

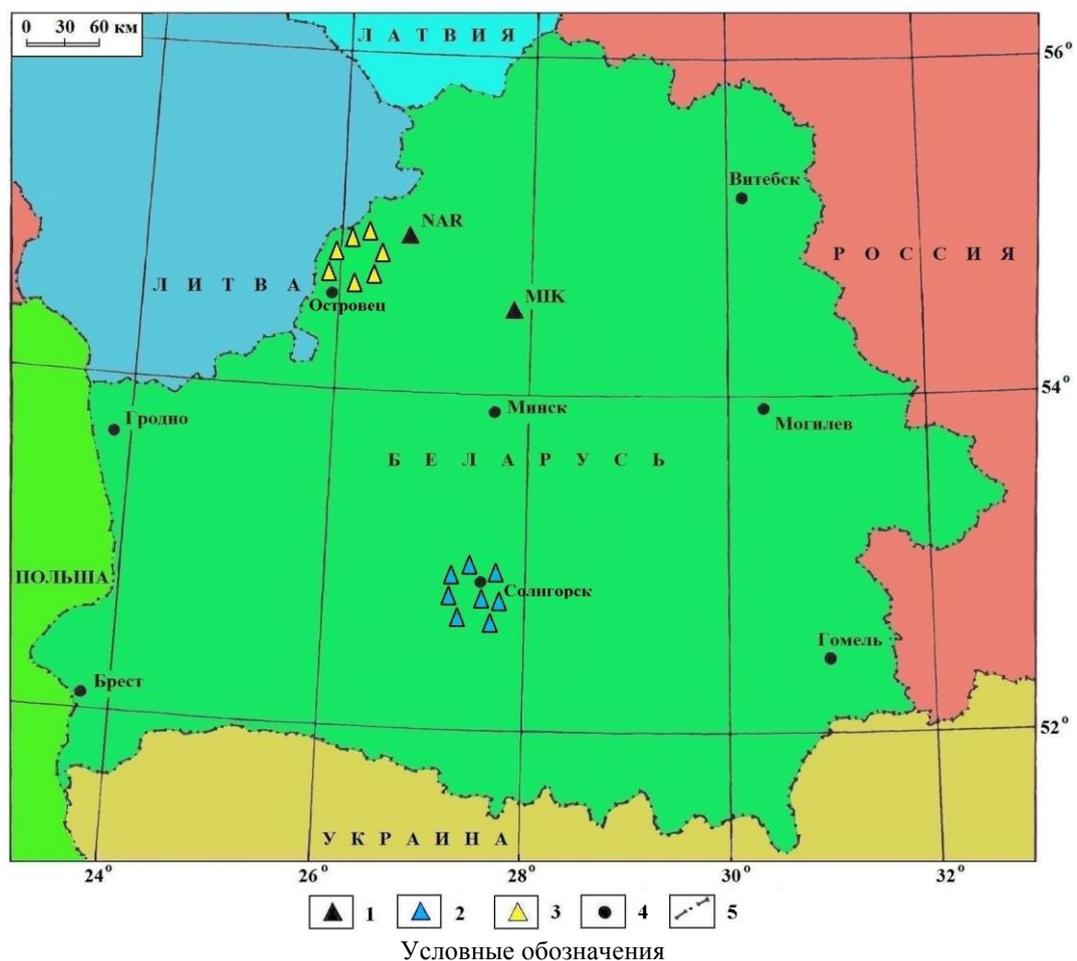
9. ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Геофизический мониторинг представляет собой систему наблюдений за сейсмичностью, геофизическими и геодинамическими процессами. Объектами наблюдений геофизического мониторинга являются сейсмические события природного и техногенного происхождения, геомагнитные и гравитационные поля [19-20].

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:

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» – МПК, «Нарочь» – NAR; 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 31.12.2017)

Сейсмологические исследования позволяют изучать причины происхождения очагов землетрясений и определять их кинематические и динамические параметры, а также оцени-

вать степень сейсмических воздействий, их опасность и риск для хозяйственных объектов; создавать системы наблюдений и разрабатывать методы предсказания землетрясений.

