

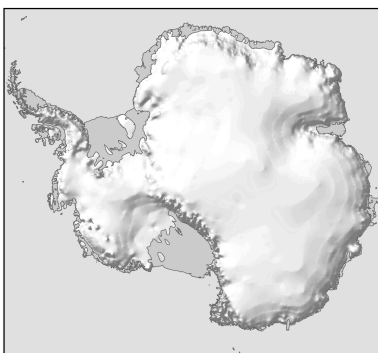
УНИВЕРСИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ

инж. Борислав Емилов Александров

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ДЕЙНОСТИ НА ОСТРОВ
ЛИВИНГСТЪН, АНТАРКТИКА**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователната и научна степен
„ДОКТОР”



СОФИЯ
2011 г.

Дисертационната работа съдържа 189 страници, разработена в шест части, включващи 81 фигури, 14 таблици, изводи, научно-приложни приноси и публикации на автора. Библиографията обхваща 62 заглавия, от които 37 на кирилица и 25 на латиница.

Дисертационната работа е разгледана на заседание на катедра „Висша геодезия” в Геодезическия факултет на УАСГ на 31.01.2011 г. и е насочена за защита.

Докторантът е зачислен на свободна докторантура към катедра „Висша геодезия” при Геодезическия факултет на УАСГ.

Изследванията по дисертационната работа са извършвани в Българската антарктическа база на остров Ливингстън, Антарктика, с участие в три експедиции, както и в УАСГ.

Защитата на дисертационната работа ще се състои на 16.06.2011 г от 16.00 ч , в зала 520 – Ректората на УАСГ.

Автор: гл.ас. инж. Борислав Александров

Заглавие: Геодезически дейности на остров Ливингстън, Антарктика

УНИВЕРСИТЕТ ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ

инж. Борислав Емилов Александров

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ДЕЙНОСТИ НА ОСТРОВ
ЛИВИНГСТЪН, АНТАРКТИКА**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за присъждане на образователната и научна степен
„ДОКТОР”

Научна специалност
02.16.01 – Обща, висша и приложна геодезия

Рецензенти: 1. Проф. д-р инж. Ценко Ценков
2. Доц. д-р инж. Васил Вълчинов

София
2011 г.

ВЪВЕДЕНИЕ

Антарктида е най-студеният, най-ветровитият, най-високия и най-пустинен континент на Земята. Полярните изследвания са истински пример за авантюристичната натура на човешкия дух, търсещ новото и неизвестното, а последните два века са показателни за силното привличане на хората, искащи да го опознаят. Антарктика е южната полярна област, обхващаща Южния географски полюс, както и Южния полярен континент – Антарктида С площ от 13.9 млн.км² (включително с шелфовия лед и прилежащите острови) той заема 1/10 от земната повърхност и се нарежда на пето място сред континентите, като по-малки остават само Европа и Австралия. Бреговете му се мият от Атлантически океан с морето на Уедъл, Тихи океан с периферното море Рос, море Амундсен и море Белингсхаузен и Индийския океан. Този изолиран континент се намира на 1 000 км от Южна Америка, на 2800 км от Африка, на 3800 от Австралия и Нова Зеландия и е със средна надморска височина 2040 метра. Покрит е с около 30 млн. куб. км лед, със средна дебелина 2450 метра, като на места достига над 4000 метра. Тази огромна ледена маса представлява 75% от сладководните запаси на Земята. При разтопяване само на малка част от нея биха настъпили катастрофални последици за останалите континенти. От страната на Южна Америка се простира издължен полуостров, чийто северен край достига до най-северната точка на Антарктика (63°13'). Центърът на материка, наричан още Полюс на относителната недостъпност е разположен приблизително на 84° ю.ш. и 64° - и.д., на около 660 км от Южния географски полюс (фиг. 1.2). Бреговата линия с дължина около 30 000 км е слабо разчленена и почти по цялото си протежение представлява ледникови стени, високи до няколко десетки метра. Антарктида е високо ледниково плато, над което на места се издигат планински вериги – Елсуърт (вр. Уинсън, 5140 метра), Земя на Кралица Мод, планините Принц Чарлз [24]. Средната височина на подледниковата повърхност е 410 метра, като голяма част е под морското ниво, например най-

голямата депресия – падината Бентли с дълбочина 2555 метра под морското ниво и запълнена с лед. От ледници е свободна само 0.2-0.3% от общата площ – отделни планински върхове и оазиси по крайбрежието, общата площ на ледената покривка е 2.044 млн. кв. км.

Българската Антарктическа база се намира в Южния залив (фиг.1) и е с географски координати $62^{\circ} 38' 29''S$, $60^{\circ} 21' 53''W$. Основана е през 1988, когато след неуспешен опит за дебаркиране заради лоши ледови условия край остров Александър, четирима българи със съдействието на съветския изследователски кораб „Михаил Сомов”, монтират две сглобяеми постройките между 26 и 29 април [29]. През 1993 година с указ на Президента на Република България Базата е наречена „Св. Климент Охридски”. През 1996-98 година е добавена нова многофункционална сграда [30], през 2003 година е построена първата православна постройка в Антарктида - параклисът „Св. Иван Рилски”, а от 1995 година там работи и пощенски клон 1090 на Български пощи.

Българската база разполага със седем постройките, които са разположени на хребет с надморска височина от 15 метра. През 2007-2009 година са построени и две алпийски къщи, които през сезона 2009/10 година са завършени почти докрай и са предназначени за научни лаборатории и спални.



Фиг.1. Спътникова снимка на остров Ливингстън и района на Българската антарктическа база (БАБ)

Геодезическите дейности бележат своето начало през 1998/99 год. с включването на геодезисти в **Седмата Антарктическа експедиция**. Картографирани са над 700 дка открити от сняг и лед скални пасажи, а през 2000/01 год. са извършени GPS измервания за геоложко картиране и е изследвана вертикалната рефракция в района на БАБ.

По време на **Осемнадесетата експедиция** (2009/10 год.) се насочиха усилия и за изучаване на дъното и неговия релеф в Южния залив от геодезическа група и извършване на хидрографска снимка на залива – създаване на водомерен пост и цифров модел на дъното на залива.

Необходимо е вече създаване на обща база данни за територията на остров Ливингстън и на Южния залив, която да отразява постигнатото от българските учени за целия период на усвояване на тази територия.

Целта на доктората е анализ на научните изследвания на Българската антарктическа база и връзката им с геодезията, анализ на първите самостоятелни геодезически дейности в района на БАБ и създаване на методика за геодезически работи в бъдещи експедиции на остров Ливингстън.

Основни задачи, поставени за решаване в доктората са:

1. Анализ на предметната област на доктората;
2. Анализ на научните и практическите изследвания на БАБ и мястото на геодезията в тях;
3. Геодезически дейности на остров Ливингстън. Особенности, измервания и резултати;
4. Геодезически дейности в Южния залив на остров Ливингстън. Особенности, измервания и резултати;
5. Цифрово моделиране на релефа на остров Ливингстън и на дъното на Южния залив. Приложение за научните изследвания на БАБ;
6. Методика за извършване на геодезическите работи в полярни условия, на базата на опита от остров Ливингстън.

