

АСТРОНОМСКИ РАДОВИ ВОЈНОГЕОГРАФСКОГ ИНСТИТУТА

СТЕВАН РАДОЈЧИЋ

Управа за оперативне послове ГШ Војске Србије, Београд, Србија
e-mail: stradojcic@sezampro.yu

Резиме. У раду се даје преглед астрономских радова Војногеографског института из Београда, од оснивања 1876. до данас.

1. УВОД

Све до формирања Артиљеријске школе 1850. године (која је 1880. године преименована у Војну академију), српски официри су се школовали на страним војним школама, најчешће аустријским, руским и француским. Тамо су стицали и прва знања о астрономији, без којих се тада није могла ни замислити успешна официрска каријера у великим европским државама.

План и програм Војне академије је био уређен по узору на најбоље војне школе тога времена. Делом због тога, а делом због специфичног стања у Србији, предавања из астрономије су била његов саставни део. Наиме, Србија све до пред крај 19. века није имала карте крупнијег размера, па су најразличитије војне потребе за таквим картама решаване парцијално, крокирањем или израдом итинерера који би се затим, астрономским методама геореференцирали и, по потреби, спајали у веће целине; не чуди стога што су српске карте тога времена, највећим делом израђивали и потписивали официри. Истовремено, државна управа је од српских официра очекивала да се у местима где службују - посебно ако се ради о мањим гарнизонима - ангажују на активностима којима се унапређује културни и образовни ниво становништва, па је познавање астрономије било од користи и за ту мисију.

Када је 1876. године формирана посебна установе са задатаком да премерава земљиште и војсци обезбеди све потребне карте – Географско одељење Главног генералштаба (доцнији Војногеографски институт) – значај астрономије у Српској војсци је добио нову димензију. Сада је било неопходно пуно уже, специјализовано астрономско знање какво се тражило

у модерним радовима у геодезији тога времена - ради дефинисања геодетског датума (позиционирања и оријентације усвојеног елипсоида), контролу оријентације тригонометријске мреже, строге обраде нивелманске мреже, одређивање геоида, учешћа у међународним научним пројектима и разна испитивања тригонометријских мрежа.

И доиста, прве такве радове Одељење је предузело 1882. године, како би се утврдио узрок неслагања координата тачака које су на српској територији одредили Аустријанци 1875. године и Руси 1879. године, а са којих је 1881. године започело премер Србије у размеру 1: 50 000. Међутим, први организовани, систематски, модерни астрономски радови почињу на самом крају 19. века – 1900. године, када су на првој од укупно 30 тачака широм Србије одређени време, ширина и азимут, са циљем одређивања облика геоида.

У периоду између два светска рата, астрономска мерења Војногеографског института (ВГИ) добијају замаха, како по разноврсности, тако и по интензитету, а након Другог светског рата и своју кулминацију, у периоду до средине седамдесетих година двадесетог века. У том дугом периоду ВГИ је био пионир и главни (а у појединим периодима и једини) промотер геодетске астрономије у Србији и дао је немерљив допринос њеном развоју у нашим условима.

У овом чланку се тај допринос сагледава у основним цртама и то више као преглед главних радова, без претензија да се оцењује њихов квалитет или дају коначне оцене.

2. РАДОВИ У КРАЉЕВИНИ СРБИЈИ

Прве радове Географског одељења у области астрономије предузео је 1882. године његов начелник, генералштабни потпуковник Радован Милетић (1844-1925). Овај врсни генералштабни официр, бриљантан командант у ратовима 1876-78, доцнији пуковник и министар војни, војни теоретичар, професор математике и геодезије на Војној академији, основно геодетско образовање је стекао специјализацијом на бечком Војногеографском институту током школске 1874/75 године. Доласком на чело Географског одељења 1882. године, извршио је реорганизацију тек започетог топографског премера Србије и поставио Географско одељење на основе на којима је оно почивало све до прерастања у Институт, 1920. године. Већ у првој години сусрео са проблемом великих разлика координата споменутих аустријских и руских тачака на којима је почивао српски премер. Да се не би понављали до тада извршени радови, „најкорисније је било да се подвргну испиту оба поменута система триангулациона, и да се оцени који од њих да се узме за основ даљем развоју послова, а до тад премерен део да се трансформацијом редуцира на онај, који се као тачан нађе“ (Милетић, 1885). С тим у вези, одлучено је да се изврше „астрономска посматрања у Београду, Нишу, Лесковцу, Врању, Рашкој итд, те да се из директне одредбе географских координата тих места тачно испита, који је од поменутих система тачака тачан и као такав да се усвоји“ (Милетић, 1885). Наведена

астрономска мерења односе се, колико је данас познато, на телеграфско одређивање дужина (лонгитуда). У цитираном чланку Милетић описује како је вршено повезивање часовника са телеграфом, спомиње пасажни инструмент који је коришћен и наводи учеснике овог пионирског рада (о евентуалном одређивању ширина нема ни речи). Опис мерења, резултате и закључак оставља за наредни број часописа за који је писао („Ратник“). Међутим, у наредном и следећим бројевима тог наставка нема. Штета, јер је то једино до сада пронађено сведочанство о овим радовима, јединим те врсте предузетим у Србији¹.

Први систематски радови ВГИ у области астрономије почињу крајем деветнаестог века и везани су за име Стевана П. Бошковића (1876-1957), тада капетана и начелника Тригонометријског одека, доцнијег дугогодишњег начелника ВГИ (1900-1937), геодетског генерала и академика из области геодезије. Геодетско и астрономско знање стекао је у руским војним школама, на које је упућен две године по завршетку београдске Војне академије. У Русији се школовао седам година (1892-1899), од којих последње две и по на Главној астрономској опсерваторији у Пулкову. Офицер са таквим знањима био је неопходан Српској војсци (и држави) као пројектант и организатор успостављања савремене геодетске основе неопходне за израду крупноразмерних топографских карата и других геодетских, топографских и картографских радова у вези са тим.

Међутим, Бошковић је, очигледно надахнут Пулковом, хтео пуно више – да утврди облик геоида на територији Србије. Непосредан повод за овај, у то доба прворазредни научни задатак, био је потреба утврђивања порекла и узрока споменутих неслагања руских и аустроугарских геодетских радова, извршених у другој половини 19. века, до којих је долазило управо дуж српске територије. О томе и о припремама за овај подухват Бошковић је, пола века доцније, записао следеће: “што се тиче ... питања о пореклу и узроку геодетског те и картографског, углавном лонгитудиналног, неслагања у земљама Понтиског и Панонског басена ја сам још крајем прошлог столећа, студирајући то питање на Пулковској опсерваторији, а приори наслућивао да то неслагање произлази углавном због врло вероватног супротног скретања вертикале (виска) од њеног нормалног положаја према идеалној кривој површини земног сфероида, што произлази услед локалног атракционог поремећаја интензитета теже, изазваног структуром споменутог карпатско-балканског планинског лука. Зато сам још тада створио план својих геодетских и астрономских радова тако да бих на тим експедицијама а постериори утврдио истинитост тих својих наслућивања. Припремио сам за то два универзална инструмента за геодетска и астрономска посматрања, 12 хронометара, анероиде и термометре; срачунао ефемериде парова звезда за одредбу времена из астрономских опсервација методом Цингера за тачке свих географских ширина тадање Србије; тако исто, и за исте географске

¹ Из других извора је познато да је премер сведен на аустријске тачке и тако успешно довршен 1892. године.

