

ՄԻՋԱՎԱՅՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԵՎ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒՄԸ GPS  
ՉԱՓՈՒՄՆԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎՐԱ

Գլոբալ նավիգացիոն արբանյակային համակարգերի աշխատանքի վրա մեծ ազդեցություն ունեն մթնոլորտային պայմանները, որոնց ազդեցությունը հաշվի չառնելու դեպքում GPS չափումները կստացվեն մեծ սխալներով: Չափումների ճշտության բարձրացման համար օգտագործվում են մթնոլորտի տարբեր մոդելներ: Առավել լայն օգտագործվող մոդելը Երկիր մոլորակը շրջապատող, տարբեր հաստությամբ շերտերից կազմված և տարբեր ֆիզիկական հատկություններ ունեցող միջավայրն է: Էլեկտրամագնիսական ալիքների վրա իրենց ֆիզիկական բնութագրիչների ուժով առավել մեծ ազդեցություն են թողնում երկու շերտեր՝ իոնոսֆերան և տրոպոսֆերան:

**Առանցքային բառեր.** նավիգացիա, մթնոլորտ, սխալ, իոնոսֆերա, տրոպոսֆերա

GPS ալիքի տարածման արագությունը ցանկացած հեռաչափական համակարգում ունի կարևոր նշանակություն: Հենց արագության միջոցով է որոշվում գծի երկարությունը չափումների ժամանակ: Այն ալիքները, որոնք հաղորդվում են GNSS արբանյակներից դեպի Երկիր, պետք է անցնեն Երկրի մթնոլորտով, որի լիցքավորված մասնիկների, չեզոք ատոմների և մոլեկուլների հետ շփվելով՝ ալիքների արագությունը և ուղղությունը ենթարկվում են փոփոխության: Ալիքի տարածման առավել բնութագրիչ հատվածներ են համարվում տրոպոսֆերան, ստրատոսֆերան և իոնոսֆերան:

Մթնոլորտի կառուցվածքի առավել լայն օգտագործվող մոդելը Երկիր մոլորակը շրջապատող, տարբեր հաստությամբ շերտերից կազմված և տարբեր ֆիզիկական հատկություններ ունեցող միջավայրն է [1]: Ջերմաստիճանի բաշխման հետևանքով ըստ բարձրությունների դասակարգվում են հետևյալ հիմնական շերտերը (նկ.1). տրոպոսֆերա՝ 9...17 կմ, ստրատոսֆերա՝ մինչև 50..55 կմ, մեզոսֆերա՝ մինչև 80...85 կմ, թերմոսֆերա: Անցումային շերտերը կամ այս շերտերի միջև սահմանները կրում են հետևյալ անունները. տրոպոսֆերայի և ստրատոսֆերայի միջև՝ տրոպոպաուզար, ստրատոսֆերայի և մեզոսֆերայի միջև՝ ստրատոպաուզար, մեզոսֆերայի և թերմոսֆերայի միջև՝ մեզոպաուզար: Ըստ ֆիզիկաքիմիական բնութագրերի տարանջատվում են. օզոնոսֆերա՝ 10...50 կմ, չեզոք մթնոլորտ՝ Երկրի մակերևույթից մինչև 70...80 կմ, իոնոսֆերա՝ 70...80 կմ-ից բարձր, հեմոսֆերա՝ ստրատոսֆերայից մինչև տրոպոսֆերայի ներքին մասը:

Էլեկտրամագնիսական ալիքների վրա իրենց ֆիզիկական բնութագրիչների ուժով առավել մեծ ազդեցություն են թողնում երկու շերտեր: Եթե շերտերը բաժանվում են իրենց էլեկտրամագնիսական բնութագրիչների հիման վրա, ապա ալիքի տարածման վրա նշանակալի

ազդեցություն է գործում իոնոսֆերան: Դրանք կազմված են «արեգակնային քամուց» իոնացված մասնիկներից, որոնք ազատված են էլեկտրոնների իոնացումից: Իոնների էլեկտրական դաշտն ազդում է էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման արագության վրա:

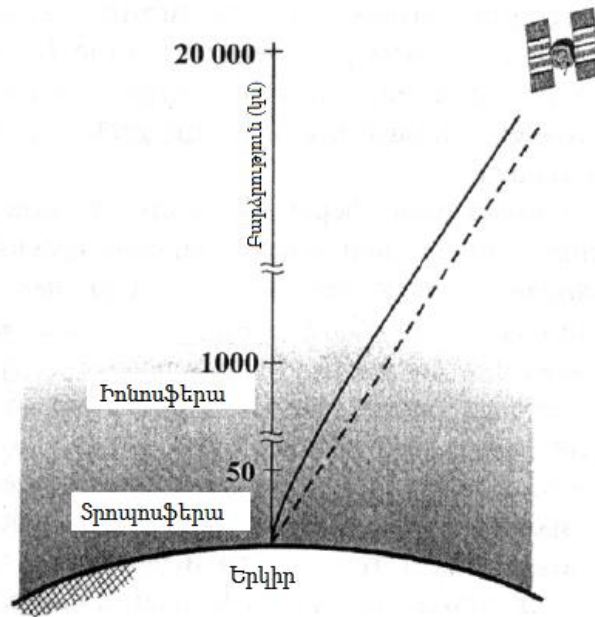
Թերմոսֆերա	Վերին մթնոլորտ	Մագնիսական սֆերա 1500 կմ
100 կմ		Իոնոսֆերա
Մեզոսֆերա	Ստորին մթնոլորտ	50 կմ
Ստրատոսֆերա		
Տրոպոսֆերա		