Актуалност на проблема. Съвременните информационни технологии и ГИС позволяват създаването, управлението и използването на информацията за големи територии на Земята и за процесите и явленията, които протичат на тези територии. Това в определена степен се отнася и за Антарктика. Всички изследвания в района на БАБ завършват с резултати и информация, които имат пространствено разпределение.

Създаване на база данни (БД) и цифровото моделиране на релефа на територията на остров Ливингстън ще осигури електронна възможност на всички други специалисти - геолози, геофизици, геоморфолози, биолози, еколози и др. да изобразят научната и изследователска информация за района на БАБ, която да е достъпна за всички хора, които се интересуват от постигнатото от България в Антарктида. По този начин се гарантира **геодезическото осигуряване** на изследванията в другите научни направления.

Детайлното картографиране на откритите от сняг и лед пасажи в района на БАБ се явява необходимост за цялостната научна дейност, извършвана от различни специалисти, тъй като използването на единна картна основа е особено наложително за качествени резултати във всички изследвания.

Изучаването на релефа на подводната част на даден басейн е главно за проектиране на хидротехнически съоръжения, но в случая ще бъде от голяма полза при изследване на непознати басейни, избор на **безопасни навигационни пътища** в морски и океански води, както и за наблюдения върху приливно-отливните явления и акумулация на седиментни наслагвания:

В Южният залив не са извършвани изследвания на цялата му акватория. Няма карта с подробни дълбочини, макар и с приблизителна точност. Необходимо е стабилизиране на **водомерен пост/лата**, устойчива на полярните условия в района за изследване на нивото на океана в околностите на БАБ, извеждане на изходна нула за привеждане на дълбочините към една и съща нивоповерхнина. Няма данни за вертикалната скорост на акустичните вълни във водната среда на Южния залив, така както е в България и Европа. Според теорията на

акустичните вълни най-силно влияние върху вертикалната скорост на звука във водна среда оказват температурата, солеността на водата и дълбочината. В неизучени в акустично отношение водни басейни се прилага еталониране на акустичната техника, което за района на Южния залив се оказва твърде трудно.

Предизвикателство е извършване на хидрографски измервания във водна среда с температури, близки до замръзване и в полузамръзвала среда и с очакване на акустични „шумове” и акустични загуби.

Особено важно и актуално е какви изменения настъпват в релефа на дъното на залива и как се променя водното ниво за период от няколко години вследствие на глобални климатични, приливно-отливни и други явления. Това очевидно може да се оцени след втора хидрографска снимка по същата методика на измерване и моделиране на релефа на дъното. От друга страна периодичното извършване на геодезически изследвания и цифрово моделиране ще доведат до установяване на пространствени и количествени показатели за влиянието на *глобалното затопляне*, количествените и качествени промени в околната среда на Антарктика.

Участието на геодезистите, вкл. и на автора, в научни експедиции на БАБ категорично показва, че всички геодезически дейности, освен теоретичната и практическа подготовка се нуждаят от много специална и особена организация при полярни условия. Необходима е методика за основните и специфични геодезически дейности и апаратура при полярни условия, която може да се създаде от натрупания опит на участвалите в експедиции на БАБ в Антарктида.

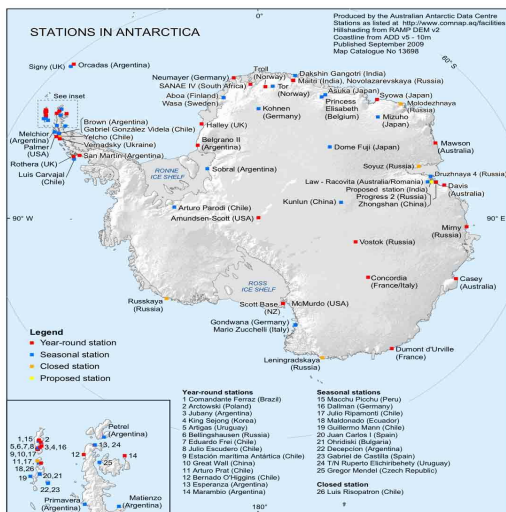
1. АНАЛИЗ НА ПРЕДМЕТНАТА ОБЛАСТ НА ДОКТОРАТА

1.3. Геодезически дейности в Антарктика

На първата среща на SCAR през 1958 година се основава *Работна група 2*, включваща дейности от областта на

геологията, картографията, глациологията и морфологията. Две години по-късно, през септември 1960 год. се създава Постоянна работна група по картография, а на следващата тя се превръща в Работна група по геодезия и картография, с първи ръководител Брус Ламберт от Австралия [52]. Названието на групата се запазва до 1988 год., когато на XX среща на SCAR се приема новото наименование: *Работна група по геодезия и географска информация* (WG-GGI).

На XXII среща на SCAR, през 1992 год. се прави преразглеждане на работата на отделните държави в направление на геодезическите дейности и се създава нова програма – GIANT (Geodetic Infrastructure of Antarctic), като Работната група се разделя на две направления: *Геодезия* (GIANT) и *Географска информация*, с отделни координатори.



Фиг. 1.3. Полярни Антарктически Базис

На XXVI среща на SCAR през 2002 год. в Шанхай, успешно работещата Работна група WG-GGI е обединена с други работни групи за да бъде формирана Geoscience Scientific Standing Science Group (GSSG), като по този начин се

преустановява прякото отчитане пред Изпълнителния комитет на SCAR. Работната група WG-GGI се преименува на Geospatial Information Group of Experts (GIG). В новата структура GIANT продължава да координира геодезическата програма съвместно с GIG, както и да допълва данните и експертните за Антарктическата неотектонска програма (ANTEC).

Геодезическата програма *GIANT* включва *девет проекта*:

- Разработване на перманентни сеизмологични, геомагнитни, геодезически и гравиметрични станции, които да свързват всички данни към един общ датум и да осигуряват единна геонаучна информация в глобален аспект (фиг. 1.3);
- Периодични измервания на движенията на земната кора и получаване на общ деформационен модел на Антарктическата референтна мрежа;
- Компиляция и анализ на гравиметрични данни за прецизно определяне на геоида;
- Поддръжка на данни за всички нива на позициониране в Антарктика;
- Получаване на информация и данни за приливните явления в Антарктика (фиг.1.6);
- Изследване на йоносферното и тропосферно влияние върху GPS наблюденията в Антарктика (фиг.1.4);
- Технологии за дистанционни наблюдения;
- Подготовка на специализирани спътникови мисии за Антарктика;
- Геодезически дейности при определяне на специални и защитени територии в Антарктика.

