

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.

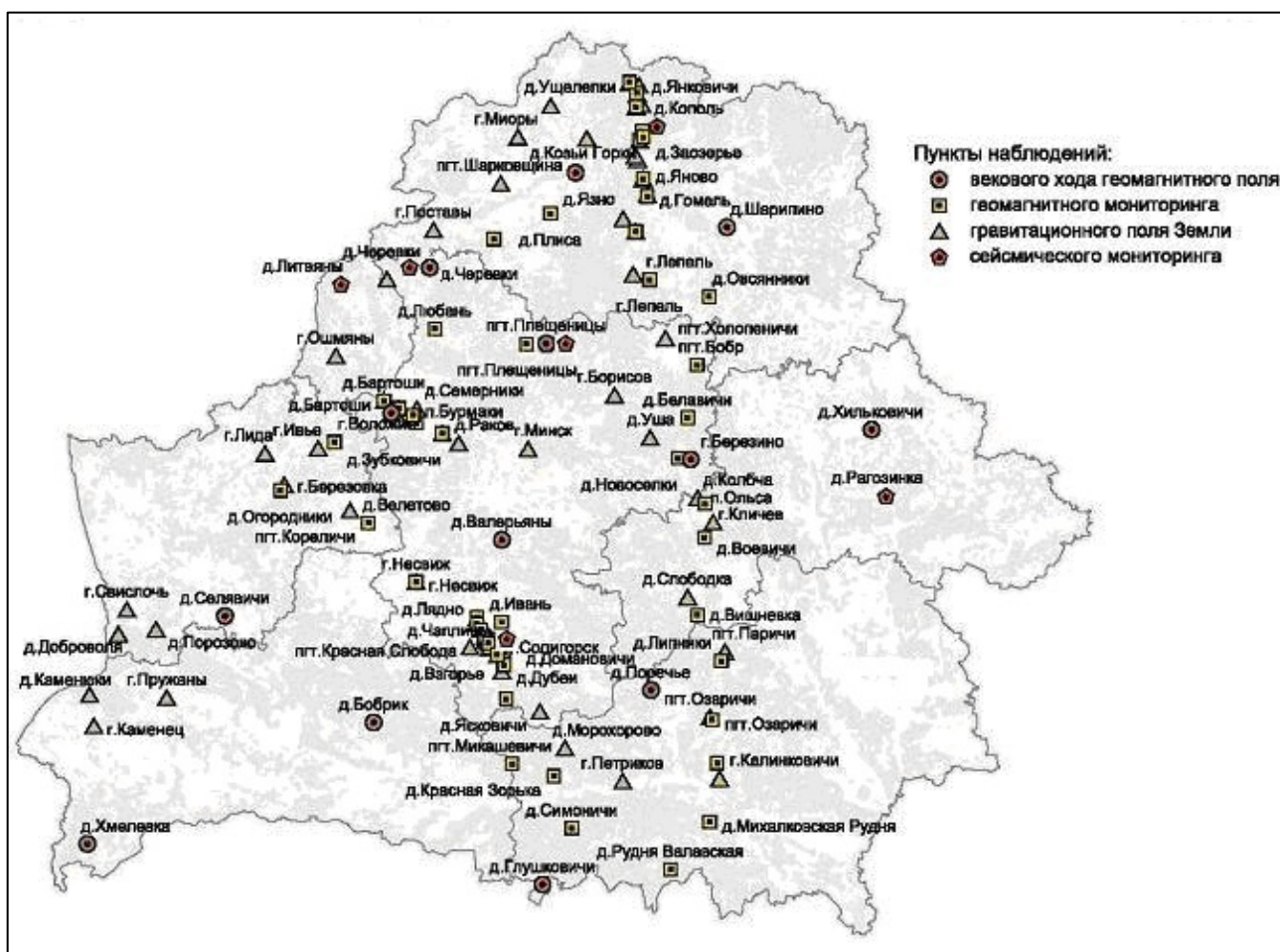


Рисунок 9.1 – Сеть пунктов наблюдений геофизического мониторинга (по состоянию на 01.01.2015 г.)