ширине, срачунао сам ефемериде парова звезда за одредбу географске ширине места из астрономских опсервација методом Пјевцова и ефемериде Поларне звезде (α Урсae минорис) за одредбу азимута класичном методом. Планирао сам рад тако да паралелно са мерењем хоризонталних и вертикалних углова триангулације извршим и астрономска мерења за одредбу времена, географске ширине и азимута, изабравши за то низ тачака на највишим нашим планинама као и низ тачака у нашим речним долинама, рачунајући да ће се тако најбоље испитати и открити наслућивани локални атракциони утицаји на поремећај нормалног правца интензитета теже, па отуд и скретање вертикале.“ ... (Бошковић, 1952).

Два универзална инструмента које Бошковић спомиње су теодолити швајцарске фирме Керн (16417 и 16418). Њих је у Пулкову Бошковић испитао, а висинске либеле преуредио тако да су се могле користити као Талкотове, како се опајач приликом опсервација не би морао, ради одржавања дурбина на истој висини (алмукуантарату) и читања либеле, кретати око инструмента.

Планирана мерења су извршена у периоду од 1900. до 1911. године, на 30 тачака равномерно распоређених на државној територији (слика 1).

Свака тачка са које су вршена астрономска опажања стабилизована је стубом фундираним на дубину од око једног метра, постављеним над подземним центром. Инструмент је током опажања био заштићен јаким кудељним платном висине 1,8 метара, затегнутим око 6 стубова пободених вертикално око инструмента².

Рад на тачки је почињао одређивањем азимута, још у видном делу дана, а затим је следовало одређивање времена, па ширине, па опет времена. Таквим поступком обезбеђено је да су парови звезда за одређивање времена опажани готово једновремено са паровима звезда за одредбу ширине, а да при томе одређивање азимута није било много часова удаљено од одредбе времена³.

Азимути су одређивани класичном методом по Полари. Мерења су вршена у 12 дуплих гируса⁴. Рачунање је вршено по формулама које је Н. Ј. Цингер⁵ публиковао 1899. године у свом знаменитом делу Курс астрономије (две књиге), коју је Бошковић доцније (1925. и 1928. године) превео на српски језик. Средња грешка се налази у интервалу од $\pm 0.38''$ до $\pm 1.08''$, што је примерено циљевима овог рада.

Одређивање времена (тј. корекција хронометра) вршена је Цингеровом методом, посматрањем парова звезда на једнаким висинама (око првог вертикала). Мерења на свакој тачки су вршена просечно три вечери (од 2 до 7, осим 1900. године код Параћина, када је мерено 19 вечери). Опажан је различит број парова звезда, од 2 до 42 (просечно 10-15).

² Бошковић је овако уређено опајачко место називао "покретна опсерваторија" (Бошковић, 1952).

³ Детаљније у: Радојчић, 1998.

⁴ Детаљније у: Радојчић, 1998.

⁵ Николај Јаковљевич Цингер (1842-1918).

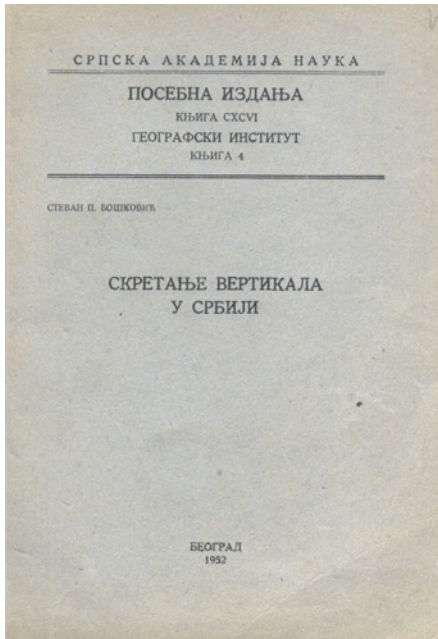


Слика 1: Астрономски радови ВГИ у Краљевини Србији.

Ширина је одређивана Пјевцевљевом⁶ методом, заснованом на посматрању парова звезда на једнаким висинама (око меридијана). Остварена тачност одређивања географске ширине се налази у границама од $\pm 0.1''$ до $\pm 0.9''$ (само на 5 тачака је грешка већа од $\pm 0.5''$), што је сасвим довољно с обзиром на циљ мерења и примерено могућностима инструмента и методе. Разлика у тачности одређивања на појединим тачкама последица је углавном разлике у броју опажаних парова (од 5 до 37, просечно 10-15) - што је више опажаних парова, тачност је боља.

Резултати наведених мерења потпуно су обрађени тек након Првог светског рата. Наиме, Географско одељење је 1910. године ангажовано на катастарским радовима на Дрини, што је тада био прворазредни државни задатак, а након тога је приступило припремама за балкански рат. Потом су уследили ратови (који су за Српску војску трајали од 1912. до 1920. године), а затим хитни и велики радови на премеру и изради карте нове државе Јужних Словена, тако да се обрада стално одлагала.

⁶ Михаил Васиљевич Пјевцов (1843-1902).



Слика 2: Насловна страна књиге *Скретање вертикала у Србији*.

ваторија у раду", није познато да ли су на Калемегдану, осим наведеног стуба, постојали и неки павиљони или слични објекти и да ли је ишта опажено.

3. РАДОВИ У КРАЉЕВИНИ СХС (ЈУГОСЛАВИЈИ)

Након Првог светског рата, пред Географским одељењем су стајали нови задаци и изазови. Стварањем Краљевине СХС 1918. године, државна територија је значајно увећана, а тиме и обим и врста задатака Одељења. Неки од тих задатака су били хитни и краткорочни, други су захтевали студиозне кадровске, материјалне и организацијске припреме. То је условило реорганизацију Географског одељења, које 1920. године прераста у Географски институт (од 1923. године ради под називом Војни Географски Институт). Персонал је значајно увећан, руским геодетским официрима и чиновницима избеглим пред налетом Октобарске револуције, као и официрима бечког Војногеографског института словенског порекла, који су се након распада аустроугарске монархије и укидања војних институција геодетску и војничку каријеру наставили као официри Војске СХС.

Промењена је и унутрашња организација установе; она има шест одсека, устројених према областима рада. Ствара се и школа за образовање стручног кадра, најпре Нижа (1925), а потом и Виша геодетска школа (1930. године).

Почиње и активно учешће ВГИ у раду Међународне геодетске и геофизичке уније, Међународне географски уније и других међународних научних и стручних удружења.

Наведени чиниоци обележили су и астрономске радове ВГИ. Наиме, формиран је Астрономско-геодетски одсек, о чијем значају сведочи податак да је његов начелник - геодетски пуковник, доцнији генерал, Милорад Терзић, 1879-1939) - био уједно и заменик начелника ВГИ. Овом Одсеку је придодат већи број руских геодета-емиграната који су, осим других послова у Одсеку, на прелазу 1922/23. године обрадили предратна Бошковићева мерења у Србији (према елаборату који је сачуван до данас, у обради је учествовало једнаест Руса).

ВГИ је након Првог светског рата добио и нову зграду, посебно грађену за његове потребе, у оквиру које је саграђена и скромна, али савремена опсерваторија, примерена научним и практичним потребама једне геодетске установе⁷.

