



Получена: 30.12.2022 г.

Приета: 02.03.2023 г.

## ГЕОМАГНИТНА ОБСЕРВАТОРИЯ ПАНАГЮРИЩЕ – 85 ГОДИНИ НАЦИОНАЛНА ОПЕРАТИВНА СЛУЖБА

П. Трифонова<sup>1</sup>, М. Методиев<sup>2</sup>, И. Радев<sup>3</sup>

*Ключови думи:* геомагнитно поле, деклинация, топографски карти, секуларна мрежа, България

### РЕЗЮМЕ

Важна част от задачите по геодезия и картография с национално значение са измерването на деклинацията и построяването на магнитен модел на Република България. Успешното изпълнение на тези дейности би било невъзможно без непрекъснатата регистрация на полето, извършвана в Геомагнитната обсерватория Панагюрище към Националния институт по геофизика, геодезия и география на БАН. Съвместно с Военно-географската служба на МО и Геодезическия факултет на УАСГ се осигурява научноизследователска, научно-приложна и експериментална подкрепа за осъществяване на измервания с висока точност и прецизно изчисляване на геодезическите координати и магнитната деклинация на националната мрежа от магнитни станции, разположени на територията на страната.

Настоящата работа описва основните етапи в 85-годишната история на ГМО Панагюрище, дава информация за резултатите от периодичните измервания на секуларната мрежа и представя съвременните стойности на магнитното поле на територията на България, получени за епоха 2020.0.

---

<sup>1</sup> Петя Трифонова, доц. д-р инж., Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 3, 1113 София, e-mail: [p.trifonova@abv.bg](mailto:p.trifonova@abv.bg)

<sup>2</sup> Методи Методиев, доц. д-р инж., Национален институт по геофизика, геодезия и география – Българска академия на науките, ул. „Акад. Г. Бончев“, бл. 3, 1113 София, e-mail: [m.i.metodiev@gmail.com](mailto:m.i.metodiev@gmail.com)

<sup>3</sup> Ивайло Радев, гл. ас. д-р инж., кат. „Висша геодезия“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [ivoradev\\_bg@abv.bg](mailto:ivoradev_bg@abv.bg)

## 1. Въведение

Изучаването на геомагнитно поле, неговото проявление върху земната повърхност и изменението му с течение на времето се извършва чрез интегрирани геомагнитни и геодезически измервания. Те могат да бъдат стационарни мониторингови регистрации на елементите на полето в различните обсерватории, полеви геодезически и магнитни измервания за изработване на геомагнитни снимки и карти, както и измервания в реално време за целите на навигацията.

Основната дейност на всяка геомагнитна обсерватория се състои в непрекъснато наблюдение на стойностите на геомагнитното поле. В България геомагнитното поле се регистрира в една от най-старите обсерватории на Балканския полуостров – Геомагнитна обсерватория Панагюрище (ГМО Панагюрище). Обсерваторията разполага със съвременна апаратура и подава данни в реално време както към световните центрове за данни, така и към интернет страницата на НИГГГ-БАН за информация на всички потребители.

Задачите, които решават геомагнитните обсерватории по света, са глобални и регионални. Към глобалните задачи се отнася мониторингът на секуларната вариация на геомагнитното поле за изучаване на процесите, протичащи в ядрото на Земята. Достатъчно гъста мрежа от обсерватории подпомага и калибрира спътниковите наблюдения, осъществява мониторинга на геомагнитните бури, изследва системите в йоносферата и магнитосферата, както и индуцираните токове в земната кора и мантия.

Типична регионална задача е геомагнитната обсерватория да се ползва като базова станция за полевите геомагнитни измервания, за привеждане на измерванията в единна епоха, за изработване на регионални геомагнитни карти и модели, за проследяване на геомагнитните смущения и бури.

## 2. Създаване на ГМО Панагюрище

Първите геомагнитни измервания на територията на България са извършени по време на Руско-турските войни в края на 18-и и началото на 19-и век. Измерва се само деklinацията  $D$ , която е важна за навигацията, ориентирането и прецизирането на военните действия [1].

В началото на 30-те години на 20-и век, във връзка със създаването на нова топографска карта на България, пред Географския институт при Министерството на войната възниква нуждата от набавяне на геомагнитни данни за територията на цялата страна. Съществуващите до тогава измервания не задоволявали съвременните изисквания за точност. Тогава на началника на изчислителното отделение на Географския институт Христо Калфин, по образование – математик, се възлага „да проучи въпроса за земния магнетизъм – научно и приложно“.

Доставя се магнитна апаратура от Германия и започват абсолютни магнитни измервания, които се правят сравнително бързо и с достатъчна точност. Съвсем скоро, обаче, възниква необходимостта от построяване на магнитна вариационна станция в България, защото до тогава е използвана обсерватория във Виена, но поради голямата отдалеченост качеството на измерванията се влошавало.

След тригодишни търсения и проучвания като най-подходящ терен за построяване на обсерватория се определя Държавният горски разсадник край Панагюрище. Сред основните положителни страни на обекта са липсата на големи индустриални съоръжения наоколо, липсата на натоварени шосета, отдалечеността на жп линията, ниските подпочвени води, възможността за електрификация, както и доброто разположение на града, приблизително в центъра на България.