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 2014 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.

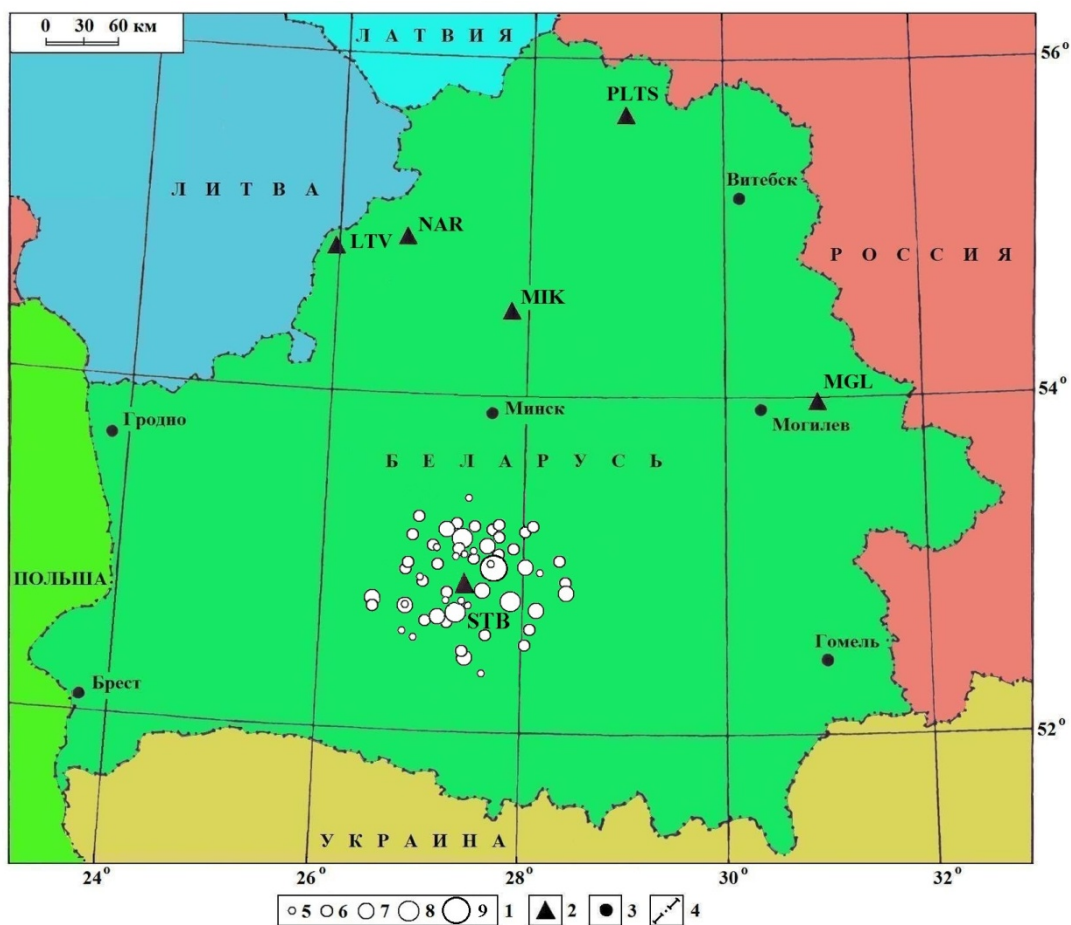
В 2014 г. сетью сейсмических станций зарегистрировано и обработано 1228 землетрясений в разных регионах Земли в широком диапазоне энергий и эпицентральных расстояний, из них 147 землетрясений с магнитудой $M \geq 6.0$, в том числе 11 событий с $M \geq 7.0$. Самое сильное землетрясение с магнитудой $M=8.0$ произошло 1 апреля (23^h46^m UTC) у побережья северного Чили.