Осим због наставка радова на одређивању облика геоида, астрономски радови ВГИ у овом периоду добрим делом су проистицали из међународне геодетске сарадње. То се посебно односи на тзв. Прво и Друго одређивање географске ширине Београда и мерења дуж лука 22. меридијана (22° источне географске дужине) и 45. паралеле (45° северне географске ширине, тзв. "средња паралела"). Реч је о низу тачака, углавном триангулације I реда, на којима су мерени ширина, азимут и време, а у доцнијим годинама и дужина. Међународне пројекте мерења дуж 22. меридијана и 45. паралеле иницирао је начелник ВГИ, Стеван П. Бошковић, који је у дугом временском периоду био и председник сталних комисија посебно формираних ради праћења и координације одговарајућих националних и међународних радова.

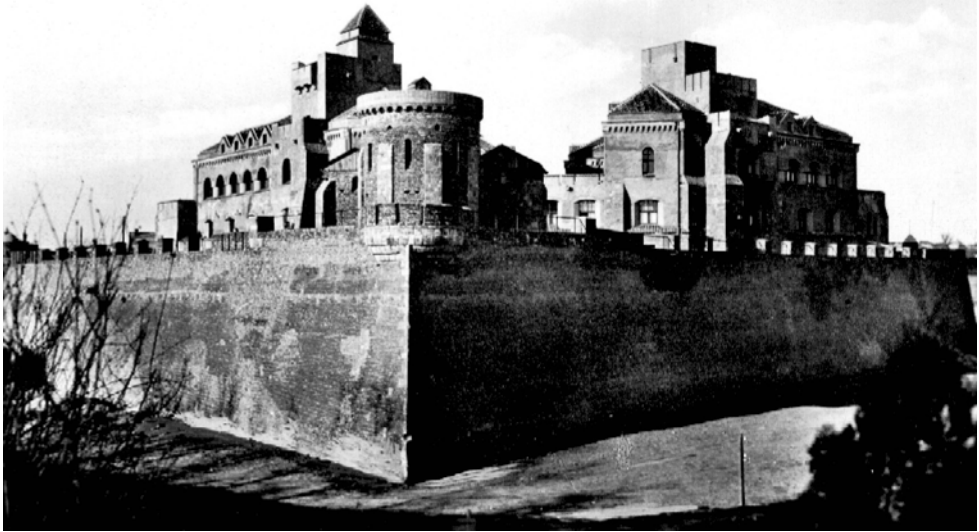
3.1. Опсерваторија ВГИ

Опсерваторија ВГИ се састојала од куле са куполом и два павиљона, источног и западног. У средини куле налазио се стуб од армираног бетона, висине 8.38 метара, који је уједно служио и као тачка триангулације I реда; то је она иста тачка где је ВГИ пре рата планирао уређење опсерваторије (могуће је да овај стуб стабилизван још 1904. године, као први корак ка стварању опсерваторије Географског одељења). Стуб је био намењен за мерења универзалним теодолитом. У павиљонима су подигнути масивни стубови, такође од армираног бетона - у источном павиљону стуб висине 3.10 метара, намењен за опажања пасажним инструментом у меридијану места, а у западном стуб висине 3.48 метара, намењен за опажања пасажним инструментом у I вертикалу. Сва три стуба су почивала на дубоким и масивним бетонским стопама и била изолована од носача и платформи по којима се крећу опсерватори током рада. Опсерваторија је оспособљена за

⁷ У тој згради на Калемегдану данас се налази Војни музеј.

рад напрелазу 1926. и 1927. године. Неколико година доцније, од 1933 до 1936. године, изграђена су још три слична павиљона, један за пасажни инструмент, а два за зенит-телескопе.

Опсерваторија је била у функцији до 1956. године (разуме се, током II светског рата била је опљачкана и девастирана), када се ВГИ преселио у зграду у улици Мије Ковачевића. Убрзо после тога, опсерваторија је срушена, а земљиште преуређено, тако да данас нема трагова њеног постојања.



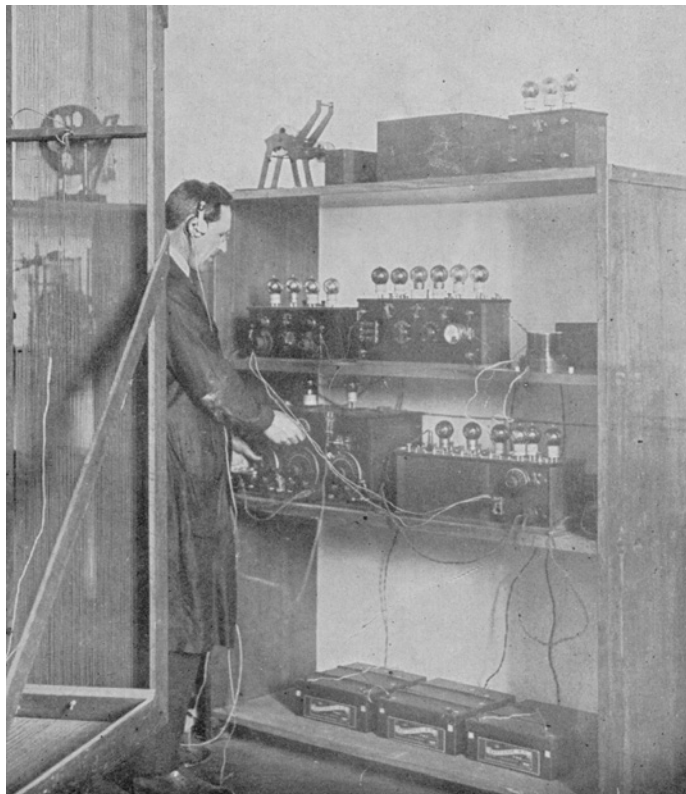
Слика 3: Зграда ВГИ на Калемгдану са недовршеном опсерваторијом у првом плану (недостаје купола).

ВГИ је имао још две просторије од значаја за астрономске радове, мада оне нису биле у Опсерваторији, већ у самој згради – часовничку собу и пријемну радио-телеграфску станицу. У часовничку собу која се налазила у најнижем делу подрума је, на дубоко фундираном бетонском стубу, био смештен прецизни часовник фирме Riefler (број 740), постављен под стаклено звоно из којег је, у одређеној мери, испумпан ваздух. Зидови, врата и таваница собе били су обложени плутом, а под издигнут и потпуно изолован од стуба. Све те мере су предузете ради обезбеђивања постојаности температуре, влаге, ваздушног притиска и изолације од механичких и других утицаја на рад часовника.

У комплекту уз овај часовник, били су и одговарајући хронографи са 2 и 3 пера, за аутоматско исписивање секунди на пантљикама, упоредо са исписивањем тренутака посматрања, часовних сигнала или неких других тренутака за упоређивање.

Пријемна радио-телеграфска станица је била смештена у једној великој соби високог сутурена зграде. Ту су се налазили радио-апарати, са опремом за пријем часовних сигнала, и слухом и аутоматски (помоћу Булитовог

хронографа). Осим радио-апарата набављених у иностранству (нпр. Сооск), ВГИ је користио и апарате који су конструисали његови припадници (нпр. апарат инж. Леонида Прокопова) и апарате производње (нпр. модел *ВЗ специјал* инжењера Михаила Маширевића).



Слика 4: Радио-телеграфска станица ВГИ.