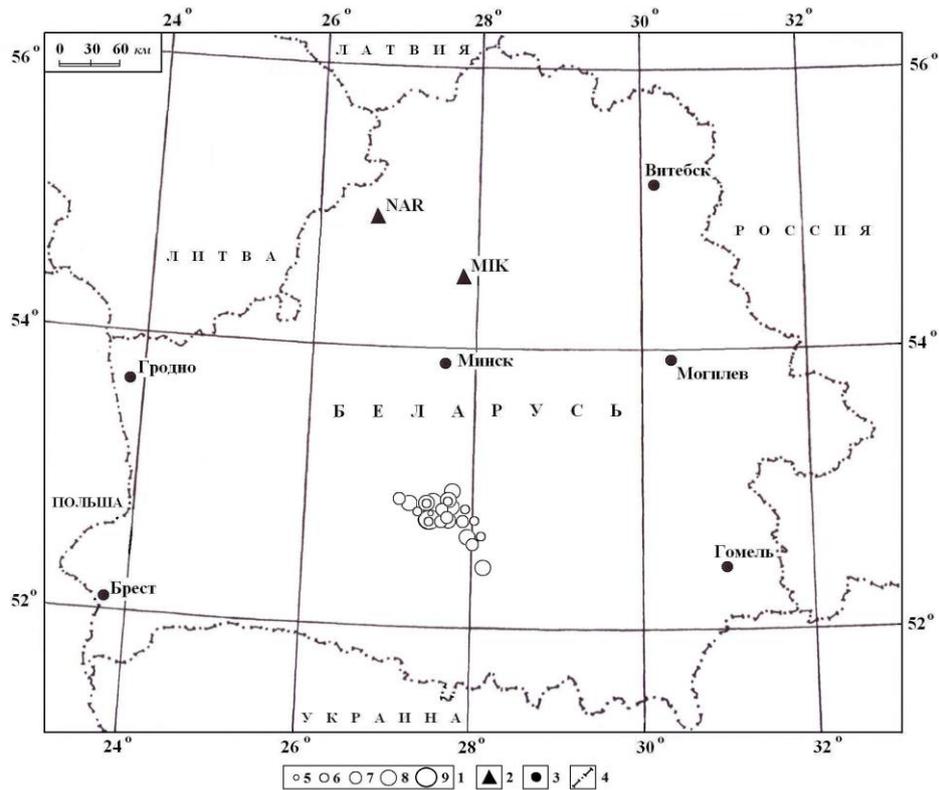
В 2017 г. сейсмологические наблюдения проведены Центром геофизического мониторинга НАН Беларуси в непрерывном режиме с использованием автоматизированных систем. Наблюдения проводились в следующих пунктах наблюдений: геофизических обсерваториях «Плещеницы», «Нарочь» и на двух локальных сетях сейсмических станций: в Солигорском районе (восемь сейсмических станций: «Волоты», «Тесово», «Устронь», «Чижевка», «Жопацевичи», «Новый луг», «Махновичи», «Листопадовичи»); в Островецком районе (семь сейсмических станций: «Бояры», «Градовщина», «Вадатишки», «Селище», «Горная Каймина», «Воробьи», «Литвяны»). Сеть геофизического мониторинга Беларуси структурно состоит из трех уровней: глобальный, региональный и локальный. Глобальный и региональные уровни мониторинга обеспечивали геофизические обсерватории «Плещеницы» и «Нарочь»; региональный и локальный – сети сейсмических станций в Солигорском и Островецком районах.

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 осуществляется 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.

В 2017 г. сетью сейсмических станций зарегистрировано и обработано 2548 землетрясений в разных регионах Земли в широком диапазоне энергий и эпицентральных расстояний, из них 137 землетрясений с магнитудой $M \geq 6,0$, в том числе 6 событий с $M \geq 7,0$. Самое сильное землетрясение с магнитудой $M=8,3$ произошло 8 сентября (04^h49^m UTC) на побережье Чьяпас, Мексика.