**Фиг. 1. Освещаване на Геомагнитната обсерватория Панагюрище, наречена тогава „магнитна вариационна станция“ – 7 ноември 1937 година**

За по-малко от година са готови всички работни сгради на обсерваторията, построени според високите изисквания – изцяло от дърво, без използване на магнитни материали, без резки температурни промени в помещенията, осигурено електричество, изградени специални мраморни постаменти за апаратурата и т.н. [2].

На 7 ноември 1937 година се състои тържественото откриване на Геомагнитна обсерватория Панагюрище, наречена тогава „магнитна вариационна станция“ (фиг. 1).

ГМО Панагюрище е първата магнитна обсерватория на Балканския полуостров и продължава да отговаря на високите изисквания на международните стандарти за данни. Това се дължи на далновидната държавна политика по онова време и големите личности, работили там, като се започне от нейния създател Христо Калфин, който ръководи станцията до 1948 година, Георги Щерев, Коста Костов, д-р Илия Чолаков.

В момента ГМО Панагюрище е част от Геомагнитната служба на Националния институт по геофизика, геодезия и география на БАН. Освен за непрекъсната регистрация на магнитното поле, обсерваторията е важен образователен център за ученици и студенти, незаменим партньор на важни държавни институции като Военно-географската служба например, и достоверен източник на информация за гражданите.

През 2007 г. обсерваторията е оборудвана с цифрови системи за регистрация на вариациите на елементите на геомагнитното поле (фиг. 2). Монтирани са три различни магнитометъра, които работят в режим 24/7: два триосни флуксгейт магнитометъра модел FGE (DTU Space) – един от стандартен тип, при който трите сензора са монтирани на стабилизирани мраморен куб, поставен върху алуминиева основа с три крака и втора версия, в която мраморният куб е окачен с две кръстосани фосфорно-бронзови ленти, за да компенсира всеки наклон на основата на сензора.

Третият инструмент е магнитометър с триосна бобина, използван за изследвания на надлъжното разпространение на ултраниско честотни сигнали [3]. Той осигурява измервания в реално време с честота на отчитане 100 Hz, които се интегрират за период от 1 s.



**Фиг. 2. Сгради и апаратура в Геомагнитната обсерватория Панагюрище**

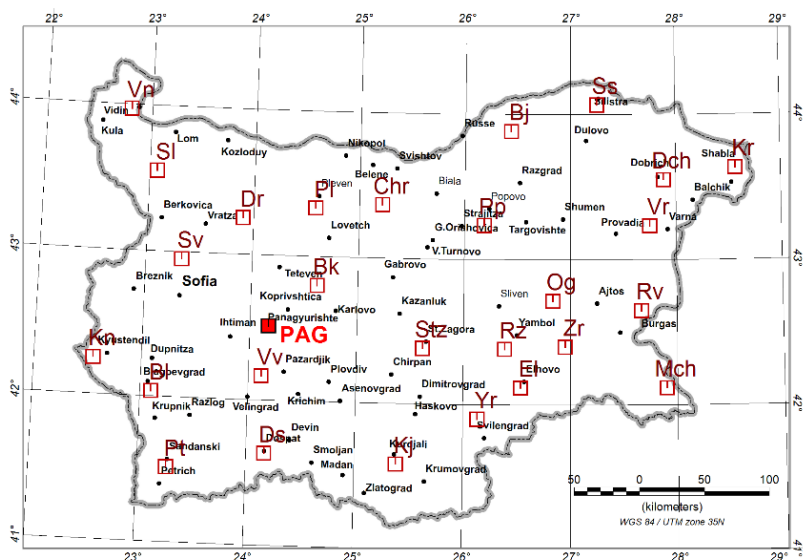
Абсолютните измервания се извършват с полуавтоматизирана DI-flux система, състояща се от немагнитен теодолит и монтиран върху зрителната тръба флуксгейт магнитометър (Zeiss theodolite THEO 010B with FluxSet DMI magnetometer), закупен от MINGEO, Унгария.

### **3. Национална мрежа от магнитни станции (секуларна мрежа) за определяне на деклинацията на магнитното поле**

Секуларната мрежа от геомагнитни станции в България е специализиран вид мрежа от стабилизирани, координатно определени точки, върху които се извършват геомагнитни измервания с цел определянето на вековия ход на елементите на земното магнитно поле. В същото време, тези точки обикновено съвпадат с триангулационни точки от геодезическите мрежи, Държавната геодезическа мрежа и Геодезическата мрежа с местно предназначение.

Първите данни по създаването на секуларната мрежа са от 1934 г., когато са били измерени 4 секуларни точки в четирите края на държавата от математика Христо Калфин, тогава началник на изчислително отделение в Държавния географски институт и натоварен със задачата по извършването на геомагнитни измервания в България [1]. По-късно в периода 1934 – 1964 г. са били добавени още 4 точки и така са били обособени 9 точки от секуларната мрежа: Видин, Силистра, Плевен, Варна, Стара Загора, Царево, Благоевград, Кърджали, включително ГМО Панагюрище. През 1964 г. мрежата от секуларни точки е допълнена до 16 с точките: Крапец, Попово, Сливница, Несебър, Елхово, Доспат и Петрич, които се използват и до сега. Всички точки са изследвани, стабилизирани, осигурени с трайни ориентири и дублирани с резервни през 1970 г.