В результате анализа и обобщения сейсмологических данных (бюллетени сейсмических станций Беларуси) составлен каталог землетрясений территории Беларуси за 2014 г., который содержит сведения о кинематических и динамических параметрах землетрясений и включает 59 сейсмических событий энергетического диапазона $K=4.6-8.8$ (этот диапазон характеризуется слабой сейсмической активностью с магнитудным потенциалом $M=0.3-2.7$). Согласно зафиксированным данным, землетрясение с наименьшим энергетическим классом произошло 3 марта в 04^h31^m , а с максимальным – 18 ноября в 00^h19^m . На рисунке 9.2 приведена карта эпицентров сейсмических событий, составленная на основе каталога землетрясений Беларуси за 2014 г. Размер окружностей на карте соответствует землетрясениям энергетических классов $K=5-9$. 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 2014 г. на территории Беларуси не зарегистрировано.

В 2014 г. наблюдалось повышение (в 2,49 раза) уровня выделившейся суммарной сейсмической энергии $\Sigma E=1,1477 \cdot 10^9$ Дж по сравнению с 2013 г. ($\Sigma E=0,4612 \cdot 10^9$ Дж). Зафиксированный уровень сейсмической энергии меньше (в 1,94 раза) среднего многолетнего значения $\Sigma E=2,2212 \cdot 10^9$ Дж за 31 год (1983–2013). Количество произошедших в 2014 г. сейсмических событий (59) больше (в 1,55 раза), чем 2013 г. (38), и меньше (в 1,41 раза) среднего многолетнего значения ($N_{\Sigma}=41,97$). Высвобождение энергии происходило не равномерно в течение года (рисунки 9.3). Максимальное выделение сейсмической энергии ($0,6359 \cdot 10^9$ Дж) наблюдалось в ноябре и было связано с произошедшим сейсмическим событием энергетического класса $K=8,8$, а минимальное значение ($0,0033 \cdot 10^9$ Дж) отмечено в феврале. Максимальное число произошедших сейсмических событий (8) зафиксировано в августе (диапазон энергетических классов $K=5,3-8,1$), а минимальное число событий (3) зарегистрировано в январе и сентябре.

На рисунке 9.4 показана частота реализации всех сейсмических событий за 2014 год в течение суток с периодами повышения числа событий в ночное время – 03^h и в дневное время – 19^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 2014 г. зарегистрировано 489 землетрясений с магнитудой $M \geq 3.0$, из них 45 событий с $M \geq 5.0$ (рисунок 9.5). Самое сильное землетрясение с магнитудой $M=6.9$ произошло 25 мая (09^h25^m) в Эгейском море. 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 (464) располагалась на глубине $h \leq 70$ км, остальные (25) формировались в диапазоне глубин 71–400 км.



1 – энергетический класс $K=5-9$; 2 – сейсмическая станция; 3 – город; 4 – государственная граница

Рисунок 9.2 – Карта эпицентров сейсмических событий территории Беларуси, 2014 г.

