

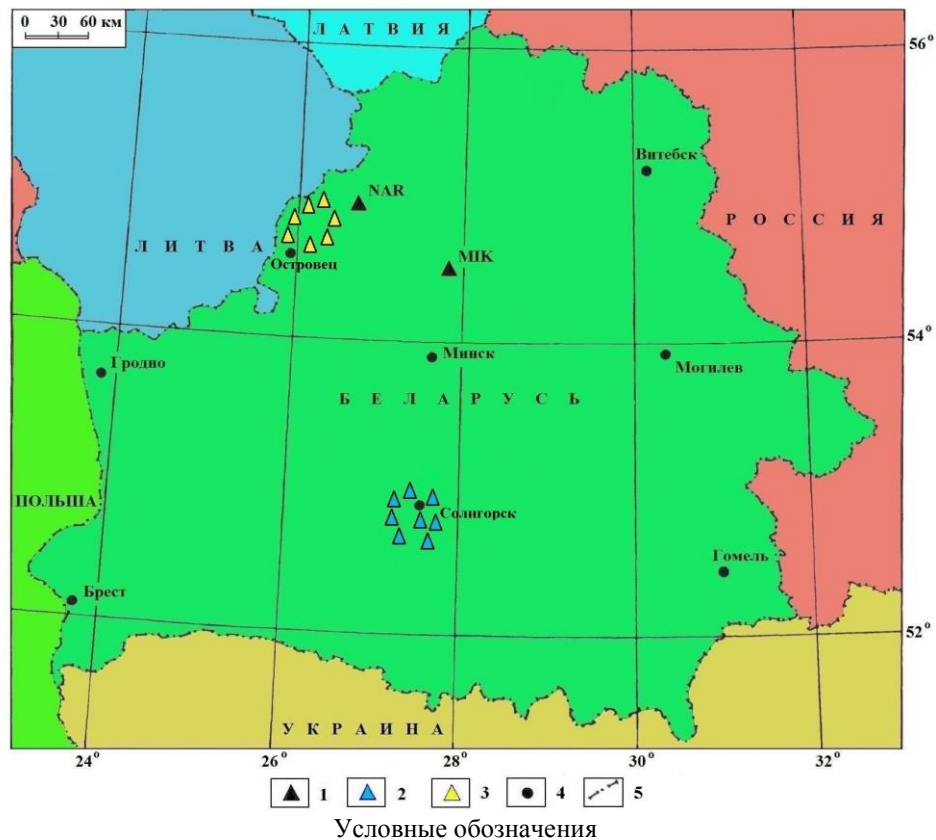
## 9 ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Геофизический мониторинг представляет собой систему наблюдений за сейсмичностью, геофизическими и геодинамическими процессами. Объектам наблюдений геофизического мониторинга являются сейсмические события природного и техногенного происхождения, геомагнитные и гравитационные поля [25].

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» – МİK, «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 31.12.2016)

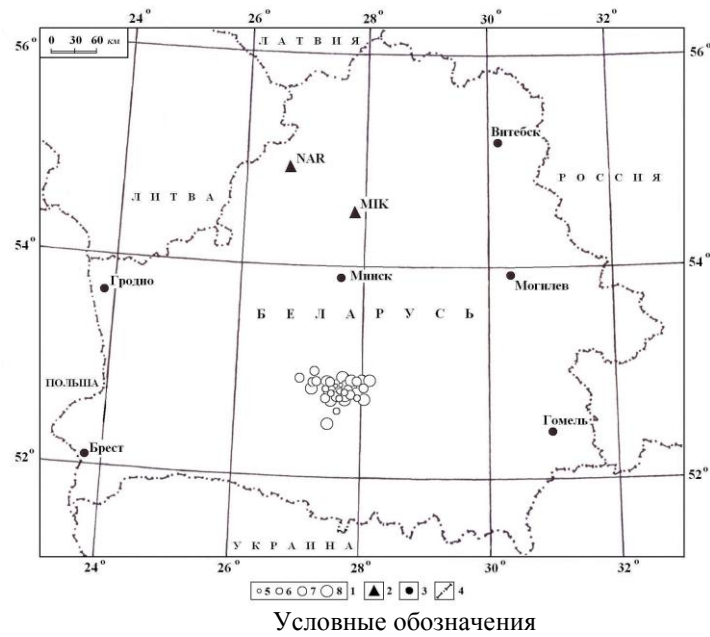
**Сейсмологические исследования** позволяют изучать причины происхождения очагов землетрясений и определять их кинематические и динамические параметры, а также оценивать степень сейсмических воздействий, их опасность и риск для хозяйственных объектов; создавать системы наблюдений и разрабатывать методы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