В результате анализа и обобщения сейсмологических данных (бюллетени сейсмических станций Беларуси) составлен каталог землетрясений территории Беларуси за 2017 г., который содержит сведения о кинематических и динамических параметрах землетрясений и включает 42 сейсмических событий энергетического диапазона $K=5,2-8,6$ (этот диапазон характеризуется слабой сейсмической активностью с магнитудным потенциалом $M=0,7-2,5$). Согласно зафиксированным данным, землетрясение с наименьшим энергетическим классом произошло 31 мая (18^h53^m), а с максимальным – 7 июля (15^h48^m). В основном очаги землетрясений (15) располагались на глубине $h \leq 30$ км, остальные (23) в интервале глубин 31–70 км и (4) в интервалах глубин 71 – 100 км. На рисунке 9.2 приведена карта эпицентров сейсмических событий, составленная на основе каталога землетрясений Беларуси за 2017 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.

В 2017 г. наблюдалось понижение (в 1,14 раза) уровня выделившейся суммарной сейсмической энергии $\Sigma E=1,6188 \cdot 10^9$ Дж по сравнению с 2016 г. ($\Sigma E=1,8467 \cdot 10^9$ Дж). Зафиксированный уровень сейсмической энергии меньше (в 1,33 раза) среднего многолетнего значения $\Sigma E=2,1492 \cdot 10^9$ Дж за 34 года (1983–2016). Количество произошедших в 2017 г. сейсмических событий (42), меньше (в 1,55 раза), чем 2016 г. (65), и меньше (в 1,06 раза) среднего многолетнего значения ($N_{\Sigma}=44,38$). Высвобождение энергии происходило неравномерно в течение года (рисунок 9.3). Максимальное выделение сейсмической энергии ($0,6784 \cdot 10^9$ Дж) наблюдалось в июле и было связано с произошедшими двумя сейсмическими событиями энергетического класса, равными 8,6 и 8,4, а минимальное значение ($0,0146 \cdot 10^9$ Дж) отмечено в августе. Максимальное число произошедших сейсмических событий (5) зафиксировано в июне (диапазон энергетических классов $K=5,8-7,4$) и сентябре ($K=5,9-7,7$), а минимальное число событий (2) отмечено в марте, августе и октябре.



Условные обозначения

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

Рисунок 9.2 – Карта эпицентров землетрясений территории Беларуси, 2017 г.

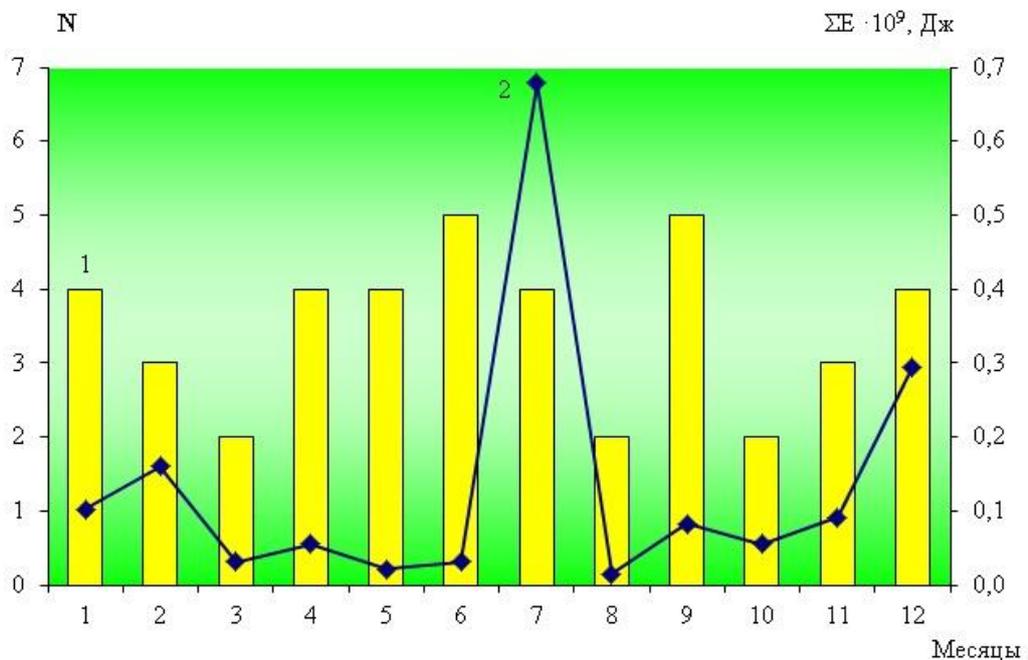


Рисунок 9.3 – График изменения числа сейсмических событий (1) и величины их суммарной сейсмической энергии (2) за 2017 г.