**Նկ. 1. Երկրի մթնոլորտի կառուցվածքը**

Իոնոսֆերայից ներքև տեղակայված չեզոք մթնոլորտի շերտը նույնպես ազդում է էլեկտրամագնիսական ալիքների տարածման վրա: Այս շերտում պարունակվող ատոմները և մոլեկուլներն էլեկտրականորեն չեզոք են, այսինքն մինչև 30 ԳՀց հաճախությունների համար այդ միջավայրը ցրող դեր չի կատարում: Սակայն դրանք ազդում են միջավայրի ցուցիչի վրա՝ փոքրացնելով արագությունը և կորացնելով ալիքի տարածման ուղին, ինչի հետևանքով ալիքն ուշանում է անօդ միջավայրում (վակուումում) կատարված հաշվարկների համեմատ [2]:

Ինչպես արդեն նշվեց, GPS ալիքը ենթարկվում է արբանյակից մինչև ընդունիչ ընկած միջավայրի ազդեցության, որի միջով այն տարածվում է: Անցած ճանապարհը գտնվում է 26000 կմ-ից (եթե արբանյակը գտնվում է զենիթում) 20000 կմ-ի (արբանյակի ծագման և մայրամուտի պահը) սահմաններում: Կարելի է համարել, որ ալիքների անցման ճանապարհի միայն մի մասն է գտնվում անօդ տարածությունում, որում ալիքի արագությունը հաստատուն է և կազմում է  $c=299792458$  մ/վ, որը մեզ հայտնի է որպես հաստատուն մեծություն: Երկրի մակերևույթին մոտենալով (նկ.2), մոտ 1000 կմ բարձրության վրա ալիքը, անցնելով լիցքավորված մասնիկների միջով, մուտք է գործում իոնոսֆերա: Երկրագնդի մակերևույթին ավելի մոտ սահմաններում՝ 40 կմ բարձրության վրա, ալիքը բախվում է էլեկտրականապես չեզոք գազային մթնոլորտին՝ տրոպոսֆերային:

Երկրի մթնոլորտում GPS ալիքի ռեֆրակցիան հանգեցնում է ալիքի արագության և ուղղության փոփոխությանը: Մթնոլորտը փոփոխում է միջավայրում ռադիոալիքների տարածման արագությունը: Այս երևույթը կոչվում է *ռեֆրակցիա*: Տարածման արագության փոփոխությունը հանգեցնում է ալիքի տարածման ժամանակահատվածի փոփոխությանը, որը GPS համակարգում չափումների հիմնական բաղկացուցիչն է: Համառոտակի ուսումնասիրենք ռեֆրակցիայի բնույթը և ռադիոալիքների տարածումը:



Նկ. 2. Երկրի մթնոլորտում GPS ալիքի ռեֆրակցիան

Միջավայրի բեկման ցուցիչը՝  $n$ -ը անօդ տարածությունում ալիքի տարածման արագության՝  $c$  հարաբերությունն է տարածման արագությանը միջավայրում՝  $v$  .

$$n = c/v: \quad (1)$$

Քանի որ տրոպոսֆերան և իոնոսֆերան իրենց կազմով միատարր չեն, ալիքի բեկման ցուցիչն իր անցման ճանապարհին փոփոխության է ենթարկվում: Բեկման ցուցիչի տարբեր արժեքներ ունեցող երկու միջավայրերի սահմանում ազդանշանի ճառագայթի շեղումն իրական ճանապարհից նկարագրվում է Մնեվիուսի օրենքով.