3.2. Прво и друго одређивање географске дужине Београда

На заједничком конгресу Међународне геодетске и геофизичке уније и Међународне астрономске уније, одржаном у Риму 1922. године, покренута је иницијатива за организовање међународног пројекта симултаног одређивања дужина, са што већим бројем учесника. После неколико година анализа и дискусија, одлучено је да 11 главних опсерваторија буде повезано у три основна полигона око Земље (и да свака од њих буде везана за опсерваторије у Паризу, Гриничу и Вашингтону), а да се за њих истовремено вежу и све остале опсерваторије које буду узеле учешћа у том пројекту. У овом пројекту, које су укупно 42 опсерваторије реализовале у периоду од 1. октобра до 1. децембра 1926. године, узела је учешће и опсерваторија ВГИ.

За ту прилику ВГИ је први пут набавио апарате и прибор за пријем часовних сигнала, односно први пут одређивао дужину неке тачке тим методом.

У том тренутку опсерваторија још није била довршена – недостајале су куполе и кровови – тако да су услови за рад били готово теренски. Ужурбано се припремала часовничка соба (тада у једној просторији у недовршеној згради), вршено повезивање часовника са хронографима опсерваторије и пријемне станице (која је, за ову прилику, инсталирана у истој просторији) и довршавали привремени грађевински радови који су требали осигурати стабилност инструмената за време опажања и заштиту од временских непогода. Истовремено, вршило се испитивање инструмената: пасажног инструмента Штарке-Камерер бр. 771, зенит-телескопа Бамберг бр. 77243 и Керновог универзалног инструмента бр. 16418, као и опреме и прибора. Иако је за одређивање локалног времена довољан пасажни инструмент (који је уз то већи и тачнији од остала два), овакав избор је имао за циљ да слушаоци Више геодетске школе (који су узели учешће у овим радовима као помоћно особље) дођу до упоредних резултата мерења једне величине у истом времену различитим инструментима и методама и остваре увид у однос квалитета добијених резултата.

И поред великог напора да се припреме доврше на време и техничких тешкоћа „које су често граничиле са саботажом“ (Бошковић, 1946), опажања пасажним инструментом и зенит-телескопом почела су са закашњењем од скоро месец дана, а универзалним инструментом још доцније. Детаљан опис коришћених инструмената, подаци о мерењима (методе, број сувишних мерења и резултати), као и начин обраде опажачког материјала, подробно је описао организатор, руководилац и учесник ових мерења, генерал С. П. Бошковић у посебној монографији (Бошковић, 1946), и то се овде неће препричавати. Наведимо само да је са пасажним инструментом радио Николај Абакумов, са зенит-телескопом пуковник М. Терзић и Владимира Третјаков, а са универзалним инструментом генерал Стеван П. Бошковић; пријем сигнала слухом вршио је Иван Свишчев⁸.

Важно је уочити да је остварена висока тачност, за шта су најбољи показатељи просечне вредности средњих грешака одређивања поправке часовника за једно вече, које износе: $\pm 0^s.018$ за пасажни инструмент, $\pm 0^s.024$ за зенит-телескоп и $\pm 0^s.035$ за универзални инструмент. Остварена тачност је сагласна са очекиваном, осим за за универзални инструмент, где су добијени бољи резултати од очекиваних. Просечна вредност средње грешке часовника изведена из наведене три грешке (тј. за свако вече посматрања помоћу сва три инструмента), рачуната са одговарајућим тежинама, износи $\pm 0^s.013$. С друге стране, просечна вредност средње грешке пријема сигнала за свако вече износи $\pm 0^s.005$.

⁸ Опрема за аутоматску регистрацију часовних није стигла на време, па су сигнали примани слухом и Морзевом апаратом преношени на пантљику Рифлеровог хронографа, на којем су истовремено регистроване секунде часовника.

Дефинитивна обрада опажања свих 40 опсерваторија извршена је у Паризу, а резултати су публиковани у монографији *“La révision des longitudes mondiales”*, који је издала Међународна комисија за географске дужине, Према тим подацима, географска дужина опсерваторије ВГИ у односу на Гринич, за епоху октобар-новембар 1926, износи $1^{\text{h}}21^{\text{m}}47^{\text{s}}.992$.

Охрабрен успехом који је ВГИ остварио у овом значајном пројекту, као и укупним резултатима међународне кампање, начелник ВГИ, генерал С. П. Бошковић је на конгресу МГГУ у Прагу, 1927. године, предложио да се периодично, сваких неколико година, предузимају међународне кампање симултаних мерења не само дужина, већ и ширина и апсолутних висина, циљем праћења тектонских покрета. Наредне године се предлог разматрао и на конгресу Међународне астрономске уније (у Комисији за географске дужине), а подржали су га и угледни европски и светски геолози. Након темељите расправе, Међународна комисија за дужине је развила програм нове међународне кампање симултаних мерења дужина која је предузета 1933. године.

У овој кампањи је учествовала 71 опсерваторија широм света, а међу њима и опсерваторија ВГИ. Опсерваторија је овог пута била потпуно уређена за посматрање, а зграда у пуној функцији. Рифлеров часовник је сада био постављен у својој соби, пријемна радио-телеграфска станица комплетирана и, уопште, услови за рад су били пуно бољи него 1926. године.

Опажања су опет вршена пасажним инструментом, (сада фирме Хилдебранд број 35673, сличних карактеристика као онај из 1926), зенит-телескоп Бамберг (као 1926) и нови универзални инструмент Асканија (број 75614), сличних карактеристика као онај Кернов.

Посматрања пасажним инструментом методом пролаза звезда кроз меридијан, у свему у складу са препорукама Међународне комисије за дужине, вршена су од 1. октобра до 8. децембра 1933. (опажао мајор И. Јагњић), а зенит-телескопом (опажао поручник А. Зубац) и универзалним инструментом (опажао поручник Д. Просен), од 28. октобра до 27. новембра. Опажачи су се повремено мењали у улогама. За пријем сигнала је био одговоран мајор Д. Босанац, а инж. Прокопов за све електротехничке радње. Коришћене су исте методе рада инструментима као и 1926. године, једино је сада пријем сигнала био аутоматизован (са три станице).

Целокупан рад, статистички показатељи који се односе на мерења, начин обраде опажачког материјала и други детаљи такође су описани у већ споменутој монографији (Бошковић, 1946).

Овде ћемо само напоменути да су метеоролошке прилике у периоду кампање биле неповољне: пасажним инструментом је опажано 35 вечери, али је велики део је био неповољан за мерење, док је код друга два инструмента - којима је мерено 18 вечери - ситуација била још неповољнија (због метеоролошке ситуације није успео покушај да се, заједно са овим радовима, одреде и географске дужине две крајње тачке југословенског дела градусног ланца дуж 45. паралеле, тачке Нови Винодол и Стража).

Ипак, добијене резултате Међународна комисија за дужине је оценила врло добро. Иако су Комисији достављени само резултати опажања пасажним инструментом (јер ВГИ није имао могућност да набави специјални прибор за одређивање личне једначине посматрача, како су то захтевале пропозиције), ВГИ је обрадио сва опажања. Просечне вредности средњих грешака одређивања поправке часовника за једно вече износе: $\pm 0^s.025$ за пасажни инструмент, $\pm 0^s.021$ за зенит-телескоп и $\pm 0^s.039$ за универзални инструмент, што је сагласно резултатима из 1926. године. Дефинитивну обраду, резултата свих опсерваторија извршио је Међународни биро за време. Резултати обраде који се односе на Београд публиковани су у монографији *“La deuxième operation Internationale des longitudes octobre-novembre 1933 - Belgrade”*. Према тим подацима, географска дужина опсерваторије ВГИ у односу на Гринич, за епоху октобар-новембар 1933, износи $1^h 21^m 48^s.084 \pm 0^s.003$.