На рисунке 9.4 показана частота реализации всех сейсмических событий за 2017 год в течение суток с периодами повышения числа событий в ночное время – 01^h и 02^h, в дневное

время – 19^h и 21^h. Анализ часты реализации сейсмических событий в разные годы, не выявил четкого проявления максимумов числа событий в определенное время суток.

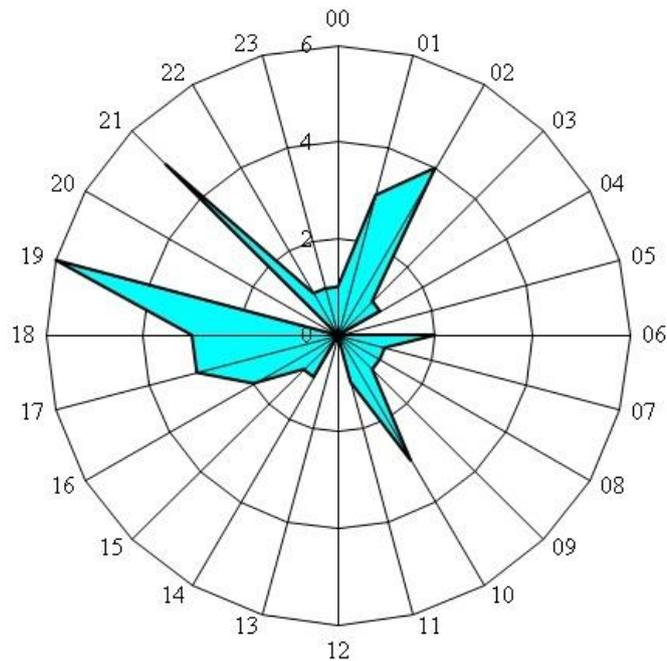


Рисунок 9.4 – Распределение сейсмических событий 2017 г. по часам суток

На рисунке 9.5 показано распределение всех землетрясений за 2017 г. по дням недели, среди которых максимум преобладает в среду и воскресенье.

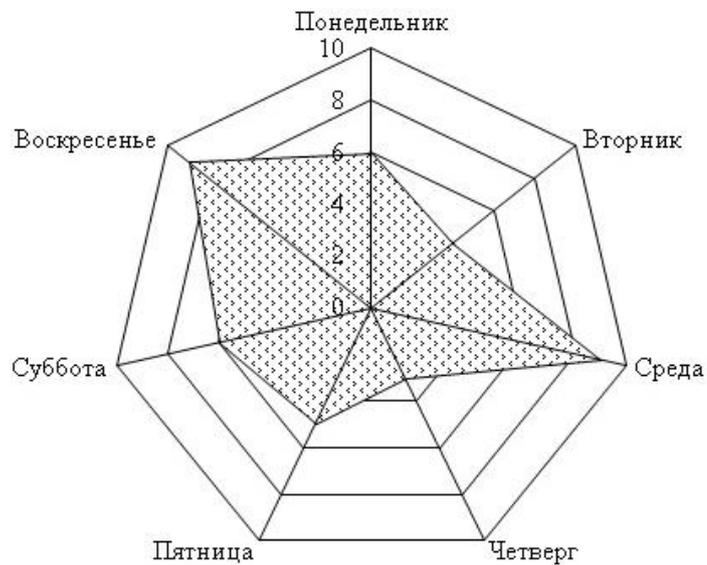


Рисунок 9.5 – Распределение сейсмических событий по дням недели в 2017 г.

На территории Европы и смежных областях в 2017 г. зарегистрировано 1010 землетрясений с магнитудой $M \geq 3,0$, из них 50 событий с $M \geq 5,0$ (рисунок 9.6).