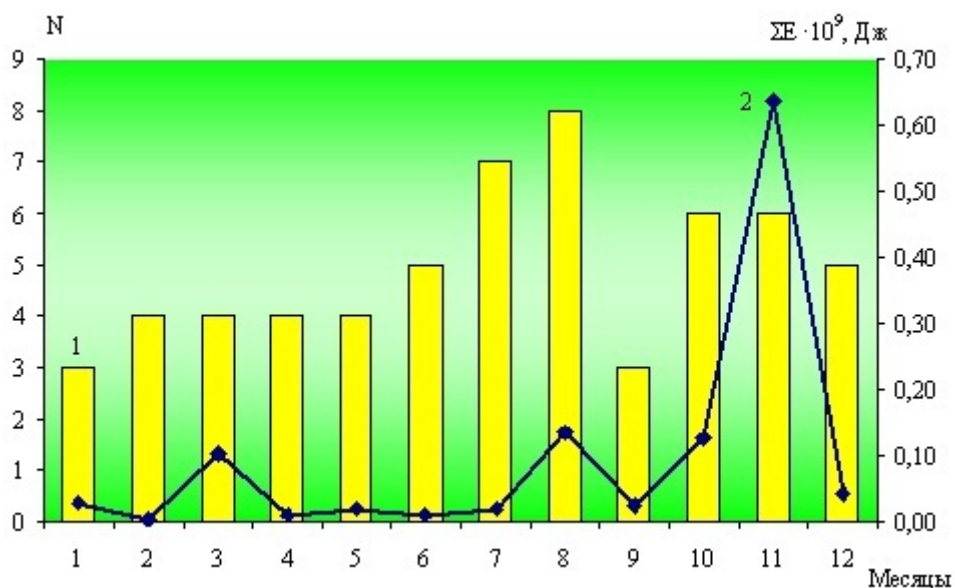


Рисунок 9.3 – Месячные значения числа сейсмических событий (1) и величины их суммарной сейсмической энергии (2) за 2014 г.

