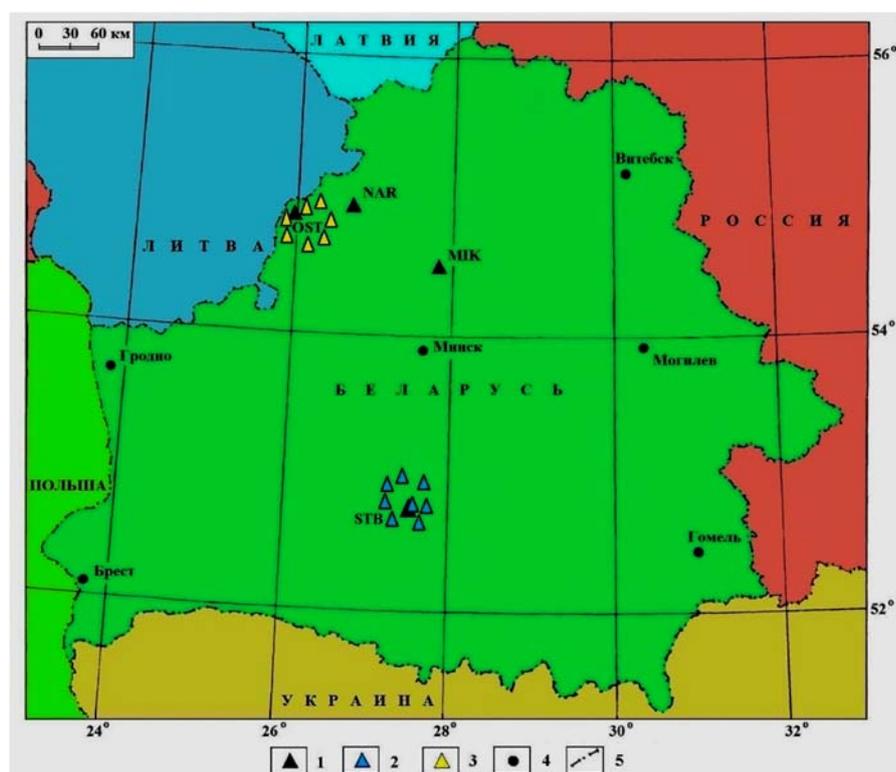


## 9. ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

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.



1 – пункты наблюдений: геофизические обсерватории: «Плещеницы» – МИК, «Нарочь» – NAR; сейсмические станции: «Могилев» – MGL, «Островец» – OST, «Старобин» – STB; 2 – Солигорская локальная сейсмическая сеть; 3 – Островецкая локальная сейсмическая сеть; 4 – город; 5 – государственная граница

Рисунок 9.1 – Сеть пунктов наблюдений геофизического мониторинга (по состоянию на 31.12.2015 г.)

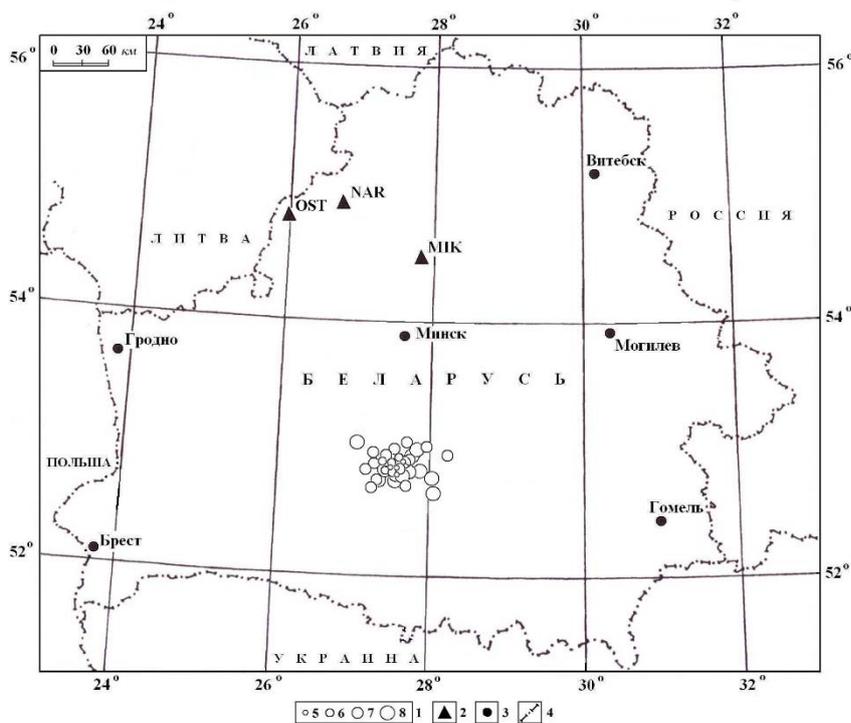
**Сейсмологические исследования** позволяют изучать причины происхождения очагов землетрясений и определять их кинематические и динамические параметры, а также оценивать степень сейсмических воздействий, их опасность и риск для народно-хозяйственных объектов; создавать системы наблюдений и разрабатывать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