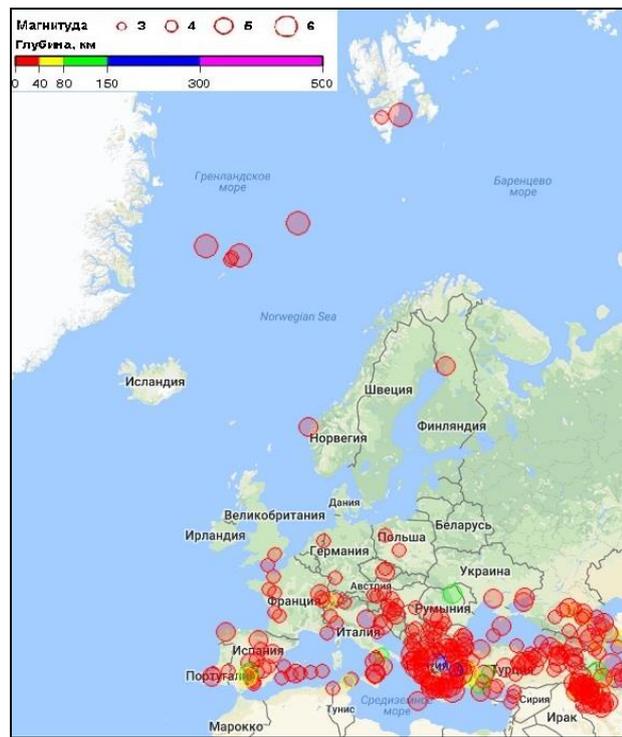


Рисунок 9.6 – Карта эпицентров землетрясений Европы и смежных областей с магнитудой $M \geq 3,0$ за 2017 г.

Самое сильное землетрясение с магнитудой $M=6,7$ произошло 20 июля ($22^{\text{h}}31^{\text{m}}$) в пограничной области Греция-Турция. 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 (889) располагалась на глубине $h \leq 70$ км, остальные (120) формировались в интервале глубин 71–390 км и (1) на глубине ≥ 391 км в зонах субдукции.

В течение года наименьшее количество землетрясений (56) произошло в сентябре, а наибольшее (112) в июле, связанное с повышенной сейсмической активностью в Греции, Турции, Италии, в Эгейском и Средиземном морях. В 2017 г. отмечено на 76 землетрясений меньше, чем в 2016 г. (1086), но больше (в 1,87 раза) среднего многолетнего значения (541,04) за 23 года (1994–2016 гг.).

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

По данным вариационных наблюдений ежемесячно составлялся обзор состояния геомагнитного поля, включающий таблицы среднечасовых и среднесуточных значений элементов геомагнитного поля (H – горизонтальная составляющая, Z и D – угловое склонение), таблицы возмущенности геомагнитного поля по трехчасовым интервалам значений 9-балльной шкалы K-индексов, описания магнитных бурь и их характеристик. Выполнено 35 абсолютных измерений компонент D, J (угловое склонение) и T (полный вектор напряженности магнитного поля) для определения базисных значений элементов геомагнитного поля D_0 , H_0 , Z_0 , X_0 , Y_0 .

В результате анализа и обобщения геомагнитных данных за 2017 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 (рису-

нок 9.7). Максимальное среднемесячное суммарное значение K -индексов отмечено в сентябре (20,9), а минимальное – в декабре (14,2). Среднегодовое значение (17,48) суммарных K -индексов за 2017 г. немного меньше (в 1,01 раза), чем в 2016 г. (17,73) и меньше (в 1,03 раза) среднего многолетнего значения (17,91) за 32 года (1985–2016 гг.).