3.3. Одређивање геоидних и Лапласових тачака

Ради одређивања скретања вертикала и проучавања облика геоида, обраде мерења основица, као и ради обраде тригонометријских ланаца положених дуж 22. меридијана и 45. паралеле, у периоду од 1927. до 1936. године извршена су мерења на укупно 42 тачке (на четири од њих мерења су вршена двапут).

Геодетски и астрономски радови на југословенском делу меријанског лука почели су 1927. године. Прве три године астрономска опажање су вршили начелник Астрономско-геодетског одсека ВГИ, пуковник Милорад Терзић и контрактуални (по уговору) чиновник Николај Абакумов (1882-1965), доцнији професор на Техничком факултету у Загребу. На свим тачкама (табела 1, слика 5) мерења су вршена великим Керновим универзалом (податак 1"). Одређиване су ширина (метода Пјевцова), азимут (по Полари) и време (метода Цингера, хронометри Erikson и Narden).

Дужине нису одређиване, јер у то доба није постојала организована служба за емитовање часовних сигнала.

Табела 1. Мерења лука меридијана 1927, 1928. и 1929. године⁹

Р.бр	Станица	Ширина [° - ' - "]	Веров. грешка ±["]	Визура	Азимут [° - ' - "]
1	В. Сумуровац	44-19-00.91	0.28	Столица	184-53-13.17
2	Марковац	44-14-08.21	0.23	Колачи	225-02-57.30
3	Дели Јован	11-13-39.75	0.32	Црна Гора	59-29-26.38
4	Параћин	43-50-31.38	0.11	Баба	277-00-42.36
5	Ртањ	43-46-39.98	0.20	Вел. Жежевица	250-27-47.48

⁹ Према: Бошковић, 1930.

6	Јастребац	43-22-58.37	0.41	Бела Стена	144-16-58.68
7	Ниш	43-18-55.62	0.33	Калафат	218-14-31.58
8	Трем	43-11-10.10	0.25	Трзина Гарина	64-28-37.72
9	Петрова Гора	42-59-55.41	0.39	Кравар. Вис	63-15-27.57
10	Хисар	42-59-12.77	0.10	Трем	221-31-47.66
11	Лисица	42-44-41.85	0.73	Петрова Гора	16-54-27.94
12	Вел. Стрешер	42-37-39.02	0.75	Бесна Кобила	15-40-28.03
13	Златокоп	42-31-03.04	0.49	Свети Илија	122-02-43.35
14	Козјак	42-18-33.26	0.23	Свети Илија	340-51-39.51
15	Рамно	42-11-24.33	0.18	Сол. Главица	181-37-49.10
16	Богословац	41-45-52.17	0.15	Бели Камен	138-40-05.10
17	Велики Камен	41-30-35.91	0.16	Висока Чука	117-10-10.11
18	Ливаде	41-19-37.38	0.22	Сол. Главица	333-52-00.27
19	Перистер	41-00-10.60	0.34	Кајмак Чалан	98-51-35.16
20	Кајмак Чалан	40-55-41.62	0.33	Перистер	279-15-18.64

Одређивање Лапласових тачака - тачака на којима су мерени ширина, дужина и азимут једне тригонометријске стране - почиње 1934. године, на територији Македоније и Косова. Те године је одређено 15 Лапласових тачака (слика 5). Мерења су извршила три свршена слушаоца Више војне геодетске школе, сваки на по 5 тачака: мајор Иван Јагнић (универзални инструмент Askania, податак 2", на тачкама (Бошковић, 1936): Јеврејско гробље /Скопље/, Трновски рид /Прешево/, Коњух брег /Липљан/, Град /Призрен/ и Томаначка шума), капетан Иван Месић (универзални инструмент Kern, податак 1", на тачкама: Ђевђелијски крст, Курја /Градско/, Поленик /Кочане/, Свети Илија /Велес/ и источна тачка Струмичке основице) и капетан Добросав Шобић (универзални инструмент Kern, податак 1", на тачкама: Мале Коњаре /Прилеп/, Тепсија /Битољ/, Кале /Охрид/, Велика Корња /Кичево/ и Нешице /Тетово/).

Ширине су одређиване помоћу две методе - Пјевцовљеве и Талкотове (по 6 парова звезда), поправке часовника су одређиване методом Цингера (свако вече по 15 парова звезда), часовни сигнали су примани по три вечери са две опсерваторије, апаратом Cook, док је мерење азимута помоћу Поларе вршено у 12 гируса. Ради илустрације остварене тачности, у табели 2 се дају подаци за по једну станицу сваког од три опажача.

(Упоредо са овим астрономским мерењима, исти опажачи су на истим станицама извршили и гравиметријска мерења, Штернековим клатнима од инвара и бронзе, фирме Асканија.)

Следеће, 1935. године, предузета су мерења на граничним тачкама југословенског дела ланца дуж средње паралеле - тачки Стража на истоку (пор. Димитрије Зубац) и Нови Винодол (пор. Драгутин Просен) на западу. У ствари, та су мерења започета 1933. године, али се нису могла довршити због неповољних временских прилика, тако да су 1935. године поновљена тачака (слика 5). Ширина је одређивана методом Пјевцова (30 парова за Стражу, 15

Табела 2. Основни подаци одређивање Лапласових тачака 1934. године

Станица		Мерења	Грешка	Напомена
КОЊУХ БРЕГ (Липљан) опажао <i>мај. Јагнић</i> универзал Askania	B	42-32-26.830 42-32-26.260	0.32 0.32	метода Пјевцова метода Талктова
	L	1 ^h 24 ^m 32 ^s .343	0 ^s .04	радио апарат Сооск
	A	107-21-04.197	0.52	на Плитковић
ПОЛЕНИК (Кочане) опажао <i>кап. Месић</i> универзал Kern	B	41-55-19.790 41-55-19.180	0.40 0.40	метода Пјевцова метода Талктова
	L	1 ^h 29 ^m 50 ^s .714	0 ^s .001	радио апарат Сооск
	A	166-30-13.890	0.46	на Лисац
МАЛЕ КОЊАРЕ (Прилеп) опажао кап. Шобић универзал Kern	B	41-20-14.890 41-20-14.930	0.12 0.07	метода Пјевцова метода Талктова
	L	1 ^h 25 ^m 50 ^s .267	0 ^s .03	радио апарат Сооск
	A	116-59-56.429	0.46	на Бушеву чесму

за Н. Винодол) поправке часовника методом Цингера (током 6-7 вечери по 10-15 парова звезда), часовни сигнали су примани током 6-7 вечери са 3-4 опсерваторије, апаратом који је конструисао шеф Бежичне телеграфске станице Астрономске секције ВГИ инжењер Леонид Прокопов, док је мерење азимута помоћу Поларе вршено у 12 гируса. На обе тачке је коришћен универзални инструмент Kern.

У табели 3 се дају основни подаци, уз напомену да се резултати за тачку Нови Винодол односе на мерења из наредне, 1936. године (мерио кап. II класе Душан Манзаловић), који су узети као коначни.