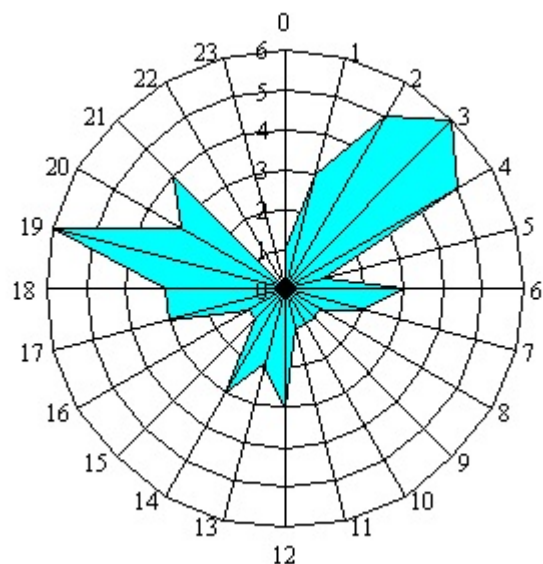


Рисунок 9.4 – Распределение сейсмических событий 2014 г. по часам суток

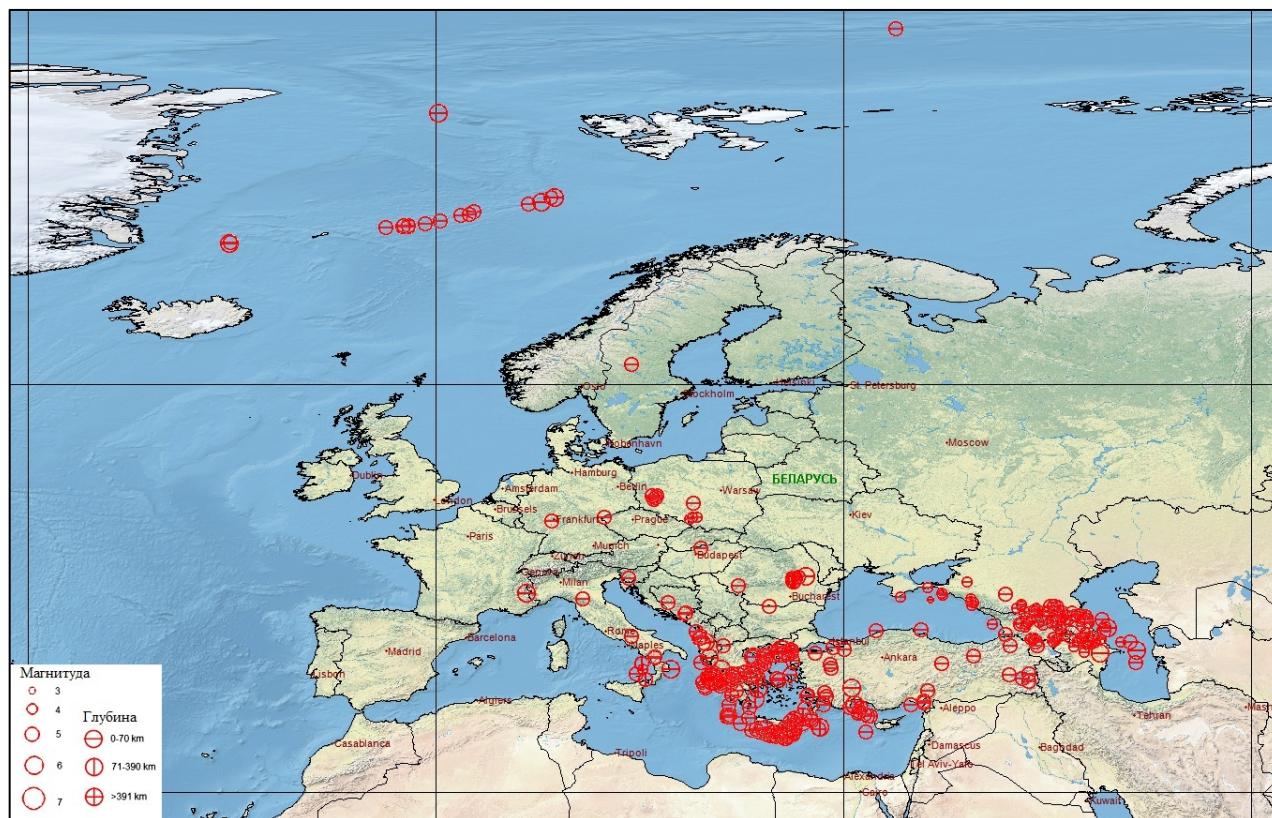


Рисунок 9.5 – Карта эпицентров землетрясений Европы и смежных областей с $M \geq 3.0$ за 2014 г.

В течение года наименьшее количество землетрясений (26) произошло в июле, а наибольшее (55) в марте, связанное с сейсмической активностью в Польше, Румынии, Греции, Турции и на Кавказе (рисунок 9.6). В 2014 г. отмечено на 3 землетрясения меньше, чем в 2013 г. (492) и больше (в 1,04 раза) среднего многолетнего значения (471,50) за 20 лет (1994–2013 гг.).