В 2015 г. сейсмологические наблюдения проведены Центром геофизического мониторинга НАН Беларуси в непрерывном режиме с использованием автоматизированных систем на геофизических обсерваториях «Плещеницы», «Нарочь», на региональной сейсмической станции «Островец» и на двух локальных сетях сейсмических станций: первая в Солигорском районе (восемь сейсмических станций: «Волаты», «Тесово», «Устронь», «Чижовка», «Капацевичи», «Новый луг», «Махновичи», «Листопадовичи» и центральная станция «Старобин»); вторая

в Островецком районе (семь сейсмических станций: «Бояры», «Градовщица», «Вадатишки», «Селище», «Горная Каймина», «Воробьи», «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 2015 г. сетью сейсмических станций зарегистрировано и обработано 2664 землетрясения в разных регионах Земли в широком диапазоне энергий и эпицентральных расстояний, из них 160 землетрясений с магнитудой  $M \geq 6,0$ , в том числе 16 событий с  $M \geq 7,0$ . Самое сильное землетрясение с магнитудой  $M=8,3$  произошло 16 сентября ( $22^{\text{h}}54^{\text{m}}$  UTC) у побережья центрального Чили.

В результате анализа и обобщения сейсмологических данных (бюллетени сейсмических станций Беларуси) составлен каталог землетрясений территории Беларуси за 2015 г., который содержит сведения о кинематических и динамических параметрах землетрясений и включает 81 сейсмическое событие энергетического диапазона  $K=4,6-8,4$  (этот диапазон характеризуется слабой сейсмической активностью с магнитудным потенциалом  $M=0,3-2,4$ ). Согласно зафиксированным данным, землетрясение с наименьшим энергетическим классом произошло 7 августа ( $21^{\text{h}}07^{\text{m}}$ ), а с максимальным – 13 августа ( $01^{\text{h}}45^{\text{m}}$ ). На рисунке 9.2 приведена карта эпицентров сейсмических событий, составленная на основе каталога землетрясений Беларуси за 2015 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 2015 году на территории Беларуси не зарегистрировано.



1 – энергетический класс  $K=5-8$ ; 2 – сейсмическая станция; 3 – город; 4 – государственная граница  
Рисунок 9.2 – Карта эпицентров землетрясений территории Беларуси, 2015 г.

В 2015 г. наблюдалось повышение (в 1,06 раза) уровня выделившейся суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E=1,2165 \cdot 10^9$  Дж по сравнению с 2014 г. ( $\Sigma E=1,1477 \cdot 10^9$  Дж). Зафиксированный уровень сейсмической энергии меньше (в 1,80 раза) среднего многолетнего значения  $\Sigma E=2,1876 \cdot 10^9$  Дж за 32 года (1983–2014). Количество произошедших в 2015 г. сейсмических событий (81) больше (в 1,37 раза), чем 2014 г. (59), и больше (в 1,91 раза) среднего многолетнего значения ( $N_{\Sigma}=42,50$ ). Высвобождение энергии происходило неравномерно в течение года (рисунок 9.3). Максимальное выделение сейсмической энергии ( $0,3371 \cdot 10^9$  Дж) наблюдалось в августе и было связано с произошедшими сейсмическими событиями энергетического класса  $K=8,4$  и  $K=7,7$ , а минимальное значение ( $0,0228 \cdot 10^9$  Дж) отмечено в октябре. Максимальное число произошедших сейсмических событий (12) зафиксировано в июле (диапазон энергетических классов  $K=5,8-7,6$ ), а минимальное число событий (3) отмечено в мае.