У 1936. години, астрономске радове су вршили слушаоци Више војне геодетске школе: кап. I кл. Вељко Гланц, кап. I кл. Емил Адамик и кап. II кл. Душан Манзаловић. Сваки је мерио по три Лапласове тачке, што је била круна практичног дела њиховог двогодишњег вишег геодетског школовања тачака (слика 5).

Табела 3. Основни подаци мерења дуж паралеле 1934. и 1935. године

Станица		Мерења	Грешка	Напомена
СТРАЖА опажао (1934.) <i>пор. Просен</i>	B	44-58-22.91	0.14	метода Пјевцова
	L	1 ^h 25 ^m 12 ^s .379	0 ^s .013	радио апарат ВГИ
	A	59-08-46.92	0.37	на Думачу
НОВИ ВИНОДОЛ опажао (1935.) <i>кап. II кл. Манзаловић</i>	B	45-07-10.60	0.09	метода Пјевцова
	L	0 ^h 59 ^m 08 ^s .589	0 ^s .013	радио апарат ВГИ
	A	31-52-46.69	0.26	на Вели Врх

Кап. I кл. Вељко Гланц (универзални инструмент Askania, податак 2") мерио је на тачкама: Великосредишки вис (Вршац), Љубић (Дервента) и Велико брдо (Градиште, Винковци), кап. I кл. Емил Адамик (универзални инструмент Kern, податак 1") на тачкама: Бели камен (источно од Криволака), Богословац (западно од Штипа) и Ливада (источно од Прилепа), док је кап. II кл. Душан Манзаловић (универзални инструмент Kern, податак 1") мерио на тачкама: Гола Пљешивица (Велебит), Нови Винодол и Козара.

Ширина је одређивана методом Пјевцова (20 парова по вечери), поправке часовника методом Цингера (20 парова по вечери), часовни сигнали су примани дању и ноћу са две станице, апаратом В3 специјал домаће производње, који је конструисао инж. Михаило Маширевић. Мерење азимута помоћу Поларе вршено је у 12 гируса. Сваки опсерватор је обрадио по једну тачку и добио следеће резултате:

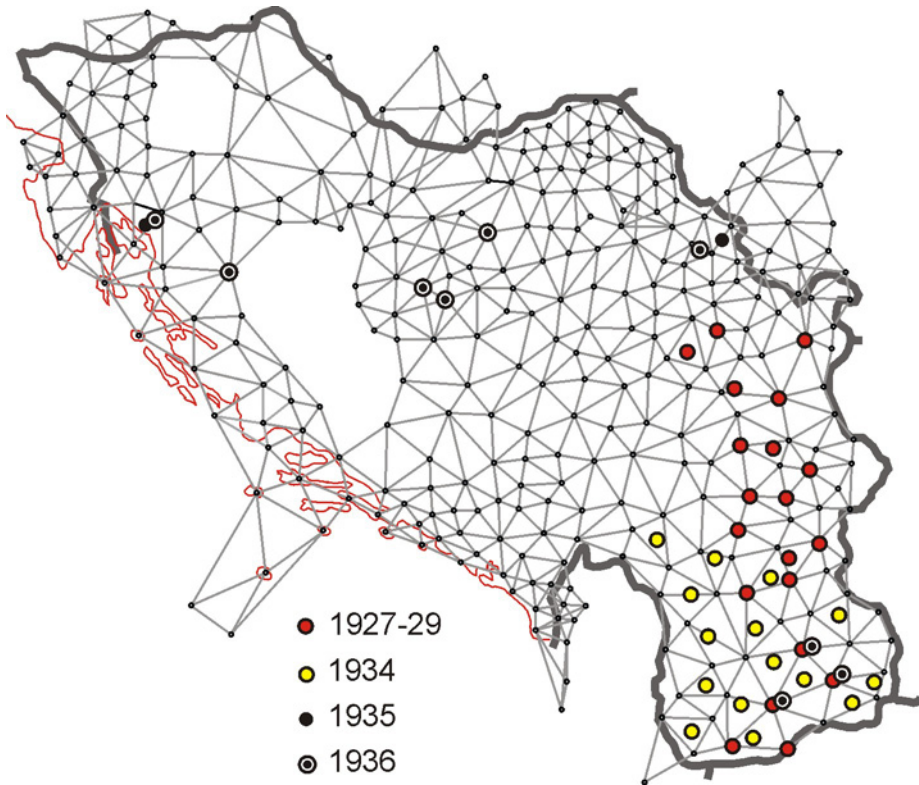
Табела 4. Основни подаци мерења 1936. године

Станица		Мерења	Грешка	Напомена
ВЕЛИКОСРЕДИШКИ ВИС (Вршац) опажао <i>к/к Гланц</i> универзал Askania	B	45-08-15.920	0.11	метода Пјевцова
	L	1 ^h 25 ^m 38 ^s .980	0 ^s .017	радио ап. Сооск
	A	38-55-29.671	0.34	на Загајички врх
БЕЛИ КАМЕН опажао <i>к/к Адамик</i> универзал Kern	B	41-30-35.250	0.17	метода Пјевцова
	L	1 ^h 29 ^m 14 ^s .660	0 ^s .007	радио ап. В3спец
	A	138-51-34.071	0.23	на Богословац
ГОЛА ПЉЕШИВИЦА опажао <i>к/к Манзаловић</i> универзал Kern	B	44-47-40.570	0.06	метода Пјевцова
	L	1 ^h 02 ^m 59 ^s .625	0 ^s .024	радио ап. В3спец
	A	288-58-41.733	0.16	на Црни врху

Након ових мерења у 1936. години, престају теренски радови на одређивању Лапласових тачака. Они ће се наставити тек након Другог светског рата. У току 1937. и 1938. године, калкулатори Астрономске секције ВГИ су обрађивали податке астрономских мерења, под руководством геодегидрографа Владимира Третјакова.

3.4. Остали радови

У периоду април-јун 1938. године, одређена је разлика дужина између опсерваторије ВГИ и Универзитетске опсерваторије. Опсерваторија ВГИ је користила пасажни инструмент фирме Хилдебранд број 35673, а Универзитетска опсерваторија пасажне инструменте типа Асканија и Штарке Камерер. Коришћена је класична метода пролаза звезда кроз меридијан. Свака страна је регистровала своје звезде, одређивала своје локално време и примала часовне сигнале са различитих станица. Коришћени су прецизни часовници фирме Рифлер.



Слика 5: Астрономска опажања ВГИ 1927-1936. године.

У периоду између два светска рата, Војногеографски институт је издао неколико публикација у области геодетске астрономије. Ту свакако треба споменути превод две књиге Н. Ј. Цингера (1842-1918), *Курс астрономије – теорни део* (1925) и *Курс астрономије – практички део* (1928), у преводу Цингеровог студента, С. П. Бошковића. Значајне су и *Ефемериде парова звезда за одређивање географске ширине по методи Пјевцова* (1936) *Ефемериде парова звезда за одређивање времена по методи Зингера* (1936), рађене за територију Југославије.

Према неким сазнањима, ВГИ је пред Други светски рат имао организовану службу времена и наводно је саопштавао време југословенској железници и још неким корисницима, али детаљи нису познати.