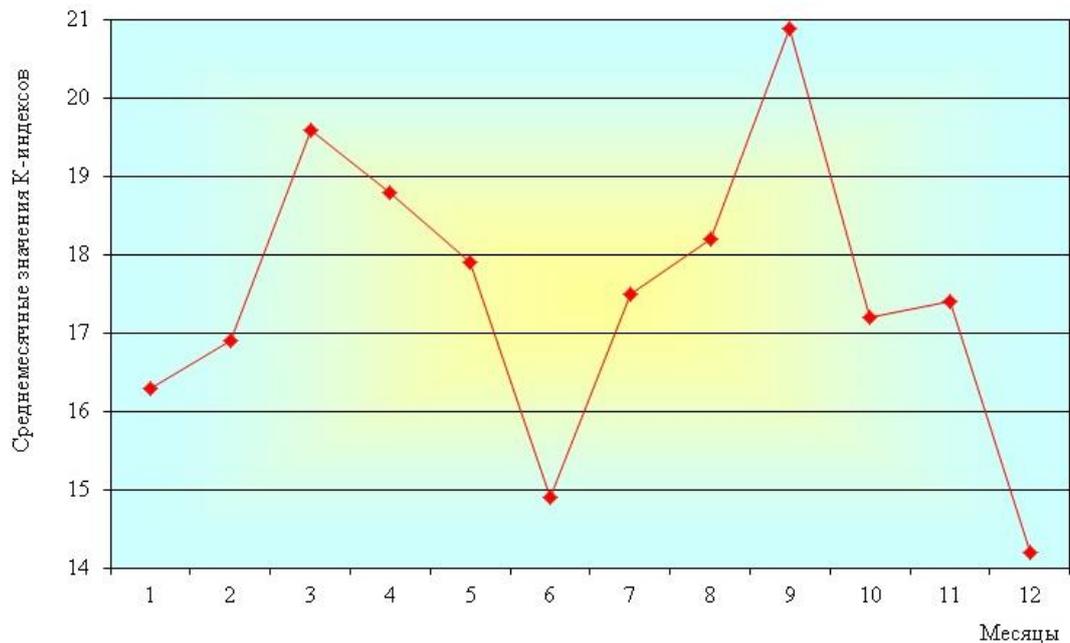


Рисунок 9.7 – График изменения среднемесячных значений суммарных K -индексов в 2017 г.

В течение года геомагнитной обсерваторией зарегистрировано и обработано 37 магнитных бурь, из них 23 малые бури (М), 12 умеренные бури (У) и 2 большие бури (Б). Наибольшее количество магнитных бурь (6) произошло в марте и сентябре, а минимальное – в январе (1) (рисунок 9.8). В 2017 г. отмечено на 6 геомагнитных бурь меньше, чем в 2016 г. (43), но больше (в 1,17 раза) среднего многолетнего значения (31,53) за 32 года (1985–2016 гг.).

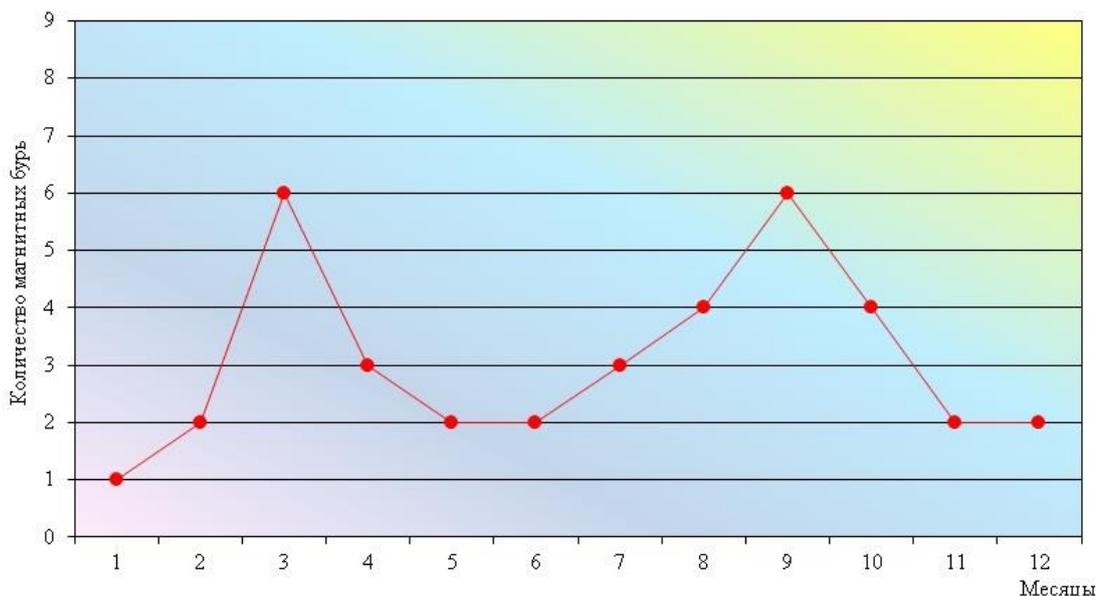


Рисунок 9.8 – График изменения числа магнитных бурь в 2017 г.