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2, \quad (2)$$

որտեղ  $n_1$ -ը բեկման ցուցիչն է առաջին միջավայրում,  $\theta_1$ -ն՝ անկման անկյունը (ընկնող ալիքի ուղղության և միջավայրերի միջև մակերևույթի նորմալի կազմած անկյունը),  $n_2$ -ը՝ երկրորդ միջավայրի բեկման ցուցիչը,  $\theta_2$ -ն՝ ձևափոխված ալիքի ուղղության և մակերևույթի նորմալի միջև կազմված անկյունը:

Ճանապարհի շեղումը Ֆերմիի սկզբունքի ուղիղ հետևությունն է, ըստ որի բոլոր հնարավոր ճանապարհներից լույսը տարածվում է հնարավորինս ամենակարճով: Այսպիսով, ալիքի արագության փոփոխությունը հանգեցնում է ալիքի տարածման ժամանակի փոփոխությանը, որն էլ իր հերթին՝ մինչև արբանյակը եղած հեռավորության փոփոխությանը: Միջավայրում բեկման ցուցիչի փոփոխությունը հանգեցնում է ազդանշանի ճանապարհի կորացմանը՝ անցման ճանապարհը դարձնելով ավելի երկար, քան երկրաչափական երկարությունն է (նկ.2) [3]:

Գիտենալով տարածման ճանապարհի երկայնքով բեկման ցուցիչի կտրվածքը  $S$  արբանյակից մինչև  $R$  ընդունիչի հատվածում, անցումային ժամանակը կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$\tau = \frac{1}{c} \int_S^R n(s) ds, \quad (3)$$

որտեղ ինտեգրացումը կատարվում է ալիքի տարածման ճանապարհի երկայնքով, իսկ  $n(s)$ -ը ցույց է տալիս միջավայրի բեկման ցուցիչի փոփոխությունը[4]: Ալիքի տարածման ուղացման բանաձևը կարելի է գրել հետևյալ տեսքով.

$$\tau = 1/c \int_S^R [n(s)-1] ds, \quad (4)$$

կամ

$$\Delta s = \int_S^R [n(s)-1] ds: \quad (5)$$

Միջավայրի բեկման ցուցիչը կախված է ալիքի հաճախությունից, ուստի ցրող է: Հայտնի է, օրինակ, որ ապակե պրիզման տեսանելի լույսի համար ցրող է: L դիապազոնի ռադիոալիքների համար իոնոսֆերան ցրող է, իսկ տրոպոսֆերան՝ չեզոք միջավայր: Իոնոսֆերայի և տրոպոսֆերայի միջով ալիքի անցման ժամանակի ուղացման չափը որոշելու համար հարկավոր է ճշտել բեկման ցուցիչը տարածման ճանապարհի ամբողջ երկայնքով:

**С.В.Товмасын**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ДАННЫЕ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ**

*Работа глобальных навигационных спутниковых систем в значительной степени зависит от атмосферных условий, не учтении которых приведет к большим ошибкам в GPS измерениях. Для повышения точности измерений используют различные климатические модели. Наиболее широко используемая модель – среда, окружающая Землю, и состоящая из слоев разной толщины и обладающая различными физическими свойствами. На физические характеристики электромагнитных волн большое влияние оказывают два слоя: ионосфера и тропосфера.*

**Ключевые слова:** навигация, спутник, атмосфера, ошибка, ионосфера, тропосфера

**S.V.Tovmasyan**

#### **INVESTIGATION AND ANALYSIS OF THE IMPACT OF THE ENVIRONMENT ON THE DATA OF GPS MEASUREMENTS**

*The atmospheric conditions have big influence on the global navigation satellite systems. If we do not take into account these impacts, our GPS measurements will have large errors. To increase accuracy of measurements, different atmospheric models are used. The most widely used model is an environment around the Earth, which is composed of layers with different thickness and physical conditions. Especially two layers - ionosphere and troposphere with their physical characteristics have big influence on the electromagnetic waves.*

**Keywords:** navigation, satellite, atmosphere, error, ionosphere, troposphere

## Գրականություն

1. Global Positioning System, Standard Positioning System Service, Signal Specification. - 2<sup>nd</sup> Edition. – 1995. – URL: <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/sigspec/gpssps1.pdf>.
2. NAVCEN: GPS SPS Signal Specifications. - 2<sup>nd</sup> Edition. – 1995. - URL: <http://www.navcen.uscg.gov/pubs/gps/sigspec/gpssps1.pdf>.
3. **Lemme H.** Schnelles Spread-Spectrum-Modem auf einem Chip // Electronic. –1996. - H.15. - S.38-45.
4. [http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote\\_number/1890](http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/1890).

**Թովմասյան Սուրեն Վլադիմիրի** (ՀՀ, Երևան)- ՃՀՀԱՀ, Բնօճեներական գեոդեզիայի ամբիոն, դասախոս, հայցորդ, (077) 100349, [suren.tovmasyan@gmail.com](mailto:suren.tovmasyan@gmail.com):

**Товмасын Сурен Владимирович** (РА, Ереван)- НУАСА, кафедра Инженерной геодезии, преподаватель, соискатель, (077) 100349, [suren.tovmasyan@gmail.com](mailto:suren.tovmasyan@gmail.com) .

**Tovmasyan Suren Vladimir** (RA, Yerevan) – NUACA, Chair of engineering geodesy, lecturer, applicant, (077)100349, [suren.tovmasyan@gmail.com](mailto:suren.tovmasyan@gmail.com) .

Ներկայացվել է՝ 10.10.2014

Ընդունվել է տպագրության՝ 24.10.2014