4. РАДОВИ НАКОН ДРУГОГ СВЕТСКОГ РАТА

Убрзо по ослобођењу Београда, већ 15. новембра 1944. године, ВГИ наставља ратом прекинути рад. Уследила је обнова Института која ће потрајати неколико наредних година, током којих је поправљена и поново стављена у функцију опљачкана и девастирана зграда на Калемегдану,

враћен део отетих инструмената, опреме, намештаја и документације (из Загреба, Софије, Будимпеште, Прага, Беча и Берлина) и, што је било најважније, активиран део предратног официрског кадра, који је рат провео у заточеништву, у немачким логорима.

Чим су се створили први услови, обновљени су и астрономски радови. Они су предузети са циљем осавремењавања тригонометријске мреже, односно стварања основе за њену правилну оријентацију и испуњавање услова за њено евентуално укључивање у јединствену европску мрежу. Овај сложени пројекат трансформисао би постојећу, чисто геометријску мрежу у праву *астрономско-геодетску мрежу*, како је пројекат и назван.

У периоду од 1951. до 1953. године, група од 12 геодетских официра је оспособљено за теренске астрономске радове. Прве две године су биле теоријске, а трећа година је реализована на Астрономској опсерваторији на Звездари. За теренске радове, група је подељена у две екипе које су од 1954. године, одвојено једна од друге, приступиле одређивању Лапласових тачака.

До 1960 године, ВГИ је одредио 38 Лапласових тачака (од укупно 60 у СФРЈ; остале је одредила Савезна геодетска управе). Већина тачака је одређивано у паровима, углавном на излазним странама основичких мрежа.



Слика 6: Универзални теодолит WILD T4.

Свака екипа је имала по један универзални инструмент Асканија (до 1957. године; од 1957. године WILD T4, слика 6), по један пасажни инструмент са контактним микроскопима истог произвођача, као и потребну апаратуру за пријем и регистрацију часовних сигнала и опажања (хронометар типа *Leroy*, хронограф типа *Sahara*, неколико акумулатора и агрегата за напајање електричном енергијом итд. За потребе мерења азимута, сигнаписање је вршено помоћу фарова и агрегата, као и помоћу Петромакс лампи.

За одређивање ширине и дужине усвојене су методе које су практиковане на Астрономској опсерваторији на Звездари, где су официри провели целу 1953. годину на пракси - Талкотова за ширину и пролаза звезда кроз меридијан (меридијанских пролаза) за дужину. За одређивање азимута усвојена је метода одређивања по часовном углу Поларе.

Програм Талкотових парова је сачињен тако да збир разлика одстојања јужних и северних звезда не буде већи од $\pm 30'$, да средње зенитно одстојање звезда у пару није веће од 30° , да се зенитна одстојања звезда у пару не разликује више од $20'$ и да се њихова ректасцензија налази у границама од 4^m до 15^m (Peterca, Čolović, 1987). Опажања су распоређивана на неколико ноћи (просечно 8, тј. од 3 до 34). Са тачке је опажано просечно око 10 парова звезда, односно око 12 парова током једне ноћи. Просечна вредност средње квадратне грешке одређивања ширине износи око $\pm 0.080''$ (дозвољено $\pm 0.3''$).

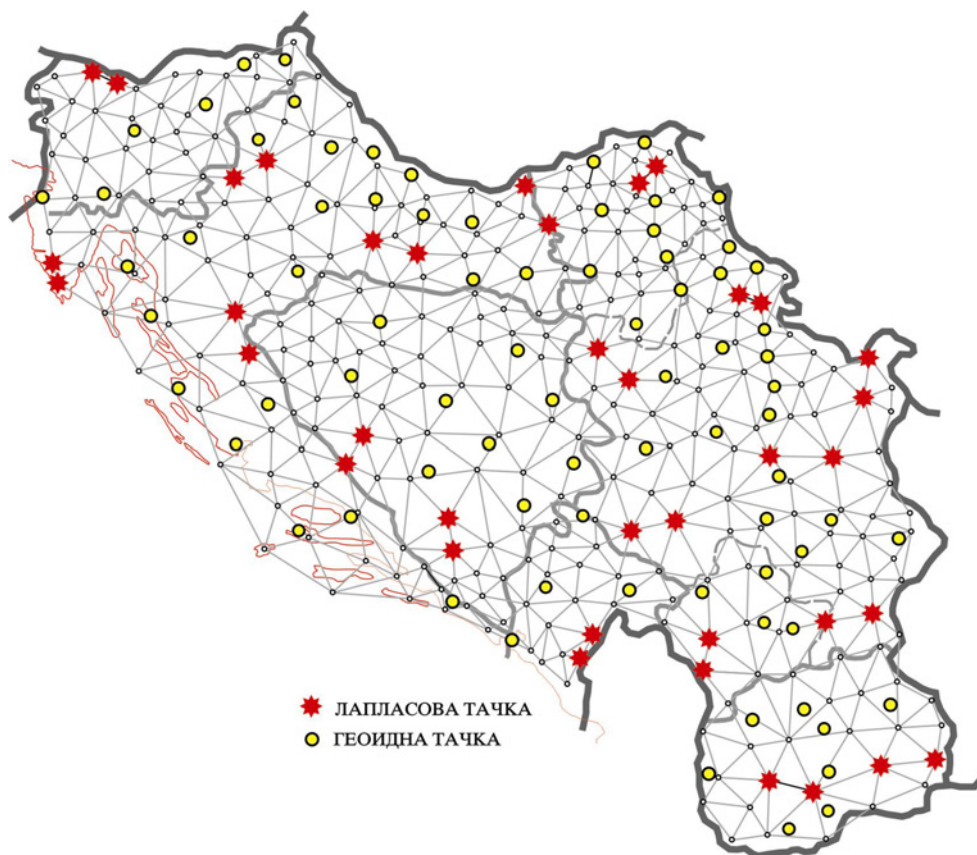
Приликом израде програма опажања пролаза звезда кроз меридијан, водило се рачуна да број северних и јужних звезда буде подједнак, да се не користе звезде са деклинацијом већом од 65° и мањом од -10° , да изабране звезде буду распоређене тако да им сума коефицијената уз азимуте буде што ближа нули, као и да између опажања две узастопне звезде има довољно времена (4 до 5 минута). Опажања су вршена у просечно 20 серија (од 9 до 34), распоређених на неколико (од 2 до 26). У свакој серији је опажано 10 до 15 звезда (Peterca, Čolović, 1987). Часовни сигнали су примани само од оних станица чије су поправке емисија објављиване у Билтену Међународне службе за време. Разлике месног и Гриничког звезданог времена (на већини тачака су коришћени хронометри који су показивали звездано време) су одређиване са унутрашњом тачношћу која је била за ред величине боља од дозвољене. Просечна вредност средње квадратне грешке одређивања дужине износи око $\pm 0.110''$ (дозвољено $\pm 0.3''$).

Азимути су опажани у просечно 28 гируса (од 18 до 71), реализованих током просечно 4 ноћи (од једне до 13). Средње квадратне грешке одређивања азимута се крећу о границама од $\pm 0.10''$ до $\pm 0.44''$ (дозвољено $\pm 0.5''$). Просечна разлика обострано мерених азимута износи $\pm 0.7''$ (дозвољено $\pm 1''$).