2. АНАЛИЗ НА НАУЧНИТЕ И ПРАКТИЧЕСКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА БЪЛГАРСКАТА АНТАРКТИЧЕСКА БАЗА

2.1. Геофизични изследвания

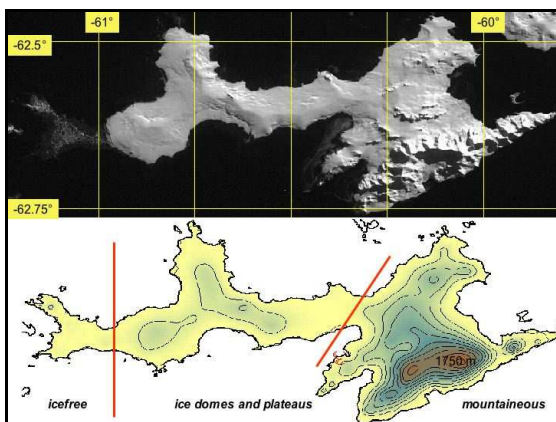
Геофизичните проучвания, заложи в дългосрочната работна програма и проект на МОСВ на тема „Геоложки, палеонтоложки, седиментоложки, геофизични и геоморфоложки изследвания в района на Българската антарктическа база, о-в Ливингстън” включват изследвания в областта на палеомагнетизма, магнитната възприемчивост, анизотропията, изследване на седиментни ядки за палеоклиматични реконструкции, магнитната възприемчивост на снежната покривка.

2.2. Гравиметрични измервания

Съгласно посочения проект се предвижда извършване на площна опитно-методична гравиметрична снимка в участъци с разкрития на тела с магмен произход, измерване на гравитационни профили за допълване на гравиметричната карта на района. В областта на магнитометрията се прави опробване за плътност и магнитна възприемчивост на образци от разкриващи се скални разновидности. Детайлна геомагнитна снимка за подробно изследване на аномалиите, свързани с открити и покрити тела с магмен произход, със съгласуване по място с геоложката изследователска програма, както и събиране на ориентирани образци за изследване палеомагнетизма на скалите. Измерват се също така и геомагнитни профили, включително градиометрични, за целите на геоложкото картиране. Други задачи са свързани с електропроучване – прилагане на електромагнитни методи за картиране и върху ледена покривка, изследване възможностите на сеизмичния метод в условията на ледена покривка.

2.3. Геоморфоложки изследвания

Геоморфоложките изследвания бележат своето начало от сезон 2004/05 год. по време на 13-та Българска антарктическа експедиция като част от проект към МОСВ на тема „Геоложки, палеонтоложки, седиментоложки, геофизични и геоморфоложки изследвания в района на БАБ, о-в Ливингстън”, а геоморфоложката работа в рамките на проекта е „Съвременни екзогенни процеси и морфолитогенеза в района на БАБ”.



Фиг.2.2.Разделяне на остров Ливингстън, според релефа и ледената покривка

Целта на геоморфоложките изследвания е характеризирането на типовете екзогенни процеси, основните им елементи, както и тенденциите на развитието им и тяхната роля в морфогенезата в района на БАБ (фиг. 2.2). Основните задачи, заложи в проекта са създаване и стартиране на система за наблюдение на екзогенните процеси - изветряне, склонова, еолична и абразионна денудация, флувиоглациални и периглациални процеси, морфохидрографски изследвания на основните релефни форми с техните параметри, генезис и тенденции в развитието. Друга задача са седиментоложките изследвания на различни генетични типове наслаги – морски, ледникови, речни, изветрителни и склонови.

2.4. Геоложки изследвания

Съобразно петгодишна програма по проект на МОСВ геоложките изследвания включват стратиграфски и палеонтоложки изследвания, петроложки и геохимични изследвания на магмени скали, радиогеохронологични изследвания и литохимично опробване по първичен ореол на разсейване. В най-общ вид тези дейности включват анализ на нанофосили, микрофосили и радиоларии, стриване на скални проби, отделяне на тежки минерали и глинеста фракция,

микробиологични определения, силикатни анализи, полуколичествен спектрален анализ и контролни анализи.

2.5. Глациоложки и метеорологични изследвания

Антарктика е континент, покрит почти изцяло с лед, и с най-малко антропогенно влияние. Благодарение на преобладаващите твърди валежи и ниски температури, слоевете сняг запазват първоначалното си разслояване и с течение на годините се трансформират в лед. Уникална характеристика на ледниковите слоеве е включената в тях хронологична информация за еволюцията на климата и околната среда за голям период от време. Понякога тази информация има локално значение, но по-често се отнася за полукълбото или за цялата планета. Така количествената реконструкция на някои климатични параметри като температура, валежи и др., както и промените в състава на атмосферата (газове и аерозоли), помага да се разберат механизмите на глобалните климатични промени. Получаваните данни позволяват да се направят тестове на модели, даващи повече информация за динамиката на климата.

2.6. Екосистемни проучвания

Изследването на биологичното разнообразие на Антарктика и неговата оценка е направление с особено висок приоритет. Това е така, защото разнообразието от живи организми е необходимо условие за да функционира животоподдържащата система на Земята (биосферата), а Леденият континент е съществена част от нея. Основното разнообразие на живота е съсредоточено в океана. Дори птиците, гнездящи по антарктическото крайбрежие, се отнасят към морските организми. Разнообразието на флората и фауната на антарктическата суша не е голямо. По-голямата част от остров Ливингстън е покрита с ледници и само около 10% от площта му се размразява през летния сезон, а това е основното място за развитие на наземните екосистеми, флора, фауна и почви.

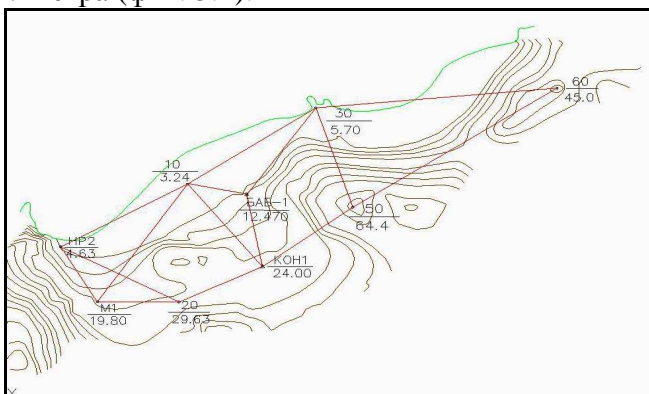
3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИ ДЕЙНОСТИ НА ОСТРОВ ЛИВИНГСТЪН. ОСОБЕНОСТИ, ИЗМЕРВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

3.1. Проектиране и изграждане на геодезическата мрежа

Мрежата, която е развита на остров Ливингстън, естествено е проектирана като самостоятелна. Това се налага поради факта, че там няма каквато и да е мрежа от по-висок клас, освен една точка, определена посредством GPS с многодневни измервания от немски специалисти, която е част от геодезическа мрежа, свързваща острова със съседния остров Дисепшън (т. 1.4). Главната задача на тази точка е да осигури проектираната мрежа във височинно отношение с изчислената елипсоидна височина.