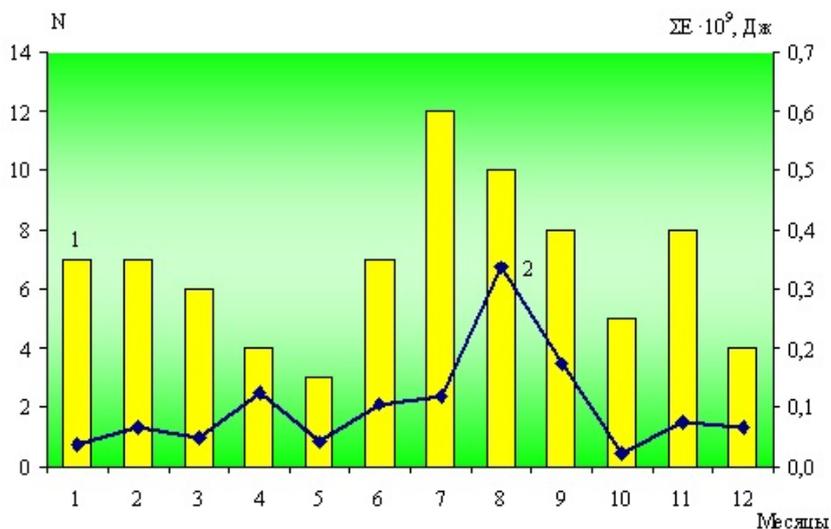


Рисунок 9.3 – Месячные значения числа сейсмических событий (1) и величины их суммарной сейсмической энергии (2) за 2015 г.

На рисунке 9.4 показана частота реализации всех сейсмических событий за 2015 год в течение суток с периодами повышения числа событий в ночное время – 02<sup>h</sup> и 21<sup>h</sup>, в дневное время – 08<sup>h</sup> и 19<sup>h</sup>. Анализ часты реализации сейсмических событий в разные годы не выявил четкого проявления максимумов числа событий в определенное время суток.

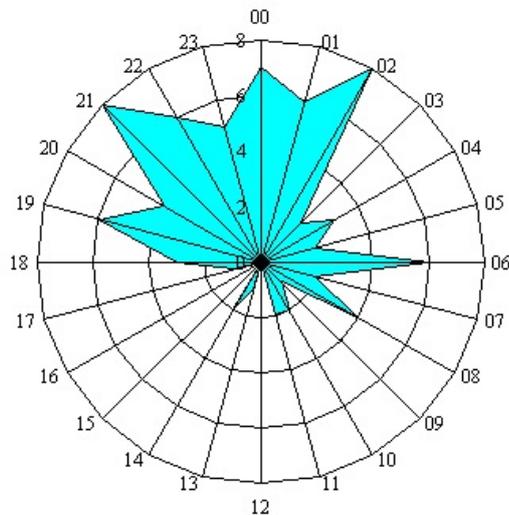


Рисунок 9.4 – Распределение сейсмических событий 2015 г. по часам суток

На территории Европы и смежных областях в 2015 г. зарегистрировано 1439 землетрясений с магнитудой  $M \geq 3,0$ , из них 43 события с  $M \geq 5,0$  (рисунок 9.5). Самое сильное землетрясение с магнитудой  $M=6,5$  произошло 17 ноября ( $07^h 10^m$ ) 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 (1187) располагалась на глубине  $h \leq 70$  км, в интервале глубин 71–390 км (143) и на глубине  $\geq 391$  км (2) в зонах субдукции.