Све наведене радове у периоду од 1954 до 1960. године, вршиле су две теренске екипе са по 4 до 6 официра и одговарајућим бројем војника. Теренски радови су трајали око пет и више месеци годишње, често под врло тешким условима. Лапласове тачке се, по правилу, налазе у беспућу, на високим планинским врховима, на које је требало изнети обимну опрему,

осетљиве инструменте, храну и друге потрештине и где су екипе требале да бораве дуже време и да опажајући ноћу. Рад је често прекидан због невремена, а понекад се данима чекало на ведру ноћ. Радећи на овим пословима, на Караванкама је 1956. године, пао у провалију и погинуо капетан геодетске службе Љубивоје Мирковић.

Са завршетком радова на одређивању Лапласових тачака, почињу астрономска мерења према програму за одређивање тзв. геоидних тачака, које се од Лапласових разликују по томе што се њихове ширине и дужине одређују из нешто мањег броја мерења и што на њима нису одређивани азимути. Ова мерења су у периоду од 1961. до 1973. године извршиле исте екипе и са истим методама и поступцима као код Лапласових тачака, једино су коришћени универзални инструменти Wild T4. Годишње је одређивано око 9-10 тачака, са изузетком 1963. када је одређено 17 тачака, 1972. када је одређена једна и 1973. када су одређене три геоидне тачке. У периоду од 1961. до 1973. године, одређивања нису вршена 1962, 1969. и 1970. године.



Слика 7: Лапласове и геоидне тачке и Астрономско-геодетска мрежа.

Рад на појединој тачки је трајао 7 до 10 дана (наравно, не рачунајући дане који нису били погодни за рад). За одређивање ширина, са тачке је опажано просечно око 45 Талкотових парова звезда, а за одређивање ширина опажано је око 12 серија меридијанских пролаза. Просечна вредност средње квадратне грешке износи око $\pm 0.10''$ за ширине, а $\pm 0.12''$ за одређивање дужине.

Од укупно 88 геоидних тачака одређених у СФРЈ, ВГИ је одредио 78 (слика 6), а остале је одредила Савезна геодетска управа.

4.1. Служба тачног времена

И у овом периоду Војногеографски институт је имао амбицију да организује службу тачног времена, првенствено за властите потребе и потребе војске. С тим циљем су адаптиране просторије Астрономске опсерваторије на Звездари које је користио ВГИ и 1962. године набављен и монтиран савремени кварцни часовни уређај¹⁰ (CAA BN 7804 Rohde&Schwartz, Минхен).

У периоду 1963-1971. године, вршен је редован пријем часовних сигнала разних радио-станица, као и њихова обрада. Све радове су обављала четири припадника ВГИ, организована за рад у две смене. Са циљем емитовања властитих часовних сигнала који би примали опажачи широм Југославије, постављена је и широкопојасна краткоталасна антена, али до њеног повезивања са часовником и војном телефонском централом није дошло.

Наиме, због одређених потешкоћа око комплетирања опреме, потребе за попуном једног броја радних места специјалистима које ВГИ није имао, као и извесног неразумевања значаја ових радова, 1971. године су прекинуте све активности.

ВГИ је часовник и остале уређаје предао Астрономској опсерваторији на трајно коришћење.

5. СТАЊЕ ДАНАС

Последње теренске радове у области геодетске астрономије ВГИ је предузео почетком деведесетих година двадесетог века, на свом Експерименталном полигону. Те активности су биле одраз настојања да се, на неки начин, парира негативним последицама прекида готово свих домаћих пројеката у области основних геодетских радова на националном нивоу, до ког је дошло десетак година раније.

И поред више покушаја, ВГИ није успео да иницира наставак радова на астрономско-геодетској мрежи (који су прекинути у тренутку када је обрада

¹⁰ Пресељењем са Калемегдана у зграду у ул. Мије Ковачевића 1956. године, ВГИ је остао без опсерваторије. Опсерваторија на Калемегдану је порушена, а друга није грађена, јер је интензивирана иначе врло добра сарадња са Астрономском опсерваторијом на Звездари, чије је капацитете користио ВГИ.

мерења била у завршној фази), испитивању облика геоида и другим геодетским активностима у којима су неопходни астрономски подаци. А сам није могао више, него да колико-толико одржава кадар и чека боља времена.

Уместо бољих времена, ускоро је дошло до драматичног разлаза југословенских народа, а затим и међународних економских санкција, које су довеле до дефинитивног прекида свих развојних и научних активности које су захтевале међународну сарадњу, прилив стручне литературе, континуиран рад и иоле већа материјална улагања. Иако је данас ситуација по овим питањима повољнија, последице тога периода ће се још осећати.

У међувремену је промењена и улога војске (а тиме и ВГИ) у области основних геодетских радова и уопште, њено место и улога у устројству државе. Такође, у извесној мери је промењен и значај астрономских података у геодезији, јер су тригонометријске мреже потисните пред новим технологијама (мада они остају и даље значајни за многе геодетске радове).

Све заједно, допринело је да се данас ВГИ практично не бави мерењима у области геодетске астрономије. Истина, он има изванредан кадровски потенцијал и опрему која је, иако већим делом расходована и стара скоро тридесет година, у исправном стању и са те стране гледано он може узети одређено учешће у великим националним пројектима у овој области. Али, другачије димензиониран и са новим задацима у систему одбране земље, Војногеографски институт неко време вероватно неће предузимати самостална астрономска опажања.

ЗАКЉУЧАК

Војногеографски институт је оставио дубок дубок траг и дао значајан допринос геодетској астрономији у Србији и Југославији. Сама чињеница да су његови радови у тој области пионирски, даје им посебно место у домаћој историји науке и технике. Када се томе дода чињеница да су неки пројекти које је ВГИ иницирао и/или реализовао били потпуно компатибилни, а у појединим елементима чак и предњачили у односу на одговарајуће пројекте земаља које су имале несразмерно већи научни потенцијал, сигурно је да је тај траг неизбрисив.

Литература

- Boskovic, Stevan P.: 1930, *Les travaux de l'Institut géographique militaire du Royaume de Yougoslavie du 1^{er} Janvier 1927 au 1^{er} Janvier 1930*, Rapport présenté a la quatrième assemblée générale de la section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, Stocholm, Aout 1930.
- Boskovic, Stevan P.: 1936, *Les travaux de l'Institut géographique militaire du Royaume de Yougoslavie du 1^{er} Janvier 1933 au 1^{er} Janvier 1936*, Rapport présenté a la sixième assemblée générale de la section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, Edimbourg, Septembre 1936.
- Бошковић, Стеван П.: 1946, *Прва и друга одредба географске дужине Београда 1926. и 1933. г.*, САН, *Посебна издања*, књига **CXXXVII**, *Природњачки и математички списи*, Књига **36**, Београд.

- Бошковић, Стеван П.: 1952, *Скретање вертикала у Србији*, САН, Посебна издања, књига **CXCVI**, *Географски институт*, Књига **4**, Београд, 124
- Милетић, Р.: 1885, "Геодетски радови у Краљевини Србији у 1882. години", *Ратник*, књига **XIII** свеска V, Београд.
- Peterca, M.; Čolović, G.: 1987, *Geodetska služba JNA*, VINC, Beograd.
- Радојчић, Стеван: 1998, *Прилози за биографију Стевана П. Бошковића : живот и рад до Првог балканског рата (1912. године)*, Војногеографски институт, Београд.

ASTRONOMICAL ACTIVITIES MADE BY MILITARY GEOGRAPHICAL INSTITUTE

This paper gives a review of astronomical activities made by Military Geographical institutes from Belgrade, from its foundation 1876. until now.