В 2016 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 «Волаты», «Тесово», «Устронь», «Чижовка», «Капацевичи», «Новый луг», «Махновичи», «Листопадовичи»); в Островецком районе (семь сейсмических станций «Бояры», «Градовщизна», «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 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 2016 г. сетью сейсмических станций зарегистрировано и обработано 2472 землетрясения в разных регионах Земли в широком диапазоне энергий и эпицентральных расстояний, из них 162 землетрясения с магнитудой  $M \geq 6,0$ , в том числе 21 событие с  $M \geq 7,0$ . Самые сильные землетрясения с магнитудой  $M=7,9$  произошли: 13 ноября (11<sup>h</sup>02<sup>m</sup> UTC) на Южном острове, Новая Зеландия; 8 декабря в 17<sup>h</sup>38<sup>m</sup> на Соломоновых островах и 17 декабря в 10<sup>h</sup>51<sup>m</sup> в районе Новой Ирландии, Папуа-Новая Гвинея.

В результате анализа и обобщения сейсмологических данных (бюллетени сейсмических станций Беларуси), составлен каталог землетрясений территории Беларуси за 2016 г., который содержит сведения о кинематических и динамических параметрах землетрясений и включает 65 сейсмических событий энергетического диапазона  $K=4,7-8,3$  (этот диапазон характеризуется слабой сейсмической активностью с магнитудным потенциалом  $M=0,4-2,4$ ). Согласно зафиксированным данным землетрясение с наименьшим энергетическим классом произошло 22 января (00<sup>h</sup>53<sup>m</sup>), а с максимальным – 2 марта (04<sup>h</sup>39<sup>m</sup>) и 3 сентября (19<sup>h</sup>26<sup>m</sup>). В основном очаги землетрясений (47) располагались на глубине  $h \leq 30$  км, остальные (17) в интервале глубин 31–70 км и (1) в интервалах глубин 71–100 км. На рисунке 9.2 приведена карта эпицентров сейсмических событий, составленная на основе каталога землетрясений Беларуси за 2016 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.



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

Рисунок 9.2 – Карта эпицентров землетрясений территории Беларуси, 2016 г.

В 2016 г. наблюдалось повышение (в 1,52 раза) уровня выделившейся суммарной сейсмической энергии  $\Sigma E=1,8467 \cdot 10^9$  Дж по сравнению с 2015 г. ( $\Sigma E=1,2165 \cdot 10^9$  Дж). Зафиксированный уровень сейсмической энергии меньше (в 1,17 раза) среднего многолетнего значения  $\Sigma E=2,1582 \cdot 10^9$  Дж за 33 года (1983–2015). Количество произошедших в 2016 г. сейсмических событий (65) меньше (в 1,25 раза), чем 2015 г. (81), но больше (в 1,49 раз) среднего многолетнего значения ( $N_{\Sigma}=43,67$ ). Высвобождение энергии происходило неравномерно в течение года (рисунок 9.3). Максимальное выделение сейсмической энергии ( $0,5890 \cdot 10^9$  Дж) наблюдалось в марте, и было связано с произошедшими тремя сейсмическими событиями энергетического класса равными 8,0, 8,3 и 8,1, а минимальное значение ( $0,0113 \cdot 10^9$  Дж) отмечено в ноябре. Максимальное число произошедших сейсмических событий (11) зафиксировано в марте (диапазон энергетических классов  $K=5,8-8,3$ ), а минимальное число событий (2) отмечено в июле, октябре и декабре.