До 1980 г. измерванията върху тези точки се правят на всеки 3 години, а след това поради малката разлика на секуларната вариация между ГМО Панагюрище и секуларните точки – на всеки 5 години. Върху всяка точка наблюденията се провеждат в продължение на 3 дни от двама наблюдатели, във време, когато разликата в дневните вариации между Панагюрище и точките е най-малка. В годините на преиздаване на топографски карти се използват още 15 от т.нар. „I-ви клас“ точки (фиг. 3) [4].



**Фиг. 3. Обща схема на точките от секуларната мрежа на България и допълнителните I-ви клас точки, използвани за актуализиране на топографските карти на страната**

#### **4. Методика за извършване на полевите измервания за определяне на елементите на геомагнитното поле**

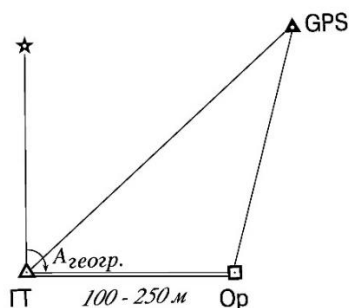
Геомагнитното поле е естествено силово поле, което в тридимензионна координатна система се дефинира чрез големината на силовия вектор, нар. интензитет на полето и неговото положение в пространството.

Геодезическото привързване на геомагнитните измервания означава да се реализира връзка между локалната топоцентрична координатна система, в която са определени елементите на полето, центърът на геомагнитната точка и астрономичния меридиан на мястото, и Държавната геодезическа координатна система – координати на центъра на геомагнитната точка и посоката на геодезическия меридиан, минаващ през тази точка.

Фактът, че деклинацията и инклинацията са ълови величини, обуславя и използването на ъглоизмервателни инструменти в геомагнитната практика.

С развитието на технологиите в последните години за определянето на астрономическите азимуты на ориентирите на една точка от геомагнитната мрежа се използват ГНСС приемници.

Постановката на измерванията с ГНСС приемниците [4] е следната (фиг. 4): на 100 – 250 m от точката от геомагнитната мрежа, означена с ГТ, се поставя единият приемник. Тази локация е означена с Ор. Другият приемник се поставя последователно върху измерваната точка (ГТ) и върху най-близката точка от Държавната GPS мрежа на България (означена с GPS), като последователно се извършват измервания на хордите ГТ-Ор и GPS-Ор. След това се премества приемникът от позиция Ор на позиция ГТ, за да се измери и хордата GPS-ГТ. В последствие точката от Държавната GPS мрежа на България се използва като изходна при определянето на координатите на точките ГТ и Ор и при определянето на изходния географски азимут *Агеогр.* на хордата ГТ-Ор.



Фиг. 4. Схема при определянето на изходния географски азимут  $A_{геогр.}$

Работата във всяка една точка се извършва в продължение на 2 – 3 дни и включва:

- разузнаване на секуларната точка и нейните ориентир, избор на нови, ако е необходимо, промяна на описанието и снимане на точката и ориентирите – при необходимост;
- извършване на геомагнитни измервания от двама или трима наблюдатели;
- извършване на ъглови измервания на ориентирите;
- извършване на ГНСС измервания на точката;
- разузнаване на резервната точка, избор на нова, ако е необходимо;
- разузнаване на ориентирите ѝ, избор на нови при необходимост, промяна на описанието и снимане на точката и ориентирите – при необходимост;
- извършване на геомагнитни измервания на резервната точка от поне двама наблюдатели.

Обработката на полевите измервания е базирана на допускането, че разликата в изменението на средногодишните стойности на геомагнитните елементи за еднакъв период от време между измерваната точка и геомагнитната обсерватория е пренебрежимо малка величина и може да се пренебрегне.

Измерените в момента  $t$  стойности на елементите на земното магнитно поле (ЕЗМП) се привеждат към епоха по следната формула [5]:

$$\bar{E}_{sec}(t_{sm}) = \bar{E}_o(t_{sm}) - E_o(t) + E_{sec}(t), \quad (1)$$

където  $\bar{E}_{sec}(t_{sm})$  е търсената средногодишна стойност в секуларната станция  $sec$  за епохата  $t_{sm}$ ,  $\bar{E}_o(t_{sm})$  е средногодишната стойност в референтната обсерватория за епохата  $t_{sm}$ ,  $E_o(t)$  е моментната стойност на ЕЗМП в обсерваторията в момента на измерване  $t$ , а  $E_{sec}(t)$  е моментната стойност на ЕЗМП в секуларната станция в същия момент.