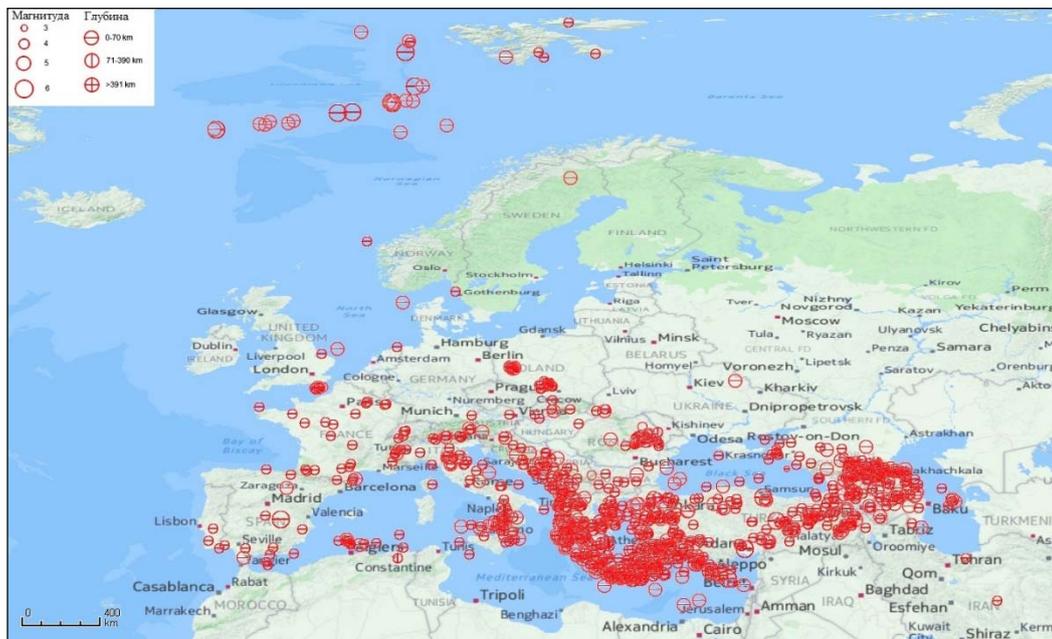


Рисунок 9.5 – Карта эпицентров землетрясений Европы и смежных областей с магнитудой  $M \geq 3,0$  за 2015 г.

В течение года наименьшее количество землетрясений (55) произошло в январе, а наибольшее (210) в ноябре, связанное с сейсмической активностью в Греции, Турции и на Кавказе (рисунок 9.6). В 2015 г. отмечено на 950 землетрясений больше, чем в 2014 г. (489) и больше (в 3,05 раза) среднего многолетнего значения (472,33) за 21 год (1994–2014 гг.).

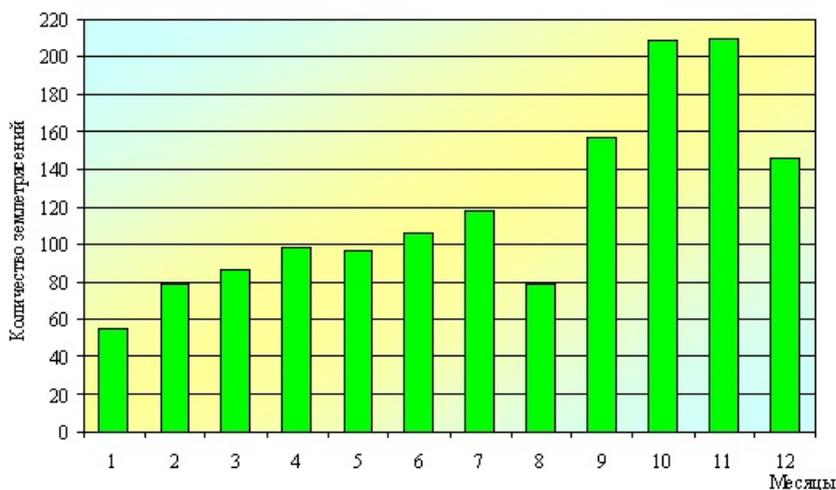


Рисунок 9.6 – Количество землетрясений на территории Европы с  $M \geq 3.0$  в 2015 г.

**Геомагнитные исследования**, направленные на изучение векового хода составляющих магнитного поля Земли, проводятся 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 составлялся 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 2015 г. составлены таблицы трехчасовых значений K-индексов по H, D и Z компонентам геомагнитного поля. Проведено вычисление среднemesячных значений суммарных K-индексов. Распределение среднemesячных суммарных значений K-индексов в течение года проходило неравномерно (рисунок 9.7). Максимальное среднemesячное суммарное значение K-индексов отмечено в июне (21,3), а минимальное – в феврале (16,8). Среднегодовое значение (19,23) суммарных K-индексов за 2015 г. немного больше (в 1,16 раза), чем в 2014 г. (16,64) и больше (в 1,07 раза) среднего многолетнего значения (17,90) за 30 лет (1985–2014 гг.).