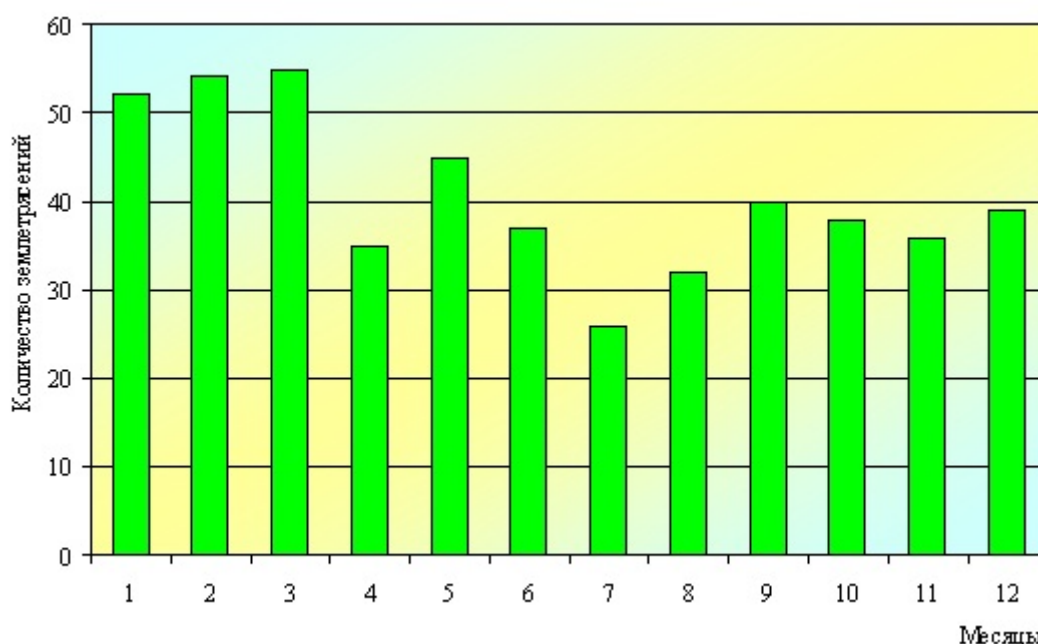


Рисунок 9.6 – Количество землетрясений на территории Европы с $M \geq 3.0$ в 2014 г.

Геомагнитные исследования, направленные на изучение векового хода составляющих магнитного поля Земли, проводят в Беларуси на геофизической обсерватории «Плещеницы» 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 2014 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).

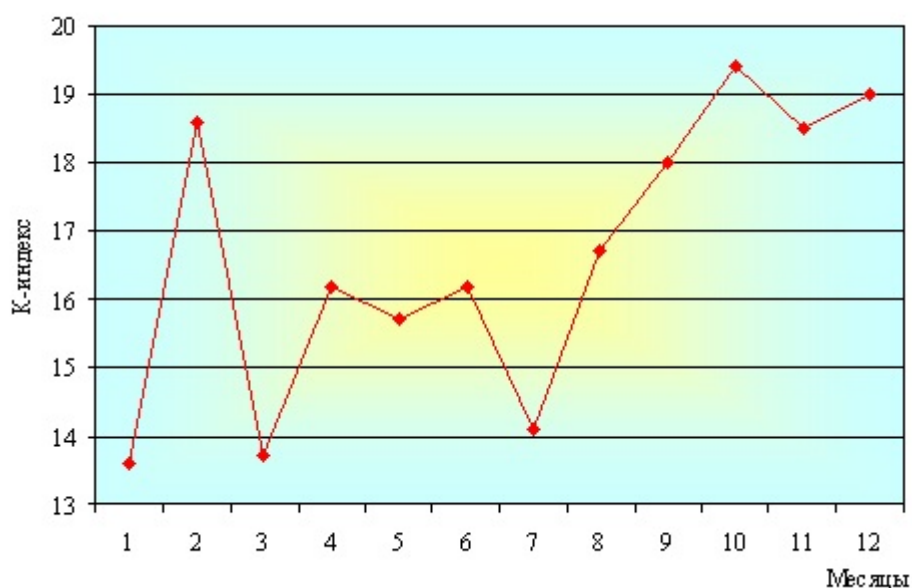


Рисунок 9.7 – Среднемесячные значения суммарных K-индексов в 2014 г.

Максимальное среднемесячное суммарное значение K -индексов отмечено в октябре (19,4), а минимальное – в январе (13,6). Среднегодовое значение (16,64) суммарных K -индексов за 2014 г. немного больше (в 1,1 раза), чем в 2013 г. (15,18) и меньше (в 1,08 раза) среднего многолетнего значения (17,93) за 29 лет (1985–2013 гг.).

В течение года геомагнитной обсерваторией зарегистрированы и обработаны 28 магнитных бурь, из них 24 малые бури (М) и 4 умеренные бури (У) (таблица 9.1). Наибольшее количество магнитных бурь (6) произошло в феврале, а минимальное – в январе и июне (1), в марте и июле геомагнитные бури не зарегистрированы. В 2014 г. отмечено на 3 геомагнитные бури меньше, чем в 2013 г. (31) и немного меньше (в 1,1 раза) среднего многолетнего значения (30,69) за 29 лет (1985–2013 гг.).

Таблица 9.1 – Геомагнитные бури, зарегистрированные геомагнитной обсерваторией «Минск» (Плещеницы) в 2014 г.