По данните от измерванията в секуларните станции се определят годишните изменения (вариации) на средногодишните стойности на дадения ЕЗМП в тях:

$$\Delta \bar{E}_{sec} = [\bar{E}_{sec}(t_{sm}) - \bar{E}_{sec}(t_0)] / \Delta t_{sm}, \quad (2)$$

където  $\Delta \bar{E}_{sec}$  е търсената годишна вариация (изменението за една година) на средногодишните стойности на дадения ЕЗМП в секуларната станция,  $\bar{E}_{sec}(t_{sm})$  е средногодишната стойност в секуларната станция за епохата на провеждане на секуларните измервания  $t_{sm}$ ,  $\bar{E}_{sec}(t_0)$  е средногодишната стойност за епохата на основната карта на ЕЗМП в секуларната станция, а  $\Delta t_{sm} = t_{sm} - t_0$  е броят години, изминали между епохата на основната карта  $t_0$  и епохата на секуларните измервания  $t_{sm}$ .

Предпоставка да се използват тези формули е, че изменението на постоянното геомагнитно поле за къси периоди от време (1 – 2 години) за големи територии остава почти едно и също, както и фактът, че изменението на променливото геомагнитно поле за големи територии също е приблизително еднакво.

През периода 2007 – 2012 г. е извършено обследване и преизмерване на секуларните и първокласни станции от геомагнитната мрежа на България. При изпълнението на задачата е установено, че част от станциите са унищожени или около тях магнитното поле е смутено, вследствие от наличието на изкуствени смутители, някои станции от секуларната мрежа, техните резервни и станциите I-ви клас. В процеса на работа са избрани нови такива на подходящи места, като съответно на тях са извършени и измерванията на елементите на земното магнитно поле.

През 2018 г. стартира нова обща кампания за цялостно измерване на геомагнитното поле, изпълнявана от два екипа на Военно-топографската служба на Министерството на отбраната на Република България. Територията на страната е разделена на четири области: северозападна, североизточна, югозападна и югоизточна. Планирано е всяка година един от регионите да бъде завършван с около 100 точки. Както вече е описано по-горе, процедурата по измерване продължава минимум 2 дни и се извършва от трима души – двама за геофизични измервания и един за геодезическо осигуряване на точката. След всяка годишна полева кампания всички измервателни карти се обработват от специалистите на НИГГГ-БАН със записите в ГМО Панагюрище и в резултат се получават компонентите на геомагнитното поле във всяка точка.

## 5. Научни и приложни резултати

### 5.1. Систематизирани данни за елементите на магнитното поле

Първата публикация на данни от ГМО Панагюрище излиза през 1965 г., когато под ръководството на д-р Д. Зидаров, ръководител на секция „Земен магнетизъм и гравиметрия“ на Геофизичния институт, са публикувани първите хартиени годишни геомагнитни бюлетени, изработени съгласно стандартите на IAGA (Международна асоциация по геомагнетизъм и аерономия). Средночасовите стойности на елементите на геомагнитното поле са изчислени от магнитограмата с помощта на специална палетка в съответните магнитни единици, както и среднодневните и средногодишните стойности са получени на ръка. Предпечатът е извършен на пишеща машина, а отпечатването е извършено в поделението на Военно-топографската служба в Троян. По този начин изработването и отпечатването на геомагнитните бюлетени продължава до 1976 г., като годишниците са направени и ретроспективно назад до 1956 г.

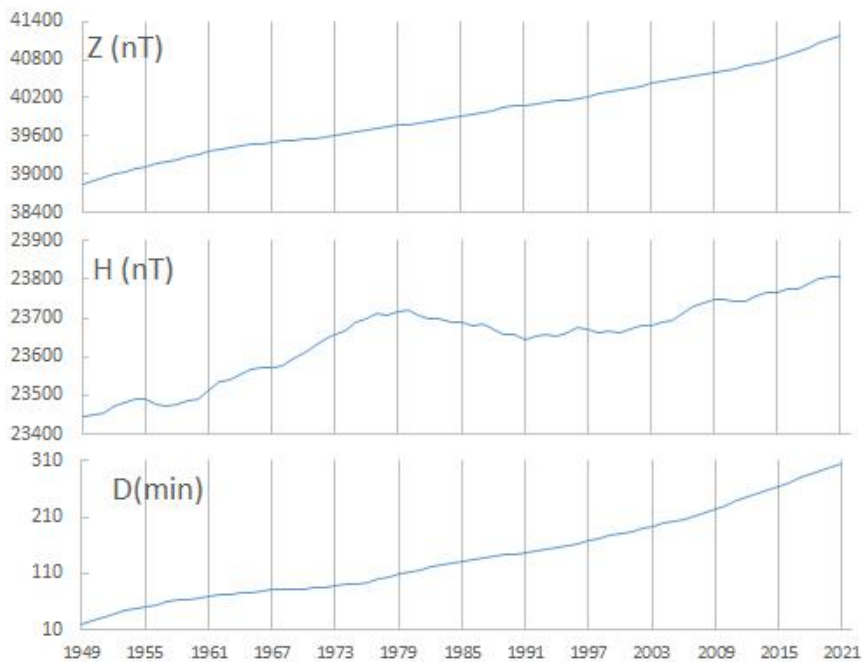
През 1975 г. д-р И. Бъчваров разработва първата програма (за Електронно-изчислителна машина) за обработка на данни и отпечатване на годишници.

