался в феврале, апреле, июне–июле, сентябре и декабре. Максимальное значение (17787) зафиксировано в апреле, а минимальное – в октябре–ноябре (17770). Среднегодовое значение (17779) элемента H меньше (на 45,47) среднего многолетнего значения (17824,47) за 53 года (1960–2012 гг.).

На протяжении всего года отмечался рост значений элемента Z с небольшим снижением в апреле, сентябре (рисунок 9.8). Максимальное значение (47827) отмечено в декабре, а минимальное – в январе (47783). Среднегодовое значение (47806) элемента Z больше (на 827,17) среднего многолетнего значения (46978,83) за 53 года (1960–2012 гг.).

В течение года увеличивалось значение элемента T (полный вектор напряженности магнитного поля Земли) с небольшим снижением в августе–октябре (рисунок 9.8). Максимальное значение (51023) отмечено в декабре, а минимальное – в январе (50984). Среднегодовое значение (51005) элемента T больше (на 758,06) среднего многолетнего значения (50246,94) за 53 года (1960–2012 гг.).

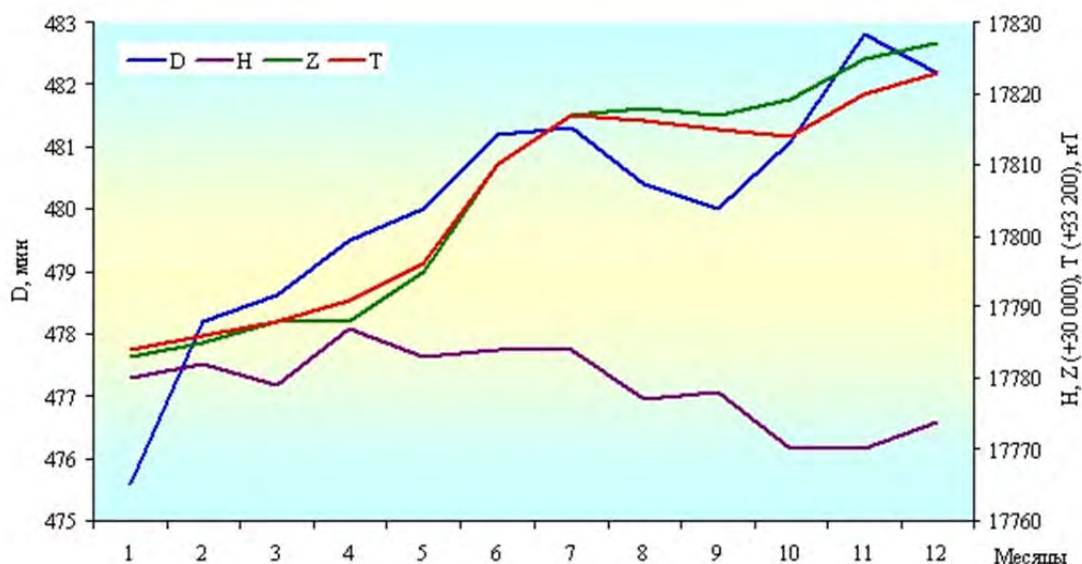


Рисунок 9.8 – Изменение среднемесячных значений элементов D, H, Z, T в 2013 г.

Вековой ход среднегодовых значений элементов геомагнитного поля Земли, определяемый по данным геомагнитной обсерватории «Минск», вычислен, как разность среднегодовых значений элементов геомагнитного поля между последующим и предыдущим годами (таблица 9.2).

Таблица 9.2 – Вековой ход среднегодовых значений элементов геомагнитного поля Земли между 2012-2011 годами

Элементы	2013 г.	2012 г.	Разность
по D	8°00.1'	7°52.0'	8.1'
по H	17779	17777	2
по Z	47806	47766	40
по T	51005	50966	39

Выводы. Исследованиями установлено, что уровень активности геомагнитного поля Земли в 2013 г. сопоставим с предыдущим годом.