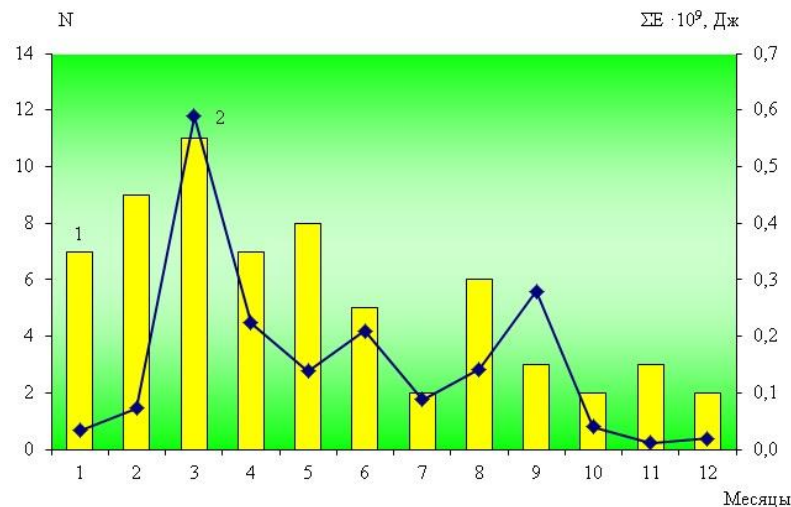


Рисунок 9.3 – График изменения числа сейсмических событий (1) и величины их суммарной сейсмической энергии (2) за 2016 г.

На рисунке 9.4 показана частота реализации всех сейсмических событий за 2016 год в течение суток с периодами повышения числа событий в ночное время – 23<sup>h</sup>, в дневное время – 19<sup>h</sup> и 20<sup>h</sup>. Анализ часты реализации сейсмических событий в разные годы не выявил четкого проявления максимумов числа событий в определенное время суток.

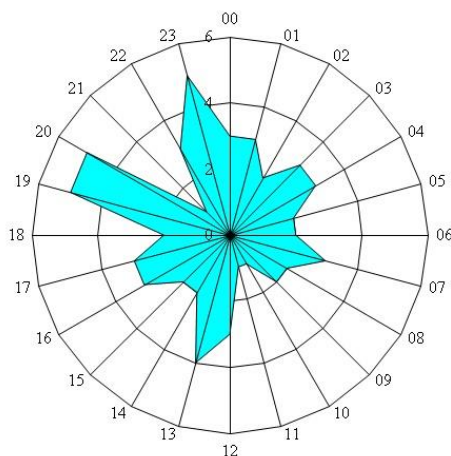


Рисунок 9.4 – Распределение сейсмических событий 2016 г. по часам суток

На территории Европы и смежных областях в 2016 г. зарегистрировано 1086 землетрясений с магнитудой  $M \geq 3,0$ , из них 53 события с  $M \geq 5,0$  (рисунок 9.5).