Геомагнитните бюлетини от 1976 до 1983 г. са произведени отново на хартия. Копие от тях е предоставено на Световния център за данни (WDC Edinburgh) и други заинтересовани агенции и геомагнитни обсерватории.

През 1983 година е закупен първият персонален компютър, на който е създаден софтуерен пакет на базата на TURBO PASCAL 5.5 и с него започва цифровата обработка и архивирането на данни [6].

От 2007 година насам аналоговата регистрираща апаратура в ГМО Панагюрище е подменена с цифрови записващи системи и реално-временно подаване на минутни данни към Intermagnet. Преустановено е отпечатването на хартиени годни бюлетини, които са заменени от изцяло цифрови стандартизирани файлове.

С цел улесняване на научните и приложните магнитни изследвания, книжките от архива с печатните бюлетини са сканирани и дигитализирани, за да се получи 60-годишен период от записите на геомагнитните елементи в ГМО Панагюрище. Те са конвертирани в приетите формати на IAGA, поставени в локална база данни, която е публично достъпна на интернет страницата на НИГГГ <http://www.niggg.bas.bg/observatories-bg/geomagnetic-observatory-pag/данни-1956-2015/> и предоставени на WDC в Единбург (<http://www.wdc.bgs.ac.uk/dataportal/>).



**Фиг. 5.** Годишен ход на хоризонталната компонента, деклинацията и тоталния интензитет на геомагнитното поле от 1956 година до сега, регистрирани в ГМО Панагюрище

На фиг. 5 е показан годишният ход на деклинацията, хоризонталната компонента и вертикалната компонента на геомагнитното поле от 1949 година до сега, показващ т.нар. секуларна вариация на полето на територията на нашата страна. Анализът на такива дълги редове от данни ще даде възможност за идентифициране на периодичности, свързани със слънцето, луната, движението на Земята и ще позволи изследването на други зависимости между геомагнитното поле и процеси, свързани с космически явления, параметри на климата, земетресения и др.

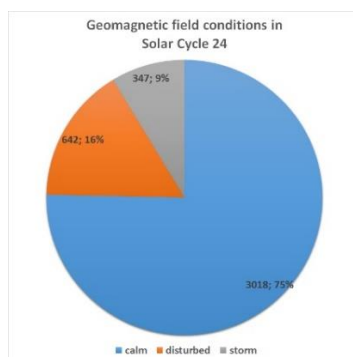
## 5.2. Анализ на състоянието на геомагнитното поле за последния слънчев цикъл

Известно е, че основната периодичност на слънчевата активност е 11-годишният цикъл, открит от немския астроном Хайнрих Швабе преди почти 200 години [7]. Оттогава броят на слънчевите петна ( $SN$ ) се записва непрекъснато и сега тези цикли могат да се проследят за последните 4 века, откакто е изобретен астрономическият телескоп. По време на един слънчев цикъл се наблюдават три фази – възходяща, когато броят на слънчевите петна нараства, максимум на слънчевата активност и време на спад. Слънчевата активност (изхвърляне на коронална маса, слънчеви изригвания, бързи потоци от слънчев вятър и т.н.), която е свързана с броя на слънчевите петна, причинява многобройни ефекти върху Земята, като геомагнитни бури, климатични промени, промени в йоносферата, модулация на космическите лъчи и други, които статистически също следват общите слънчеви периодичности.

Това мотивира изследванията на изменението на наблюдаваната геомагнитна активност на територията на България в един цял слънчев цикъл от неговото начало до неговия „официален“ край. Последният такъв, регистриран под номер 24, започна през декември 2008 г., след слънчев минимум, продължил по-дълго от средното и достигнал рекордно ниски нива на слънчева и геомагнитна активност [8], и завърши през декември 2019 г. според наблюденията на NOAA ([www.swpc.noaa.gov](http://www.swpc.noaa.gov)).

Като мярка за геомагнитната активност, регистрирана в обсерваторията в Панагюрище (PAG), ние използваме тричасовия  $K$ -индекс, който е предназначен да оцени радиацията на слънчевите частици чрез нейните магнитни ефекти и днес се счита за заместител на входящата енергия от слънчевия вятър към Земята.  $K$ -индексът и като разширение планетарният  $Kp$ -индекс е въведен от J. Bartels [9] през 1939 г. и обикновено се използва за характеризиране на силата на геомагнитните бури.

$K$ -индексът често се използва и като количествена мярка за локалната магнитна активност. Той представлява 3-часова квазилогаритмична скала в диапазона от 0 до 9, като 0 означава напълно тихи условия, а 9 представлява екстремно висока магнитна активност. Предназначен е за измерване на геомагнитни смущения извън нормалните дневни вариации през спокойно време ( $Sq$ ). За да има донякъде последователна скала на магнитна активност между обсерваториите на големи географски ширини, където вариациите на полето могат да бъдат доста големи по амплитуда, и тези на ниски географски ширини, на всяка обсерватория е присвоен собствен набор от амплитудни диапазони, съответстващи на различните  $K$ -индексни нива.