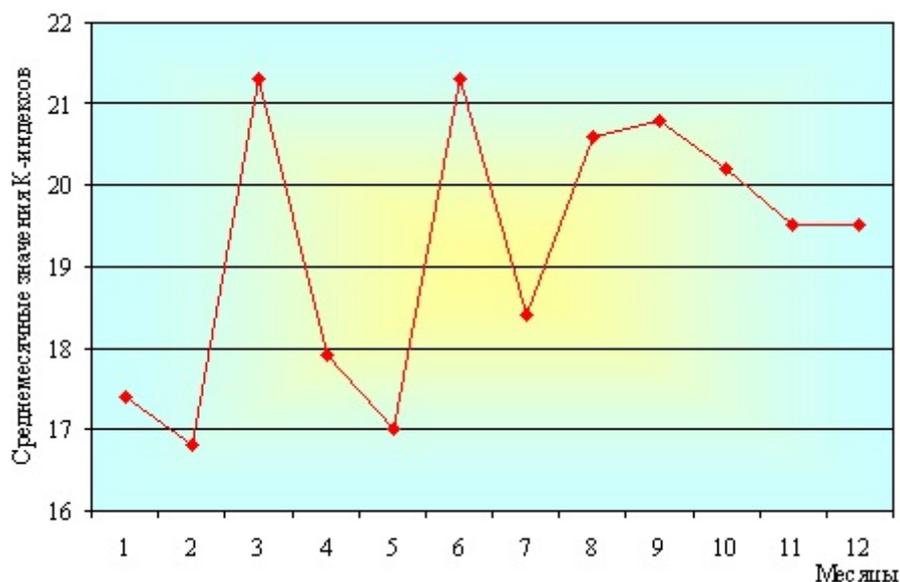


Рисунок 9.7 – График изменения среднemesячных значений суммарных K-индексов в 2015 г.

В течение года геомагнитной обсерваторией зарегистрированы и обработаны 54 магнитные бури, из них 39 малые бури (М) и 10 умеренные бури (У), 3 большие бури (Б) и 2 очень большие (ОБ) (таблица 9.1). Наибольшее количество магнитных бурь (7) произошло в октябре, а минимальное – в марте (2). В 2015 г. отмечено на 26 геомагнитных бурь больше, чем в 2014 г. (28) и больше (в 1,77 раза) среднего многолетнего значения (30,60) за 30 лет (1985–2014 гг.).

Обзор состояния геомагнитного поля Земли составлен по среднemesячным значениям элементов D, H, Z, T геомагнитного поля в 2015 г. На протяжении всего года отмечался рост значений элемента D (угловая составляющая магнитного поля Земли) с небольшим снижением в апреле (рисунок 9.8). Максимальное значение (500,1) элемента D отмечено в декабре, а минимальное – в январе (490,7). Среднегодовое значение (495,2) элемента D больше (на 138,3) среднего многолетнего значения (356,9) за 55 лет (1960–2014 гг.).