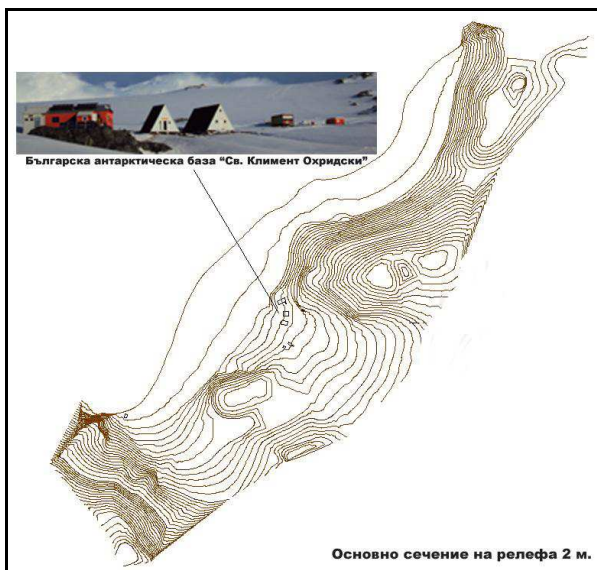
Видът на самостоятелната мрежа зависи много от съответния район, от неговата големина, както и от изискванията за точност. В зависимост от мащаба на подробната снимка или точността на специалните мрежи, в полагането на самостоятелните триангулации има някои различия. Тъй като в случая се касае за картиране в мащаб 1:2 000 върху незастроена територия се реши самостоятелната мрежа да се изгради само в един клас. Според практиката за обекти под 200 ха и подробна снимка в М 1:2 000 не се налага изграждането на триангулация, а се развиват полигонови ходове, като при изцяло открит терен предпочитанията са за мрежа със страни до 300 метра. Районът на БАБ изцяло съответства на тези параметри и така се стига до изграждане на такава мрежа със страни между 109 и 428 метра. Проектиране се извърши с помощта на единствената налична топографска карта в мащаб 1:25 000, издадена през 1991 от Formada por el Servicio geografico del Ejercito, Madrid. В мрежата се предвиди измерването на всички страни чрез светлодалекомер, съобразно с най-благоприятните условия на измерване. Мрежата е изградена от 9 точки, между които са измерени общо 15 страни, а средната им дължина е 230 метра. Най-ниската точка е с височина 3.24 метра , а най-високата –

64.40 м. Точката БАБ-1, непосредствено пред Българската база е с кота 12.47 метра (фиг. 3.1).

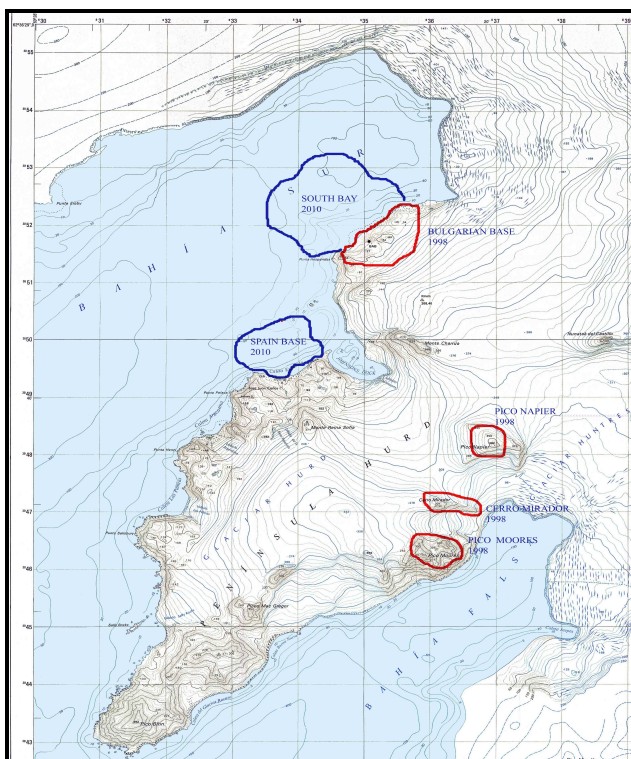


Фиг. 3.1 Развитата работна геодезическа основа за района на БАБ

Височинно мрежата е привързана към определената през 1997 година с GPS наблюдения точка КОН-1, с елипсоидна височина 24.00 метра.



Фиг. 3.4.Окончателен вид на цифровия модел на релефа за района на БАБ



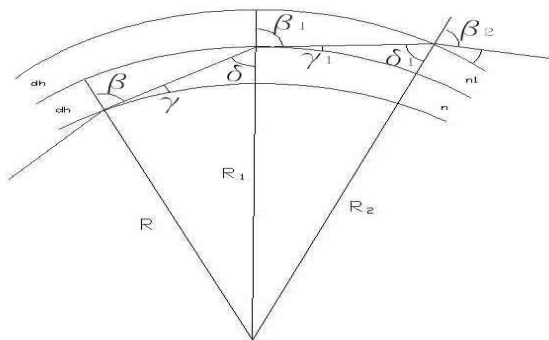
Фиг. 3.5. Заснетите райони през 1998/99 година (червен цвят) и акваториите на гидрографските снимки от 2010 година (син цвят)

3.4. Изследване на вертикална рефракция

Атмосферата като газова обвивка на Земята е нееднородна среда и се разделя на няколко слоя във височинно отношение: тропосфера с дебелина на въздушния слой от 0 до 10-12 км, стратосфера с дебелина на слоя от 12 до 40 км, мезосфера – между 40 и 80 км, йоносфера 80 – 800 км и екзосфера с долна граница на слоя 800 км до приблизително три пъти радиуса на Земята.

Разпространението на електромагнитните вълни в нееднородна среда каквато е тропосферата става по сложна крива линия. Колкото по-нееднородна е конкретната среда, толкова по-сложна е линията и степента на кривината ѝ, като те

зависят пряко от различието в коефициента на пречупване на тази среда. В еднородна среда тази крива линия се превръща в права. Това означава, че с увеличаване на височината на кривата линия, тя постепенно ще увеличава радиуса си, като при достигане на високите атмосферни слоеве еднородността на средата ще доведе до напълно изправяне на тази линия. Тази крива, обърната с вдлъбнатата си част към земната повърхност се нарича **рефракционна крива**, а плавното изкривяване на посоката на разпространение на електромагнитните вълни в пространството е известно като рефракция.



Фиг. 3.9. Разрез на тропосферен пласт

Ако се направи разрез на тропосферния пласт, състоящ се от тънки успоредни един на друг слоеве с дебелина dh (фиг.3.9), такива, че да може да се приеме еднакъв коефициент на пречупване (n) за всеки слой, според закона на Снелиус [31], следва:

$$n \cdot \sin \alpha = n_1 \sin \beta_1 = \dots = const., \quad (3.2)$$

където: α е ъгъл на падане,
 β – ъгъл на пречупване.