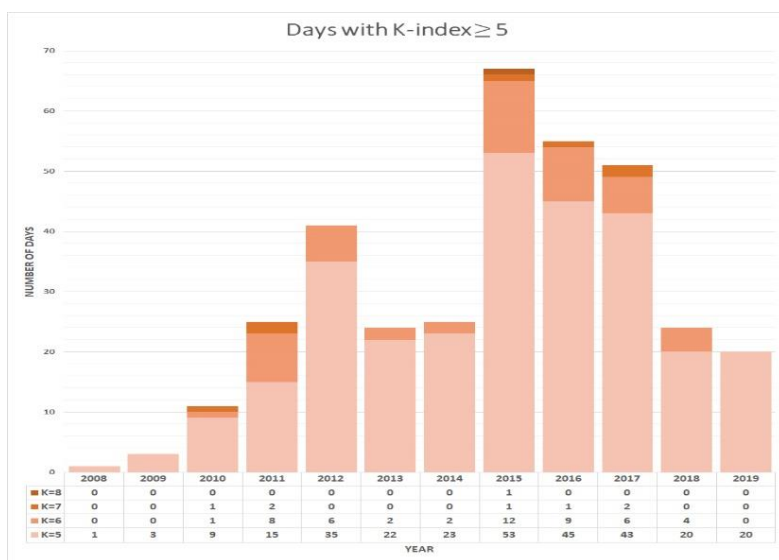


Фиг. 6. Състояние на геомагнитното поле на слънчевия цикъл 24, по записите на ГМО Панагюрище (буря (в оранжево)/смутени дни (в сиво)/спокойни дни (в синьо))

Слънчев цикъл 24 продължи точно 11 години, от декември 2008 г. до декември 2019 г., и записите на РАГ установиха, че за този период е имало 347 дни с условия на геомагнитна буря (фиг. 6). Смутените дни (*K*-индекс = 4) са с 80 % повече – 642 и през останалото време, в продължение на 3042 дни геомагнитното поле е било спокойно [10].

Повечето от бурните дни (289 на брой) са имали нисък *K*-индекс = 5, други 50 дни са достигнали *K* = 6 и само 7 дни са имали *K* = 7. Най-силното събитие е регистрирано на 22 юни 2015 г. и има стойност на *K*-индекса 8.

Графиката на броя на бурните дни за целия 11-годишен период от слънчевия цикъл 24 е показана на фиг. 7. Разпределението на бурните дни по месеци показва, че има два ясно изразени периода: февруари-март и септември-октомври с повече от 30 смутени дни за целия изследван период. Есенните месеци са по-активни от пролетните. Месец юли определено се откроява като най-спокоен месец за разглеждания цикъл.



Фиг. 7. Годишно разпределение на дните с *K*-индекс  $\geq 5$  по време на слънчев цикъл 24, по записите на ГМО Панагюрище, <https://doi.org/10.34975/ctlg-2021.k-ind.v1>

Слънчевият цикъл 24 е обявен за един от най-слабите през последния век от наблюдения. Някои автори предполагат, че слънцето отива към следващия си свръхвековен минимум, но не толкова дълбок, колкото този на Маундер. Подобни са ефектите от записаните геомагнитни събития в обсерваторията РАГ. Наблюдават се два максимума на годишния брой регистрирани геомагнитни бури за целия 11-годишен период. Първият е през 2012 г. (41 дни), а вторият през 2015 г., когато 67 дни са с *K*-индекс  $\geq 5$ . Равносметката показва, че за слънчев цикъл 24, в продължение на 75 % от времето магнитното поле на Земята е било напълно спокойно.

### 5.3. Магнитен модел на територията на Република България за епоха 2020.0

Най-общо, моделите на геомагнитното поле се разделят на глобални и регионални. Публикуваните глобални модели използват различни стратегии. Най-често се разчита на сферичния хармоничен анализ с моделиране на всички налични данни или чрез

моделиране на източниците поотделно. Независимо от това кой от начините е предпочетен, стотиците километри между сателитите в ниска орбита и кристалинните източници водят до замъгляващ ефект. По този начин, един сателит, летиращ на 350 km височина може да даде хоризонтална разделителна способност от не повече от 350 km. На обратно, гъстите наземни и аеромагнитни данни са близки до източниците и осигуряват разделителна способност в рамките на няколко километра. За съжаление обаче, те страдат от неравномерно разпределение на точките по земната повърхност, което налага интерполация и използване на синтетични данни, и съответно привнасяне на грешни честотни сигнали и артефакти.

Тези проблеми се преодоляват частично с регионалните модели, които са предназначени за обработка на гъсти мрежи от данни на различни височини. Глобални модели са разработвани и в миналото, но единствено след 1980 г., когато се получават данните от сателитната мисия MAGSAT, става възможно удовлетворяването на уравнението на Лаплас. Те се базират на сферични сплайнове, wavelets или други типове локални сферични функции.