Таблица 9.1 – Геомагнитные бури, зарегистрированные геомагнитной обсерваторией «Минск» (Плещеницы) в 2015 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	2	15		3	21	113	63	52	2	18	3	3	30	М
2	4	2		6	23	116	101	88	4	12	5	4	69	М
3	7	6	15	10	22	148	123	90	7	6	7	18	88	У
<i>Февраль</i>														
4	2	1	25	5	0	93	92	48	2	15	2	21	70	М
									3	17	3	23		
5	16	19	26	19	1	140	79	55	17	17	18	3	53	М
	23	5		25	2	119	93	78	23	16	24	07		
6	28	11		3	0	149	81	52	28	20	1	6	61	М
									1	20	2	5		
<i>Март</i>														
7	17	4	47	21	14	603	273	564	17	12	18	3	105	ОБ
									18	14	19	2		
									19	20	20	4		
									20	18	21	2		
8	23	0	30	24	3	86	95	44	23	2	23	16	26	М
									23	21	24	0		
<i>Апрель</i>														
9	9	10		11	23	116	101	94	10	0	10	7	61	М
									10	17	11	8		
									11	10	11	20		
10	14	12		15	3	128	65	70	14	15	15	0	15	М
11	15	10		16	8	170	138	87	15	11	15	22	22	У
12	16	7		18	0	180	104	103	16	15	17	2	40	У
13	20	14		23	1	105	80	56	20	18	21	6	59	М
									21	9	21	23		
									22	8	23	0		
<i>Май</i>														
14	6	1	42	7	4	146	101	73	6	10	6	19	26	М
15	10	20		12	22	93	100	70	11	0	11	7	50	М
16	12	17		14	15	117	166	90	13	0	13	8	46	М
									13	11	14	0		
17	18	19		20	0	103	69	61	18	19	19	4	29	М
<i>Июнь</i>														
18	7	13		10	1	170	130	74	8	6	8	19	59	У
									9	13	9	20		
19	13	22		15	4	87	108	42	13	23	14	3	30	М
20	15	8		16	5	78	84	50	15	13	15	18	21	М
21	17	6		17	21	56	94	50	17	11	17	17	15	М
22	22	3		24	23	196	420	315	22	19	23	15	68	ОБ
23	25	4		26	5	126	128	90	25	7	25	18	25	М
<i>Июль</i>														
24	4	12		6	0	124	118	59	4	19	5	5	36	М
25	10	16		12	8	68	115	54	10	22	11	8	40	М
26	13	1		14	3	103	123	78	13	18	13	21	26	М
27	22	24		24	9	71	113	41	22	23	23	10	33	М
<i>Август</i>														
28	7	6		7	22	75	89	70	7	14	7	16	16	М
29	15	8	30	18	8	122	140	92	15	11	16	9	71	У
									16	17	17	4		
									17	6	17	22		
30	18	19		21	17	83	92	64	19	0	19	22	70	М

31	23	2		24	4	85	111	56	23	8	23	21	26	М
32	25	16		29	6	214	123	159	26	9	27	8	87	Б
									27	10	28	3		
									28	11	29	3		
<i>Сентябрь</i>														
33	5	7		7	4	131	103	31	5	15	5	19	45	М
									6	9	6	22		
34	7	5		8	11	152	131	193	7	13	8	4	30	У
35	11	7	39	12	22	212	178	131	11	8	11	16	39	У
36	16	11	55	17	17	102	72	40	16	17	17	2	29	М
37	20	4	38	21	7	150	123	61	20	7	20	17	26	М
<i>Октябрь</i>														
38	4	0		6	4	111	104	57	4	20	5	02	52	М
									5	9	5	21		
39	6	12		7	5	113	74	50	6	19	7	0	16	М
40	7	11		9	4	198	174	204	7	14	8	0	41	Б
									8	11	8	23		
41	9	9		10	10	92	119	68	9	12	10	0	25	М
42	12	12		13	5	132	90	44	12	17	12	23	18	М
43	13	14		15	3	131	115	56	13	15	14	1	37	М
44	18	0		19	1	74	101	46	18	8	18	19	23	М
<i>Ноябрь</i>														
45	3	2		5	1	192	114	81	3	17	3	22	47	М
									4	4	4	15		
46	6	18	17	7	23	201	117	75	7	2	7	8	29	М
47	8	11		9	6	108	87	53	8	18	9	1	18	М
48	9	6		12	2	142	140	86	9	16	10	0	68	У
									10	11	10	23		
									11	13	11	22		
49	18	14		19	13	124	99	53	18	20	19	1	23	М
<i>Декабрь</i>														
50	6	10		8	15	109	106	46	6	11	7	1	53	М
									7	10	7	21		
51	10	10		13	7	149	77	49	10	14	11	1	69	М
52	14	12		16	10	125	138	118	14	15	15	3	45	У
53	19	16	19	22	6	275	231	352	20	12	21	6	62	Б
54	31	0	51	1	16	225	134	118	31	20	1	2	39	У

Распределение значений элемента Н (горизонтальная составляющая магнитного поля) в течение года проходило неравномерно (рисунок 9.8). Снижение отмечено в марте, августе, октябре и декабре, а рост значений наблюдался в феврале, апреле–мае, сентябре и ноябре. Максимальное значение (17800) зафиксировано в мае, а минимальное – в январе (17781). Среднегодовое значение (17790) элемента Н меньше (на 32,84) среднего многолетнего значения (17822,84) за 55 лет (1960–2014 гг.).