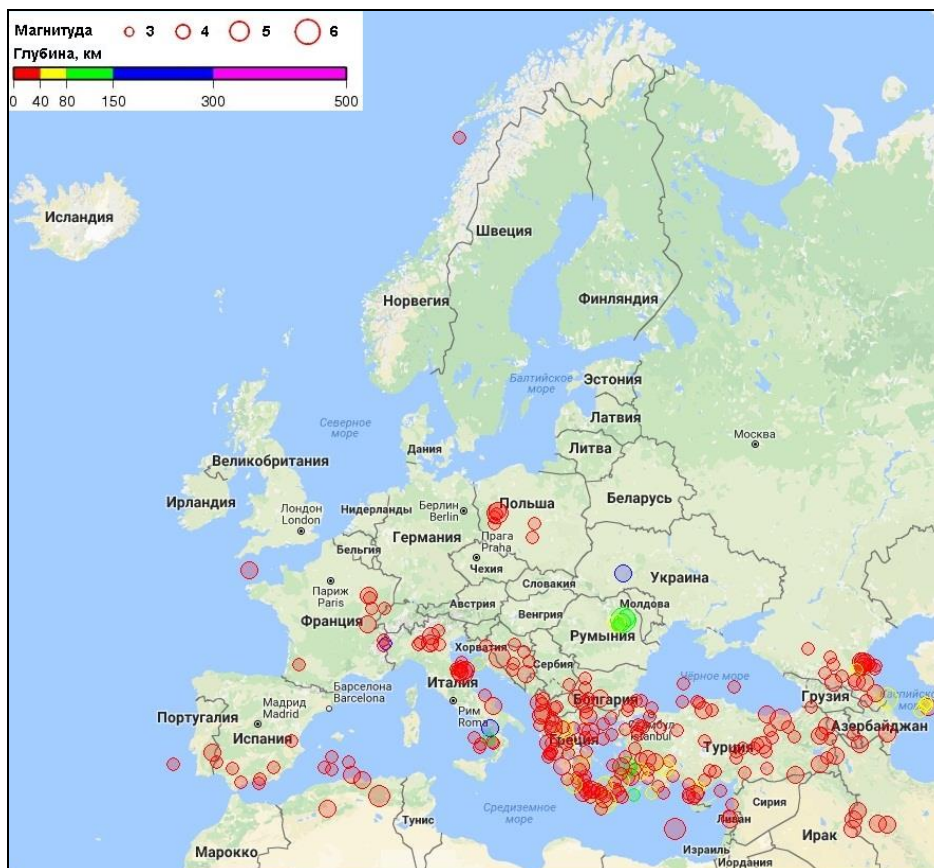


Рисунок 9.5 – Карта эпицентров землетрясений Европы и смежных областей с магнитудой  $M \geq 3,0$  за 2016 г.

Самое сильное землетрясение с магнитудой  $M=6,7$  произошло 30 октября ( $06^h40^m$ ) в центральной Италии. 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 (936) располагалась на глубине  $h \leq 70$  км, в интервале глубин 71–390 км (146) и на глубине  $\geq 391$  км (4) в зонах субдукции.

В течение года наименьшее количество землетрясений (75) произошло в августе и декабре, а наибольшее (128) в октябре, связанное с повышенной сейсмической активностью в Греции, Албании и Италии.

Региональное землетрясение, произошедшее 23 сентября 2016 г. в  $23^h11^m$  по Гринвичу в Румынии с магнитудой  $M=5,7$  вызвало сотрясение почвы силой 2–3 балла в отдельных районах южной части территории Беларуси. Очаг землетрясений залегал на глубине 90 км. Эпицентр находился 7 км западнее г. Палтина (уезд Вранча), в 8 км западнее г. Нерей, в 44 км западнее г. Фоксани и в 148 км севернее г. Бухареста. Землетрясение ощутили жители на всей территории Румынии, в отдельных районах сопредельных стран Болгарии и Молдовы, а также Украины и Беларуси.

**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 в 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 41 абсолютное измерение компонент D, J (угловое наклонение) 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 2016 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 неравномерно (рисунок 9.6). Максимальное среднемесячное суммарное значение K-индексов отмечено в октябре (20,8), а минимальное – в январе (15,6). Среднегодовое значение (17,73) суммарных K-индексов за 2016 г. немного меньше (в 1,09 раза), чем в 2015 г. (19,23) и меньше (в 1,01 раза) среднего многолетнего значения (17,94) за 31 год (1985–2015 гг.).