Ако се приемат означения за радиусите на отделните повърхности с R_i , ще имаме:

$$\frac{R}{R_1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} ; \quad (3.3)$$

и следователно:

$$\sin \alpha = \frac{R}{R_1} \cdot \sin \beta \quad (3.4)$$

Със заместване на (3.4) в (3.2) се стига до равенството:

$$R.n.\sin \beta = R_1.n_1.\sin \beta_1 = \dots = \text{const.} \quad (3.5)$$

Взимайки предвид $\gamma = 90^\circ - \beta$, и диференцирайки (3.2), се получава:

$$n.\cos \alpha.d\alpha + \sin \alpha.dn = 0, \quad (3.6)$$

откъдето за $d\alpha$:

$$d\alpha = -\text{tg} \alpha \cdot \frac{dn}{n}; \quad (3.7)$$

Изразявайки елемента ds чрез ъгъла на падане и дебелината на слоя се получава:

$$ds = \frac{dh}{\cos \alpha} \quad (3.8)$$

С последващо разделяне:

$$\frac{d\alpha}{ds} = \frac{1}{r} = -\frac{dn}{dh} \cdot \frac{\sin \alpha}{n}; \quad (3.9)$$

откъдето за радиуса на кривина на траекторията във вертикалната равнина се получава:

$$r = -\frac{dh}{dn} \cdot \frac{n}{\cos \gamma}. \quad (3.10)$$

Кривината на траекторията на разпространение на електромагнитните вълни като цяло е много малка, така че ъгълът γ е равен на ъгъла, под който вълните срещат земната повърхност, който е приблизително 0° . Коефициентът n до земната повърхност е също около единица, което означава, че с известно приближение може да се напише:

$$r = -\frac{dh}{dn} = -\frac{1}{\frac{dn}{dh}} \quad (3.11)$$

В израза (3.10) $\frac{dn}{dh}$ е вертикалният градиент на коефициента на пречупване. От формулата личи, че радиусът на кривина на траекторията на разпространение на електромагнитните вълни се явява реципрочната стойност на градиента на коефициента на пречупване. От тук следва, че r се увеличава с намаляване на градиента във височина. При нормални условия на атмосферата е установено [31], че радиусът на електромагнитните вълни приема стойности от 33 000 км при морското ниво, до 40 000 км на надморска височина 2 км.

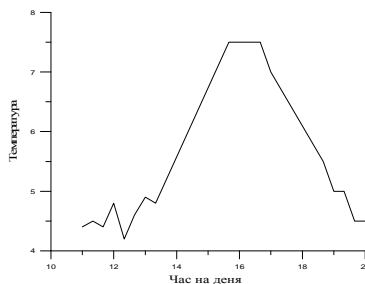
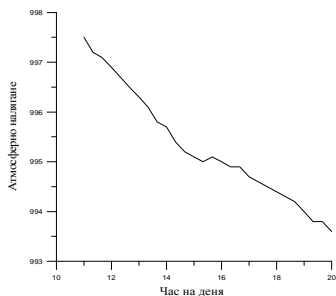
През 2001 година по време на **Деветата Българска антарктическа експедиция** е направен опит за изследване на вертикалната рефракция в района на остров Ливингстън. Идеята се налага от чисто научен интерес, за да се добие някаква представа за това явление там.

Таблица 3.1. Описание на наблюдаваните за изследване на вертикална рефракция точки

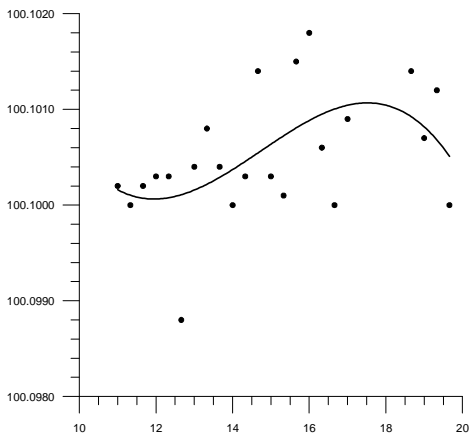
Пореден номер	Име на точката	Разстояние от базовата(км)	Тип повърхност под визурата
1	RF1	40	Лед и водна повърхност
2	RF2	2	Ледена повърхност
3	RF3	3	Водна повърхност
4	RF4	0.350	Открити скали

Промяна на атмосферното налягане

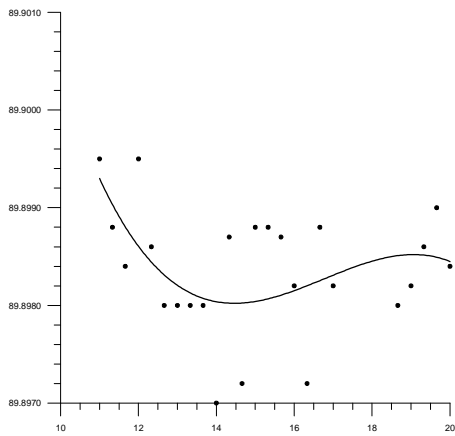
Промяна на дневната температура



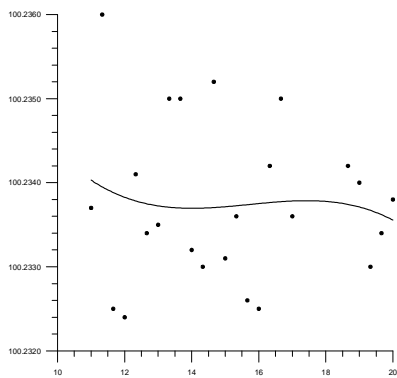
Фиг. 3.10. Графично изобразяване на промените на атмосферното налягане и температурата за периода на изследване



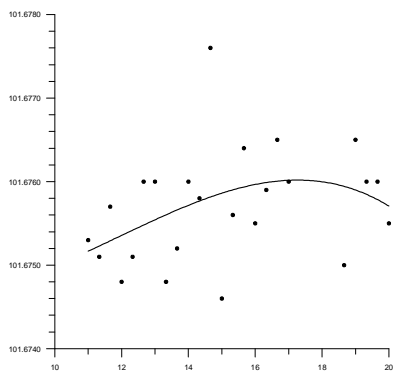
Лед и водна повърхност



Ледена повърхност

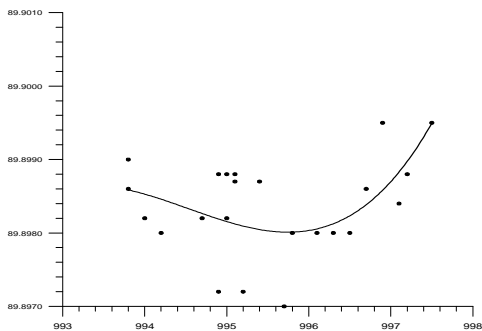
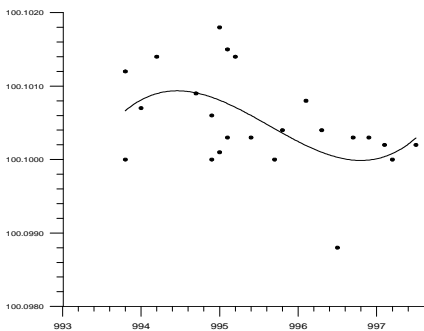