Обзор состояния геомагнитного поля Земли составлен по среднемесячным значениям элементов D, H, Z, T геомагнитного поля в 2017 г. На протяжении всего года отмечался рост значений элемента D (угловая составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в декабре (рисунок 9.9). Максимальное значение (518,1) элемента D отмечено в ноябре, а минимальное – в январе (508,2). Среднегодовое значение (513,53) элемента D больше (на 151,59) среднего многолетнего значения (361,94) за 57 лет (1960–2016 гг.).

Распределение значений элемента H (горизонтальная составляющая магнитного поля) в течение года проходило не равномерно (рисунок 9.9). Снижение отмечено в январе–апреле и июле–сентябре, а рост значений наблюдался в мае–июне и октябре–декабре. Максимальное значение (17800) зафиксировано в июне, а минимальное – в сентябре (17770). Среднегодовое значение (17786,33) элемента H меньше (на 35,42) среднего многолетнего значения (17821,75) за 57 лет (1960–2016 гг.).

На протяжении всего года отмечался рост значений элемента Z (вертикальная составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в ноябре и декабре (рисунок 9.9). Максимальное значение (48016) отмечено в октябре, а минимальное – в январе (47958). Среднегодовое значение (47988,83) элемента Z больше (на 947,67) среднего многолетнего значения (47041,16) за 57 лет (1960–2016 гг.).

В течение года увеличивалось значение элемента T (полный вектор напряженности магнитного поля Земли) с небольшим снижением роста в июле и ноябре (рисунок 9.9). Максимальное значение (51202) отмечено в декабре, а минимальное – в январе (51154). Среднегодовое значение (51178,92) элемента T больше (на 874,60) среднего многолетнего значения (50304,32) за 57 лет (1960–2016 гг.).