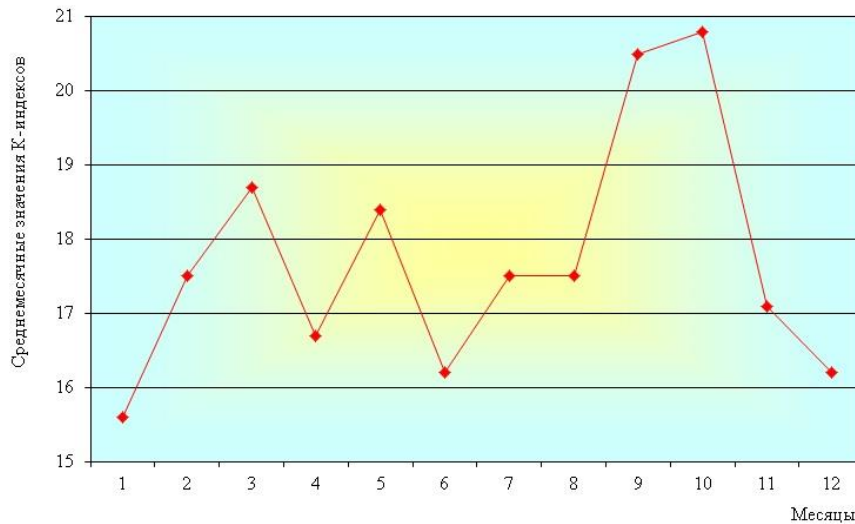


Рисунок 9.6 – График изменения среднемесячных значений суммарных К-индексов в 2016 г.

В течение года геомагнитной обсерваторией зарегистрированы и обработаны 43 магнитные бури, из них 29 малые бури (М) и 13 умеренные бури (У), 1 большая буря (Б). Наибольшее количество магнитных бурь (8) произошло в октябре, а минимальное – в феврале (1) (рисунок 9.7). В 2016 г. отмечено на 11 геомагнитных бурь меньше, чем в 2015 г. (54), но больше (в 1,38 раза) среднего многолетнего значения (31,16) за 31 год (1985–2015 гг.).

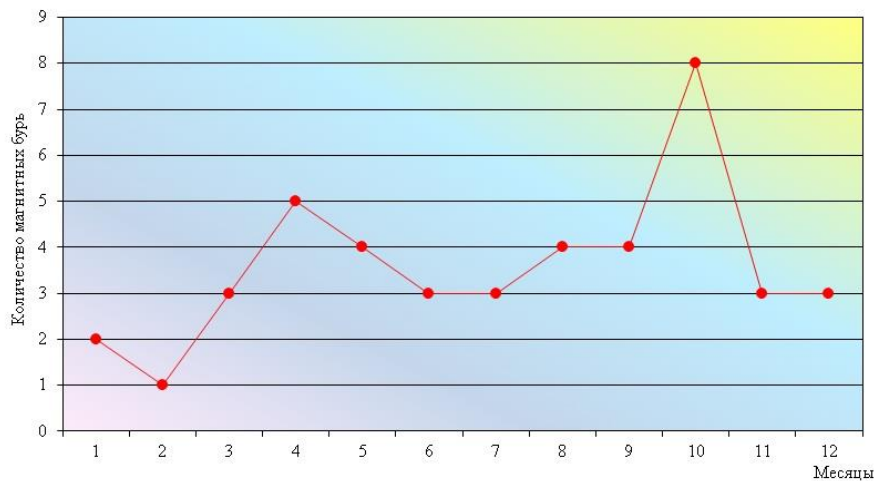


Рисунок 9.7 – График изменения числа магнитных бурь в 2016 г.