Водна повърхност



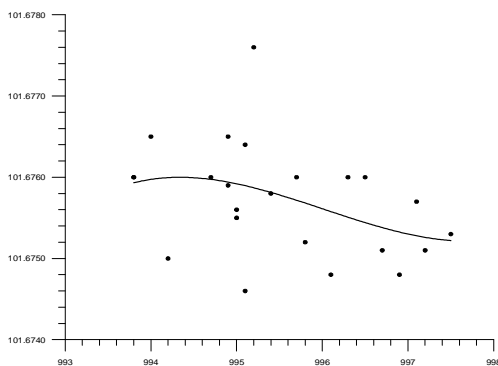
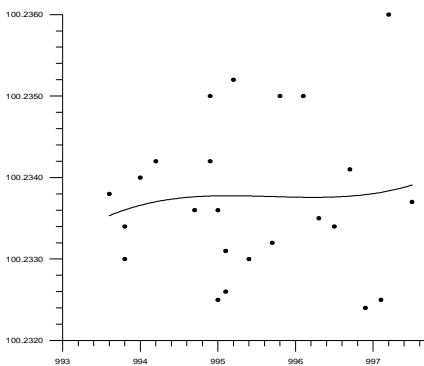
Открити скали

Фиг. 3.23. Сравнение между графиките *зенитен ъгъл - час от деня* последователно за четирите точки RF1, RF2, RF3 и RF4



Лед и водна
повърхност

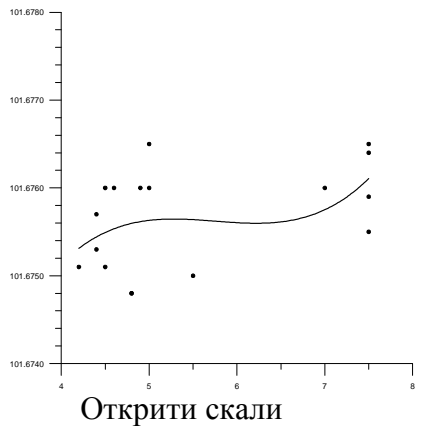
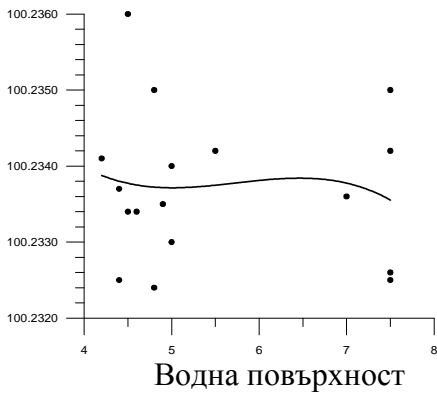
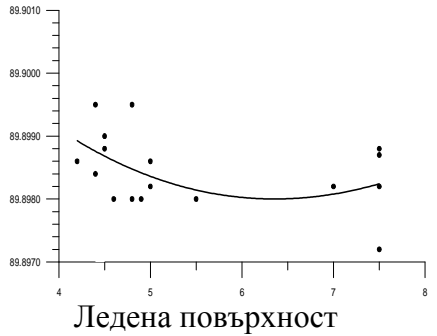
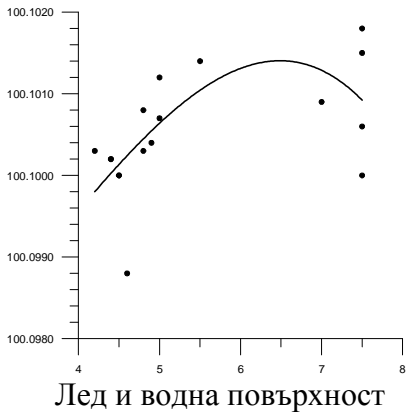
Ледена повърхност



Водна повърхност

Открити скали

Фиг. 3.24. Сравнение между графиките *зенитен ъгъл – атмосферно налягане* последователно за четирите точки RF1, RF2, RF3 и RF4



Фиг. 3.25. Сравнение между графиките *зенитен ъгъл – температура* последователно за четирите точки RF1, RF2, RF3 и RF4

От анализа на съпоставените графики могат да се направят *следните изводи*.

1. Изменението на зенитния ъгъл във *времето* се характеризира с факта, че визурите над водна повърхност и открити скали показват по-голяма плавност и малко изменение. Промяната в зенитния ъгъл над водната повърхност е само 4^{cc} за 10 часа, и то с тенденция само на спадане, а над скалите макар и пак 4^{cc} , тук се забелязва тенденция на нарастване на ъгъла в следобедните часове, последвано от връщане към началната стойност. Обяснение за това може да се даде с еднородност на средата, имайки предвид, че водната среда е по-инертна при нагриване от Слънцето и е нормално да покаже по-малка динамика в сравнение със скалната повърхност. Такова следва да е обяснението и за останалите две графики за ледено-водна и ледена повърхност, а именно нееднородност на постилащата повърхност по продължение на визурата, особено при (фиг. 3.11), която се отнася за разстояние от 40 километра. Въпреки констатираните разлики в поведението на зенитния ъгъл според дължината на визурата и повърхността под нея, може да се каже, че се забелязва един период със сравнително равномерна и еднопосочна промяна на ъгъла – от 14 до 17 часа местно време. Сравнено с измерванията в нашите ширини, където се предполагат най-точни измервания на зенитни ъгли в предиобедните и следобедните часове [27] на Ливингстън този период се явява изместен повече към края на деня, което е свързано и с по-голямата дължина на деня в тези ширини.

Може да се каже, че следобедния период се оказва подходящ за измерване на зенитни ъгли, независимо от дължината на визурите и постилащата повърхност.

2. Втората група графики се отнася за зависимостта на зенитния ъгъл от промяната на *атмосферното налягане*. Отново се забелязва аналогия с казаното вече в първия извод – по-голяма стабилност показва зенитният ъгъл спрямо налягането по визурите над океана и скалите. Промените са между 3 и 6^{cc} за 4 mBar , но с различна посока. И тук над ледената и ледено-водната повърхност се наблюдават по-големи

изменения на зенитния ъгъл. Най-голяма промяна показва втората графика, за ледена повърхност – 15^{cc} за 2 mBar.

Малки промени в атмосферното налягане оказват влияние повече на визури над ледена повърхност, като тенденцията е нарастване на ъгъла с увеличаване на налягането.

3. Последните графики изразяват зависимостта на зенитния ъгъл от *температурата*. Най-стабилна отново е визурата над океанската повърхност – ъгълът е почти без промяна с нарастване на температурата, с около 3^{cc} за 3°C . Най-големи изменения се наблюдават при визурата, преминаваща над лед и водна повърхност – 16^{cc} за нарастване на температурата с 3°C . Обяснението идва отново от нееднородността на постилащата повърхност, в случая комбинация между лед и вода. Освен това разстоянието при нея е най-голямо – 40 км.

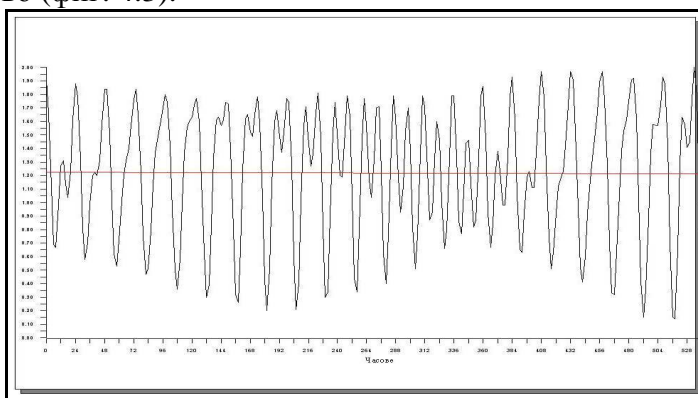
Разгледани във функция от разстоянието, най-динамични са промените при най-дългата визура - около 5^{cc} нарастване за 1°C повишение на температурата. С понижаване на разстоянието, при визури под 3 км колебанията в зенитния ъгъл са от порядъка на $1\text{-}2^{\text{cc}}$ за 1°C промяна на температурата.