№ бури	Время					Амплитуда за время бури, нТ			Активные периоды				Продолжительность, час	Характеристика
	начало			конец					начало		конец			
	день	час	мин	день	час	D	H	Z	день	час	день	час		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Январь</i>														
1	1	4		3	4	121	107	43	1	10	2	00	48	М
									2	15	2	21		
<i>Февраль</i>														
2	7	17	07	11	14	115	81	44	7	22	8	9	83	М
									8	15	9	4		
									9	13	10	3		
									10	18	11	00		
3	15	13	19	17	2	159	94	75	15	22	16	4	36	М
									16	15	16	22		
4	18	7		20	2	155	117	79	19	00	19	9	42	М
									19	12	19	15		
5	20	3	21	23	4	167	94	60	20	3	20	8	73	М
									20	10	21	00		
6	23	7		24	21	120	108	42	23	15	24	01	38	М
7	27	17		28	5	191	106	99	27	19	27	23	12	У
<i>Март – Геомагнитные бури не зарегистрированы</i>														
<i>Апрель</i>														
8	11	15		14	5	113	81	84	11	23	12	8	61	М
									12	20	13	7		
9	20	10	56	21	23	171	114	60	20	11	20	20	36	М
10	29	21		1	7	146	92	72	30	12	30	20	34	М
<i>Май</i>														
11	3	17	45	6	1	99	79	39	3	18	4	17	55	М
12	23	14		24	2	79	81	57	23	17	23	23	12	М
<i>Июнь</i>														
13	7	16	56	9	1	138	157	45	8	4	8	9	32	У
<i>Июль – Геомагнитные бури не зарегистрированы</i>														
<i>Август</i>														
14	19	7		20	5	128	98	32	19	14	20	1	22	М
15	26	15	17	31	0	129	84	99	27	6	28	3	104	М
									28	13	29	5		

									29	10	30	6		
16	31	3		3	18	87	96	51	31	18	1	4	87	М
<i>Сентябрь</i>														
17	11	23	51	14	17	173	138	72	11	24	12	5	66	У
									12	16	13	3		
									13	6	13	8		
18	18	17		20	19	112	62	41	18	19	19	21	50	М
19	23	17		28	3	98	99	58	23	20	24	6	106	М
									24	6	26	2		
									25	17	26	6		
									26	6	27	9		
<i>Октябрь</i>														
20	14	11		15	10	135	103	68	14	16	14	20	23	М
									14	22	15	3		
21	16	2		24	5	115	118	57	16	21	17	1	195	М
									17	19	18	8		
									18	14	19	8		
									20	8	21	2		
									22	13	22	21		
<i>Ноябрь</i>														
22	4	6		6	1	149	163	55	4	13	4	23	43	У
									9	17	10	5		
									10	8	10	23		
									11	21	12	1		
23	9	14		12	9	123	118	69	9	17	10	4	67	М
									10	8	10	23		
									11	22	12	2		
24	13	24		17	3	89	109	51	14	18	15	2	75	М
									15	19	16	7		
									16	13	16	23		
<i>Декабрь</i>														
25	6	6		8	5	112	114	48	6	19	7	3	47	М
									7	11	8	2		
26	11	14		14	7	94	110	48	12	12	13	2	65	М
									13	20	14	1		
27	21	1		22	14	84	110	65	21	17	22	6	37	М
28	29	6		31	5	120	111	62	29	15	30	0	47	М

Обзор состояния геомагнитного поля Земли составлен по среднемесячным значениям элементов D, H, Z, T геомагнитного поля в 2014 г. На протяжении всего года отмечался рост значений элемента D (угловая составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в марте и июле (рисунок 9.8). Максимальное значение (490,6) элемента D отмечено в декабре, а минимальное – в январе (483,9). Среднегодовое значение (487,5) элемента D больше (на 133,0) среднего многолетнего значения (354,5) за 54 года (1960–2013 гг.).