Първите модели на геомагнитното поле за територията на България са направени за епохи 1960.0, 1965.0, 1970.0 [11] и 1980.0 [12]. Благодарение на това са направени и редица анализи на аномалното поле за територията на страната (като напр. [13 и 14]), които служат за отделяне и интерпретация на основните структурно-тектонски единици в строежа на земната кора.

Последният аналитичен модел на елементите на земното магнитно поле на територията на страната е направен за епоха 2015.0 посредством моделиране на полето с полином от втора степен на географските координати [15]. Няколко години след това този модел е актуализиран с помощта на изопорни карти от секуларните измервания и е съставен възможно най-актуален модел за епоха 2020.0 [16].

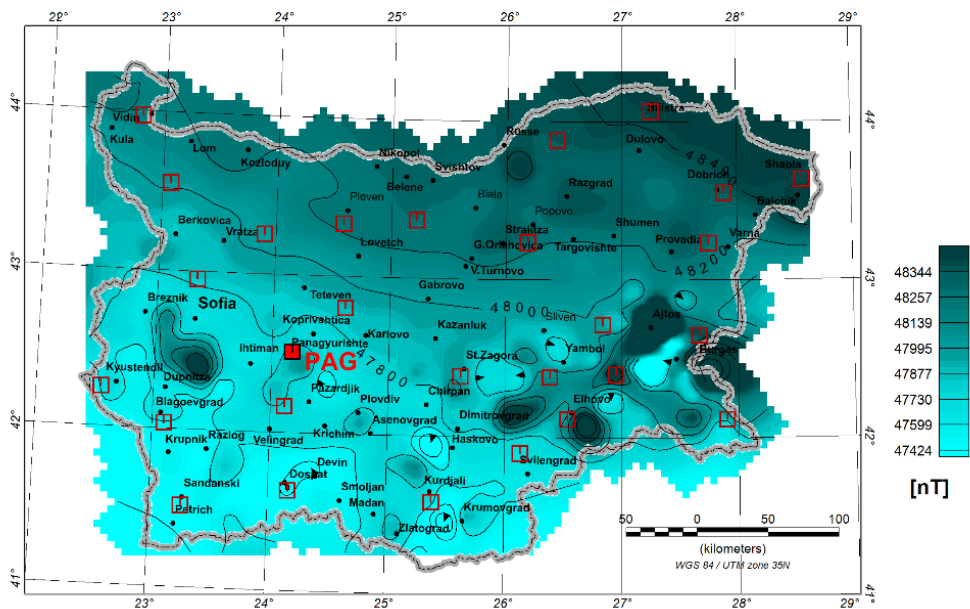
Изследвана е корелацията между тренда на секуларните вариации на всеки отделен компонент във всяка измерена станция и тренда на секуларните вариации в ГМО Панагюрище за същия период. По този начин са получени коефициенти, които позволяват изчисляването на вековите вариации на елементите на геомагнитното поле в станциите от мрежата за дългите интервали от време без реални измервания, като се използват само данни от ГМО Панагюрище и уравнението:

$$\Delta E_{\varphi,\lambda}(t_2) = \alpha \Delta E_{\varphi,\lambda}(t_1), \quad (3)$$

където  $\Delta E_{\varphi,\lambda}(t_2)$  е прогнозираната секуларна вариация на елемента в повторната станция (в nT/год) за периода  $t_2$  (в години) без полеви измервания,  $\Delta E_{\varphi,\lambda}(t_1)$  е секуларната вариация на известен елемент в повторната станция (в nT/год) за период  $t_1$  (в години),  $\varphi$  и  $\lambda$  са географски координати (географска ширина и дължина).  $\alpha = \Delta E_{PAG}(t_2) / \Delta E_{PAG}(t_1)$  е съотношението между вековите вариации на елемента за двата периода, съгласно записите в ГМО Панагюрище.

На фиг. 8 е показано пространственото изменение на интензитета на геомагнитното поле за територията на страната, съгласно получените моделни стойности за 2020.0.

Тоталният интензитет ( $F$ ), определен за епоха 2020.0, варира между 46 300 и 49 000 nT с нарастващ тренд от югозапад на североизток и няколко добре очертани аномални зони със силно магнитни скали в района на Витоша и Верила планина, Манастирските възвишения в Югоизточна България, между Горнотракийската низина и Елховското поле, около градовете Айтос и Бургас.



Фиг. 8. Карта на пространственото разпределение на тоталния интензитет  $F$  [nT] на геомагнитното поле на територията на България за епоха 2020.

## Благодарности

Настоящата научноизследователска разработка е част от проект Национален геоинформационен център, с договор Д01-164/28.07.2022 г. и е подкрепена финансово от Националната пътна карта за научна инфраструктура 2020 – 2027 при МОН.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Butchvarov, I., Cholakov, I.* Field and observatory geomagnetic measurements in Bulgaria, in Rasson and Delipetrov (eds.). Geomagnetism for Aeronautical Safety, Springer, NATO, Netherlands, 2006.
2. *Cholakov, I.* 60 years geomagnetic observatory Panagjuriste. VIIIth IAGA Workshop on Geomagnetic Observatory Instruments, Data Acquisition and Processing, Science Technical Report STR98/21, Potsdam, Germany 1998.
3. *Chamati, M.* ULF geomagnetic observation at Panagjurishte, Bulgaria as a tool for investigation of the magnetosphere-ionosphere-lithosphere system. BGJ, Vol. 43, pp. 89-97, 2020.
4. *Mihovski, S.* Prilozhenie na GNSS tehnologiite za osavremenyavane i razvitie na polevite geomagnitni izmervania v Bulgaria, Disertatsia. Sofia, 2012 (in Bulg.).