Колебанията на температурата влияят най-много на визурите над нееднородна повърхност, която заедно с отдалечението оказват най-голямо въздействие върху измерените зенитни ъгли въобще. Това следва да се има предвид при измервания над такива повърхности, а при възможност е по-добре те да бъдат избягвани.

4. ОСОБЕНОСТИ НА РАБОТАТА В ОКЕАНА

През сезона 2009/10 година по времето на **XVIII-та Българска антарктическа експедиция** се монтира за първи път на остров Ливингстън водомерна лата (Глава 5), която да послужи както за извършването на планираната хидрографска снимка, така и за следене на колебанията на океанското ниво в Южния залив на острова. В продължение на три седмици са записвани отчети на нивото през около 2 часа, от които се извежда графика на разликите в нивото, което разбира се, е

изключително кратък период, но е сложено начало за бъдещи наблюдения на нивото на водата. На абсцисната ос е нанесен периода на отчитане в часове, а по ординатата - височината над нулата на латата в метри. Направено е и сравнение с теоретичните изчисления за района, без да се вземат предвид неперидичните колебания в нивото, от които се наблюдава сходство (фиг. 4.3).



Фиг. 4.3. Прогнозни стойности на колебанията на морското ниво за тридесемичен период през януари 2010 година, остров Ливингстън

Тук също по абсцисната ос е нанесен периода на отчитане в часове, а по ординатата – колебанията на нивото в метри. Ако се съпоставят двете графики прави впечатление, че тенденцията на периодичните колебания в нивото се покриват, но при неперидичните колебания има известно разминаване. Това явно се дължи на твърде динамичното време за района на Южния залив, невъзможността да се прогнозира напълно наличието и състоянието на повърхностното залежаване, промяната на посоката и скоростта на крайбрежния вятър, топенето на ледниците и разликите в атмосферното налягане.

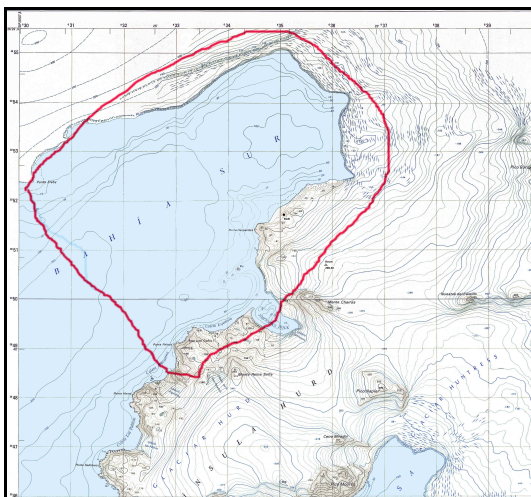
4.4. Хидрографска снимка

4.4.1. Подготвителни работи преди експедицията

Началото на подготовката за извършване на всякакви хидрографски заснемания започва с избора на подходяща апаратура, която да отговаря на редица изисквания. Постигането

на оптимален баланс между тях довежда до окончателния избор на марката и модела. Могат да се изброят съображения като например: в какъв водоем ще се използва хидроакустичната техника – вътрешен или външен, в какъв температурен диапазон се очаква да бъде заснемането, какви дълбочини се очаква да бъдат измервани, на какво отстояние от брега ще бъдат проектирани промерните галсове, т.е. на какво отдалечение от брега ще работи екипът, какви параметри на ехолотната сонда ще бъдат подходящи за съответния воден басейн. Не на последно място е и цената на подходящ хидрографски комплекс, включващ GPS-оборудване.

След като бъде решен въпросът за избора на работната апаратура се пристъпва към подготвяне на проект за заснемане на акваторията. Необходимо е да се направи реална преценка според условията за работа, каква площ реално може да се картографира.



Фиг. 4.4. Акваторията на Южния залив на остров Ливингстън

Това трябва да кореспондира и с нуждата от конкретното заснемане, където това наистина се налага, и то при условията на сигурност и безопасност на работния екип. При проучването се има предвид най-вече бреговата зона, която е най-важна за дебаркирането на експедициите, както и подходите на

приближаващите кораби. Това всъщност определи зоната на предвижданата хидрографска снимка. В действителност целият Южен залив на остров Ливингстън е голям като площ – около 20 кв. км, но северният, западният и част от източният му бряг са опасани с отвесни ледници, някои надхвърлящи и 50 метра (фиг. 4.4).

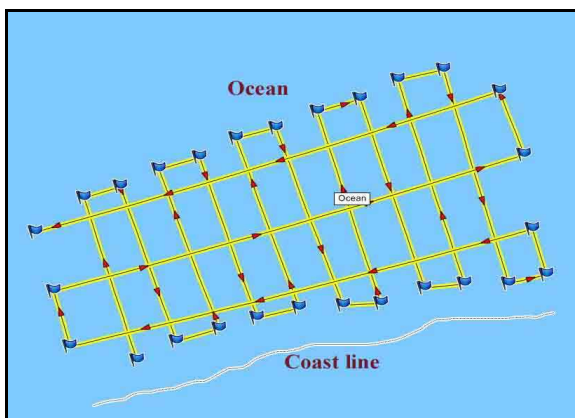
Движението на хора и каквито и да било плавателни съдове в близост до отвесните ледени стени е недопустимо от гледна точка на безопасност, така че и хидрографската снимка там е безмислено рискована, независимо, че би представлявало интерес какъв е характерът на дъното в крайбрежната до ледника зона.

При тези общи съображения се приема да се направи проект за заснемане на акватория, достигаща най-много до средата на залива и на не по-малко от 500 метра от ледените стени. Проектирани са промерни галсове (предварително определени проектни курсове на лодката) с помощта на програмата MapSource, които впоследствие са въведени в GPS приемника за да се осигури навигацията на лодката по тях. При проектирането на галсовете се изхожда от необходимата гъстота на заснеманите точки, която пряко се свързва със скоростта на запис на хидроакустичната апаратура във функция от скоростта на лодката.

Тъй като върху едромасщабната карта нанесените избобати предполагат сравнително монотонно дъно, галсовете се проектират с по-големи отстояния един от друг, а в случай на поява на динамичен дънен релеф, на място се предприема допълнително сгъстяване до нужната представителност. Проектната скорост на лодката се предвижда да бъде максимално 10 км/час, или да не надвишава 3 м/с, което при интервал на записа 2 секунди означава заснета точка през не повече от 6 метра. Тази гъстота дори е повече от необходимото, както се оказва впоследствие, изследвайки релефа на дъното. В нормални океански води би могло да се използва и двойно по-голяма скорост, но съображенията за сигурност от конфликт с

ледени късове са тези, които ограничават скоростта в района на Южния залив.