Распределение значений элемента H (горизонтальная составляющая магнитного поля) в течение года проходило не равномерно (рисунок 9.8). Снижение отмечено в феврале, апреле, августе–октябре, а рост значений наблюдался в марте, июне–июле. Максимальное значение (17789) зафиксировано в июле, а минимальное – в феврале (17771). Среднегодовое значение (17780) элемента H меньше (на 43,63) среднего многолетнего значения (17823,63) за 54 года (1960–2013 гг.).

На протяжении всего года отмечался рост значений элемента Z (вертикальная составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в мае, августе (рисунок 9.8). Максимальное значение (47868) отмечено в декабре, а минимальное – в январе (47829). Среднегодовое значение (47844) элемента Z больше (на 849,85) среднего многолетнего значения (46994,15) за 54 года (1960–2013 гг.).

В течение года увеличивалось значение элемента T (полный вектор напряженности магнитного поля Земли) с небольшим снижением в августе (рисунок 9.8). Максимальное значение (51062) отмечено в декабре, а минимальное – в январе (51025). Среднегодовое значение (51041) элемента T больше (на 780,02) среднего многолетнего значения (50260,98) за 54 года (1960–2013 гг.).

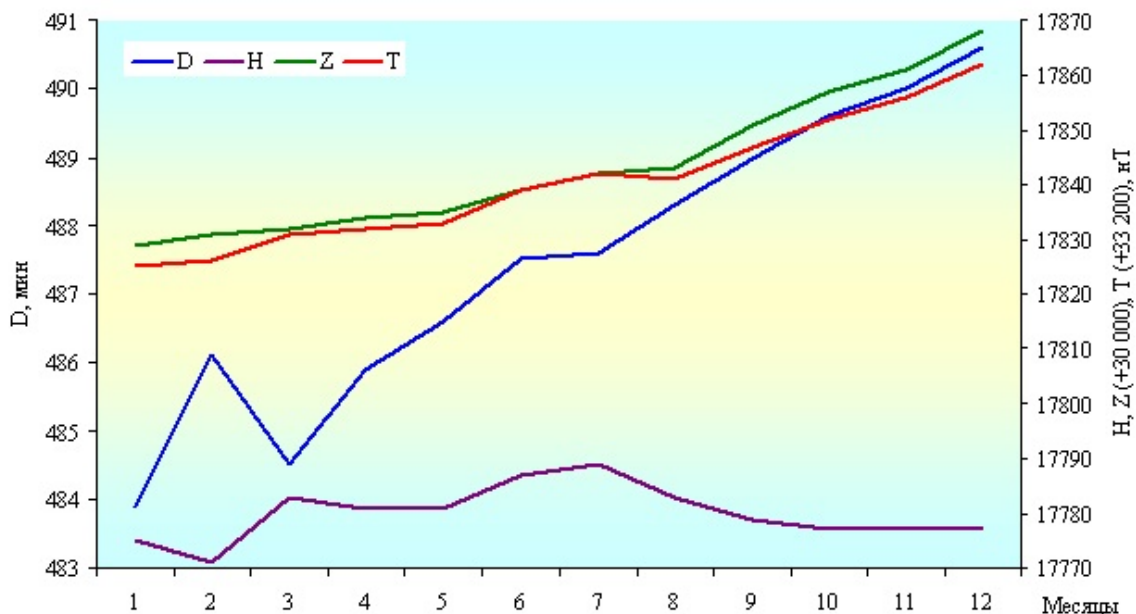


Рисунок 9.8 – Изменение среднемесячных значений элементов D, H, Z, T в 2014 г.

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	2014 г.	2013 г.	Разность
по D	8°07.5'	8°00.1'	7.4'
по H	17780	17779	1
по Z	47844	47806	38
по T	51041	51005	36

Выводы. Исследованиями установлено, что уровень активности геомагнитного поля Земли в 2014 г. сопоставим с предыдущим годом.