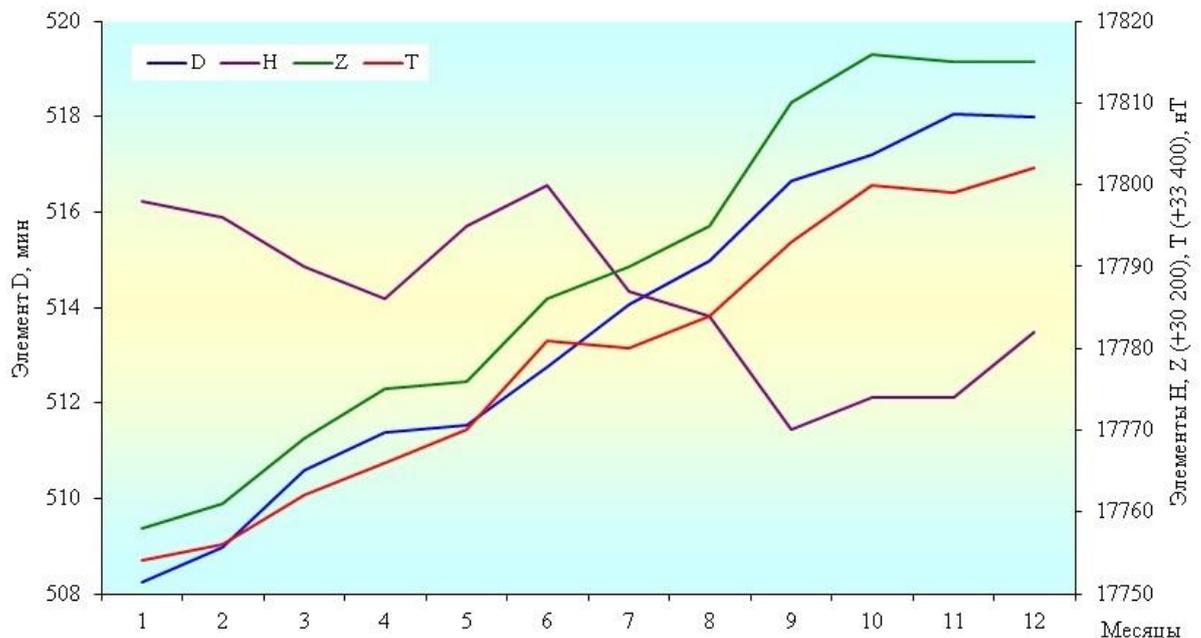


Рисунок 9.9 – График изменения среднемесячных значений элементов D, H, Z, T в 2017 г.

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 9.1).

Таблица 9.1 – Вековой ход среднегодовых значений элементов геомагнитного поля Земли между 2017–2016 годами

| Элементы | 2017 г. | 2016 г. | Разность |
|----------|----------|----------|----------|
| по D | 8° 33.5' | 8° 24.5' | 9.0' |
| по H | 17786 | 17794 | -8 |
| по Z | 47989 | 47930 | 59 |
| по T | 51179 | 51126 | 53 |

На территории Беларуси в 2017 г. зарегистрировано 42 сейсмических события энергетического диапазона $K=5,2-8,6$ (этот диапазон характеризуется слабой сейсмической активностью с магнитудным потенциалом $M=0,7-2,5$). Согласно зафиксированным данным, землетрясение с наименьшим энергетическим классом произошло 31 мая (18^h53^m), а с максимальным – 7 июля (15^h48^m). В основном очаги землетрясений (15) располагались на глубине $h \leq 30$ км, остальные (23) в интервале глубин 31–70 км и (4) в интервалах глубин 71–100 км.

В 2017 г. наблюдалось понижение (в 1,14 раза) уровня выделившейся суммарной сейсмической энергии $\Sigma E = 1,6188 \cdot 10^9$ Дж по сравнению с 2016 г. ($\Sigma E = 1,8467 \cdot 10^9$ Дж). Максимальное выделение сейсмической энергии ($0,6784 \cdot 10^9$ Дж) наблюдалось в июле, и было связано с произошедшими двумя сейсмическими событиями энергетического класса равными 8,6 и 8,4, а минимальное значение ($0,0146 \cdot 10^9$ Дж) отмечено в августе. Максимальное число произошедших сейсмических событий (5) зафиксировано в июне (диапазон энергетических классов $K=5,8-7,4$) и сентябре ($K=5,9-7,7$), а минимальное число событий (2) отмечено в марте, августе и октябре.

В 2017 г. распределение среднемесячных суммарных значений K -индексов показало, что максимальное суммарное значение K -индексов отмечено в сентябре (20,9), а минимальное – в декабре (14,2). Среднегодовое значение (17,48) суммарных K -индексов за 2017 г. немного меньше (в 1,01 раза), чем в 2016 г. (17,73).

Зарегистрировано и обработано 37 магнитных бурь, из них 23 малые бури (М), 12 умеренные бури (У) и 2 большие бури (Б). Наибольшее количество магнитных бурь (6) произошло в марте и сентябре, а минимальное – в январе (1) (рисунок 9.8). В 2017 г. отмечено на 6 геомагнитных бурь меньше, чем в 2016 г. (43).

Отмечался рост среднемесячных значений элементов D, Z, T, изменение элемента H проходило не равномерно. Определен вековой ход среднегодовых значений элементов D, H, Z, T геомагнитного поля Земли, который остается повышенным к средним многолетним значениям предыдущих годов.

Выводы. Анализ сейсмичности территории Беларуси и сопредельных стран показал, что уровень сейсмической активности в 2017 г. снизился по отношению к предыдущему году, и остается пониженным к средним многолетним значениям.

Уровень активности геомагнитного поля Земли в 2017 г. был немного ниже, чем в 2016 г., но остается повышенным к средним многолетним значениям предыдущих годов.