Обзор состояния геомагнитного поля Земли составлен по среднемесячным значениям элементов D, H, Z, T геомагнитного поля в 2016 г. На протяжении всего года отмечался рост значений элемента D (угловая составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в ноябре (рисунок 9.9). Максимальное значение (508,5) элемента D отмечено в октябре, а минимальное – в январе (499,8). Среднегодовое значение (504,53) элемента D больше (на 145,14) среднего многолетнего значения (359,39) за 56 лет (1960–2015 гг.).

Распределение значений элемента H (горизонтальная составляющая магнитного поля) в течение года проходило не равномерно (рисунок 9.9). Снижение отмечено в мае, июле, сентябре и октябре, а рост значений наблюдался в феврале, апреле, июне, августе, ноябре и декабре. Максимальное значение (17799) зафиксировано в июне и августе, а

минимальное – в октябре (17787). Среднегодовое значение (17793,50) элемента Н меньше (на 28,75) среднего многолетнего значения (17822,25) за 56 лет (1960–2015 гг.).

На протяжении всего года отмечался рост значений элемента Z (вертикальная составляющая магнитного поля) с небольшим снижением в феврале и ноябре (рисунок 9.9). Максимальное значение (47954) отмечено в декабре, а минимальное – в феврале (47911). Среднегодовое значение (47930,25) элемента Z больше (на 904,96) среднего многолетнего значения (47025,29) за 56 лет (1960–2015 гг.).

В течение года увеличивалось значение элемента T (полный вектор напряженности магнитного поля Земли) с небольшим замедлением роста в июле и ноябре (рисунок 9.8). Максимальное значение (51150) отмечено в декабре, а минимальное – в январе (51107). Среднегодовое значение (51126,42) элемента T больше (на 836,78) среднего многолетнего значения (50289,64) за 56 лет (1960–2015 гг.).

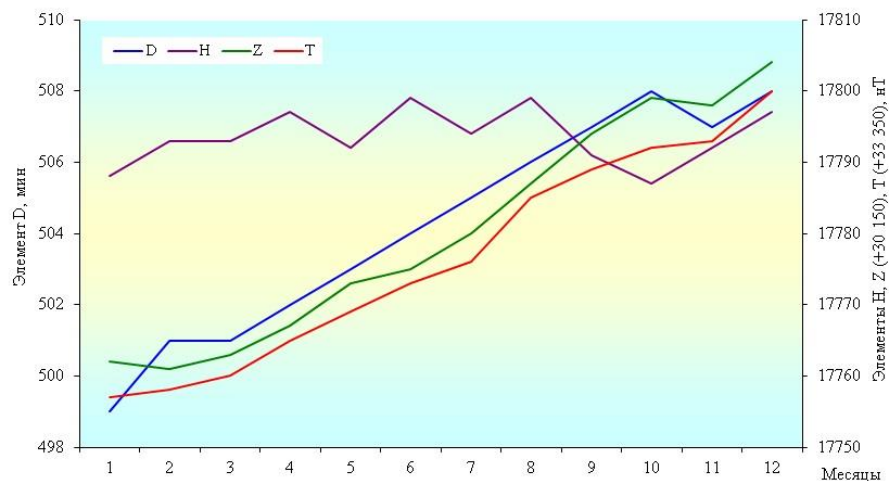


Рисунок 9.8 – График изменения среднемесячных значений элементов D, H, Z, T в 2016 г.

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 2016–2015 годами

Элементы	2016 г.	2015 г.	Разность
по D	8°24.5'	8°15.2'	9.3'
по H	17794	17790	4
по Z	47930	47888	42
по T	51126	51086	40

**Выводы.** Анализ сейсмичности территории Беларуси и сопредельных стран показал, что уровень сейсмической активности в 2016 г. снизился по отношению к предыдущему году, однако остается повышенным к средним многолетним значениям.

Исследованиями установлено, что уровень активности геомагнитного поля Земли в 2016 г. был немного ниже, чем в 2015 г., но отличается повышенной магнитной активностью к средним многолетним значениям предыдущих годов.