На протяжении всего года отмечался рост значений элемента Z (вертикальная составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в феврале и апреле (рисунок 9.8). Максимальное значение (47910) отмечено в декабре, а минимальное – в феврале (47868). Среднегодовое значение (47888) элемента Z больше (на 878,40) среднего многолетнего значения (47009,60) за 55 лет (1960–2014 гг.).

В течение года увеличивалось значение элемента Т (полный вектор напряженности магнитного поля Земли) с небольшим снижением в декабре (рисунок 9.8). Максимальное значение (51105) отмечено в ноябре, а минимальное – в январе–феврале (51066). Среднегодовое значение (51086) элемента Т больше (на 810,84) среднего многолетнего значения (50275,16) за 55 лет (1960–2014 гг.).

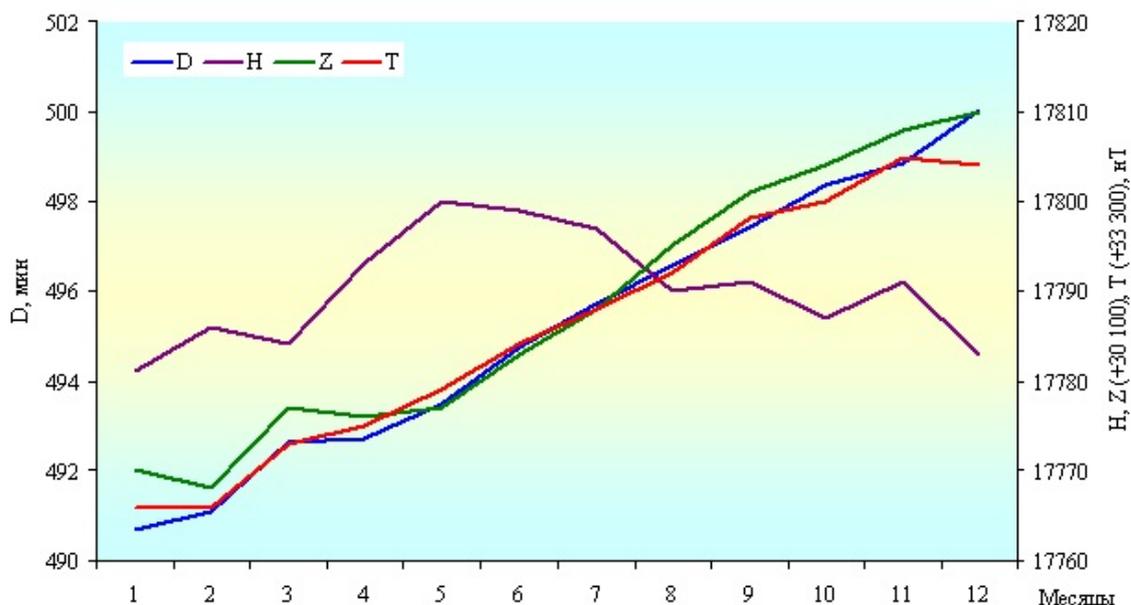


Рисунок 9.8 – График изменения среднемесячных значений элементов D, H, Z, T в 2015 г.

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 2015–2014 годами

Элементы	2015 г.	2014 г.	Разность
по D	8°15.2'	8°07.5'	7.7'
по H	17790	17780	10
по Z	47888	47844	44
по T	51086	51040	46

**Выводы.** Анализ сейсмичности территории Беларуси и сопредельных стран показал, что уровень сейсмической активности в 2015 г. возрос по отношению к предыдущему году.

Исследованиями установлено, что уровень активности геомагнитного поля Земли в 2015 г. был выше, чем в 2014 г. и отличается повышенной магнитной активностью к предыдущим годам.