5. *Buchvarov, I.* Geomagnetno pole, geomagnetni izmervania i modeli, kartografirane na poletu. // Bulgarian Geophysical Journal, Vol. 43, p. 98-109. 2020 <https://doi.org/10.34975/BGJ-2020.43.9>.
6. *Butchvarov, I.* Processing and organization of the data obtained from the analog magnetograms of Panagjurishte Geomagnetic Observatory. // Bulgarian Geophysical Journal, 32, p. 43-54, 2006.
7. *Schwabe, H.* Sonnen beobachtungen im Jahre 1843. Astronomische Nachrichten. 21: 233-236. 1843 (in German).
8. *Solomon, S. C., Woods, T. N., Didkovsky, L. V., Emmert, J. T., Qian, L.* Anomalously low solar extreme-ultraviolet irradiance and thermospheric density during solar minimum. Geophys Res Lett 37: L16103, 2010.
9. *Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F.* The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. Terr. Magn. Atmos. Elec., 44, 455, 1939.
10. *Metodiev, M.* Local geomagnetic activity recorded on the Bulgarian territory for the Solar cycle 24. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 2021, DOI10.5593/sgem2021/1.1/s05.093, 509-518.
11. *Buchvarov, I., Kostov, K.* Predstaviane na geomagnetnoto pole v Bulgaria epoha 1960.0, 1965.0, 1970.0 s polinom ot vtora stepen na geografskite koordinati. BGJ., vol. VII, pp. 51-62 1981 (in Russian).
12. *Buchvarov, I., Cholakov, I.* Normalno geomagnetno pole na teritoriyata na Bulgaria – 1980.0. BGJ., vol. XVII, pp. 77-88, 1980 (in Bulg.).
13. *Buchvarov, I., Cholakov, Il.* Geomagnetno pole na teritoriyata na Bulgaria – epoha 1990.0. BGJ., vol. XX, 4, 58-65, 1994 (in Bulg.).
14. *Buchvarov, I., Cholakov, I.* Anomalno geomagnetno pole na teritoriyata na Bulgaria – 1980.0. BGJ., vol. XXI, 59-72, 1995 (in Bulg.).
15. *Metodiev, M., Trifonova, P.* Bulgarian Geomagnetic Reference Field (BulGRF) for 2015.0 and secular variation prediction model up to 2020. Annales Geophysicae, 35, 5, pp 1085-1092, 2017, <https://doi.org/10.5194/angeo-35-1085-2017>.
16. *Metodiev, M., Trifonova, P.* Geomagnetic field elements of the Bulgarian territory for 2020.0 epoch. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, 20, 1.2, 2020, ISSN: 1314-2704, DOI:10.5593/sgem2020/1.2/s05.069, 543-550.

# GEOMAGNETIC OBSERVATORY PANAGYURISHTE – 85 YEARS OF NATIONAL OPERATIONAL SERVICE

P. Trifonova<sup>1</sup>, M. Metodiev<sup>2</sup>, I. Radev<sup>3</sup>

*Keywords: geomagnetic field, magnetic declination, topographic maps, repeat station network, Bulgaria*

## ABSTRACT

An important part of the geodetic and cartography tasks with national importance are the declination measurement and elaboration of magnetic model of the Republic of Bulgaria. The successful implementation of these activities would be impossible without the continuous field registration carried out at the Panagyurishte Geomagnetic Observatory, part of the National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography of BAS. Together with the Military Geographic Service of the Ministry of Defense and the Faculty of Geodesy of the University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, the scientific and the applied and experimental support is provided for the implementation of high-precision measurements and precise calculation of the geodetic coordinates and magnetic declination of the national network of magnetic stations located at the territory of the country.

The present work describes the main stages in the 85-year history of the Panagyurishte Geomagnetic Observatory, provides information on the results of periodic measurements of the secular network and presents the current values of the magnetic field model on the territory of Bulgaria, obtained for 2020.0 epoch.

---

<sup>1</sup> Petya Trifonova, Assoc. Prof. Dr. Eng., National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography-Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev St., bl. 3, Sofia 1113, e-mail: [p.trifonova@abv.bg](mailto:p.trifonova@abv.bg)

<sup>2</sup> Metodi Metodiev, Assoc. Prof. Dr. Eng., National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography-Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev St., bl. 3, Sofia 1113, e-mail: [m.i.metodiev@gmail.com](mailto:m.i.metodiev@gmail.com)

<sup>3</sup> Ivaylo Radev, Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Geodesy", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: [ivoradev\\_bg@abv.bg](mailto:ivoradev_bg@abv.bg)