Разстоянията между отделните галсове са проектирани да бъдат от порядък около 100 метра, имайки предвид голямата гъстота в направление на самите галсове, така че да не се получат празнини в снимката. При изпълнението се оказва, че спазването точно на предварително проектираните галсове е почти невъзможно заради многото ледени късове, непреставащия вятър и вълнение (фиг. 4.6).



Фиг. 4.6. Проектиране на промерни галсове

С въвеждането в GPS приемника на всички проектни точки по галсовете се приключва тази част от подготовката на апаратурата за извършване на хидрографската снимка. Допълнително се настройват в ехолотната част всички необходими опции за сигнализиране на плитчини, формат на записа, визуализации на различните екрани.

Използването на комбинация с GPS хидрографски комплекс освобождава екипа от развиване на специална геодезическа мрежа, осигурява синхронизацията на записите на координати с дълбочини, подпомага навигирането на лодката по предварително проектираните галсове, както и съкращава ангажирания с цялата дейност екип.

В окомплектоването се добавя резервна ехолотна сонда, кабели, батерии, т.е. всичко, което е подложено на риск от повреди или изгубване, опакова се достатъчно надеждно за дългия транспорт и чак тогава може да се каже, че с предварителната подготовка за снимката е приключено.

4.4.3. Хидрографска снимка в Южния залив

Преди началото на всички измервания се проверяват предварително поставените настройки на хидроакустичната апаратура и ако се налага се коригират. Тук влизат проверки за соленост на водата, интервал на записа, дълбочина на потапяне на ехолотната сонда, звуковите сигнали за опасност от плитчини.

Когато всичко е готово, а прогнозите позволяват влизане в океана, се настройва приемника да започне да води лодката по първия проектиран галс и се стартира процеса на запис. Първоначално лодката се движи много бавно заради преминаване през крайбрежните ледени късове, които трябва да бъдат разбутвани за да не повредят лодката и монтираната под нея ехолотна сонда. След преминаване на този леден пояс скоростта може да се увеличи до оптималната, с цел да няма увреждане в конструкцията на захващане на цялата измервателна апаратура, а това е около 10 км/час. Следенето на проектните галсове е важно, тъй като лодката се отдалечава много от брега и се губи реалната представа за правилната посока. Така единият от работната група следи непрекъснато състоянието на антените, а другият е ангажиран с екрана на ехолота, за да дава непрекъсната информация на водача на лодката за наличие на опасни плитчини, както и за водене на правилния курс. Също така всички в лодката много внимателно следят за ледени парчета във водата, особено за полупотопени, които могат да доведат до срязване на лодката.

За разлика от снимките в малки водоеми, тук определения курс се следи сравнително дълго време, в продължение на километри. След което се тръгва на обратен курс, отместен със стъпката, предвидена по проект.

Продължителното плаване на постоянен курс носи със себе си опасностите от монотонността на работа, когато човек без да иска притъпява вниманието си и може да пропусне сериозни опасности (Глава 6).

По този начин за акваторията на Българската Антарктическа база е направена хидрографска снимка от 4191 точки, разположени в зоната с приблизителни координати, представени в таблица 4.1. Времетраенето на снимката е 2 часа и 20 минути, изминатият път на лодката – 15.7 км със средна скорост 7 км/час. Общо заснетата площ е около 120 хектара.

В таблица 4.2 е представена извадка от записи на данните в хидроакустичната система.

Таблица 4.2

Index	Time	Altitude	Depth	Temperature	Leg Length	Leg Time	Leg Speed	Leg Course	Position
1800	11.1.2010 r. 18:16:34		311.5 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	43° true	562 37 54.4 W60 22 33.7
1801	11.1.2010 r. 18:16:36		309.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	43° true	562 37 54.3 W60 22 33.5
1802	11.1.2010 r. 18:16:38		307.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	43° true	562 37 54.2 W60 22 33.2
1803	11.1.2010 r. 18:16:40		309.7 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	46° true	562 37 54.1 W60 22 33.0
1804	11.1.2010 r. 18:16:42		312.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	48° true	562 37 54.0 W60 22 32.7
1805	11.1.2010 r. 18:16:44		314.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	48° true	562 37 53.9 W60 22 32.5
1806	11.1.2010 r. 18:16:46		317.0 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	45° true	562 37 53.9 W60 22 32.3
1807	11.1.2010 r. 18:16:48		320.5 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	46° true	562 37 53.7 W60 22 32.0
1808	11.1.2010 r. 18:16:50		322.5 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	42° true	562 37 53.6 W60 22 31.8
1809	11.1.2010 r. 18:16:52		327.3 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	38° true	562 37 53.5 W60 22 31.6
1810	11.1.2010 r. 18:16:54		330.7 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	34° true	562 37 53.3 W60 22 31.4
1811	11.1.2010 r. 18:16:56		335.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	29° true	562 37 53.2 W60 22 31.2
1812	11.1.2010 r. 18:16:58		339.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	23° true	562 37 53.1 W60 22 31.0
1813	11.1.2010 r. 18:17:00		342.0 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	26° true	562 37 52.9 W60 22 30.9
1814	11.1.2010 r. 18:17:02		346.1 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	32° true	562 37 52.8 W60 22 30.7
1815	11.1.2010 r. 18:17:04		350.3 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	39° true	562 37 52.7 W60 22 30.6
1816	11.1.2010 r. 18:17:06		356.3 ft	1.2 °C	4 m	0:00:02	8 km/h	42° true	562 37 52.5 W60 22 30.4
1817	11.1.2010 r. 18:17:08		361.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	48° true	562 37 52.4 W60 22 30.2
1818	11.1.2010 r. 18:17:10		365.2 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	57° true	562 37 52.3 W60 22 29.9
1819	11.1.2010 r. 18:17:12		366.6 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	65° true	562 37 52.3 W60 22 29.6
1820	11.1.2010 r. 18:17:14		368.8 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	74° true	562 37 52.2 W60 22 29.3
1821	11.1.2010 r. 18:17:16		373.0 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	89° true	562 37 52.1 W60 22 29.0
1822	11.1.2010 r. 18:17:18		372.8 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	94° true	562 37 52.1 W60 22 28.7
1823	11.1.2010 r. 18:17:20		381.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	100° true	562 37 52.2 W60 22 28.3
1824	11.1.2010 r. 18:17:22		375.4 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	105° true	562 37 52.2 W60 22 28.0
1825	11.1.2010 r. 18:17:24		380.6 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	113° true	562 37 52.2 W60 22 27.6
1826	11.1.2010 r. 18:17:26		374.5 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	129° true	562 37 52.3 W60 22 27.3
1827	11.1.2010 r. 18:17:28		375.7 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	147° true	562 37 52.4 W60 22 27.0
1828	11.1.2010 r. 18:17:30		379.0 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	149° true	562 37 52.5 W60 22 26.8
1829	11.1.2010 r. 18:17:32		385.7 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	150° true	562 37 52.6 W60 22 26.7
1830	11.1.2010 r. 18:17:34		384.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	149° true	562 37 52.8 W60 22 26.5
1831	11.1.2010 r. 18:17:36		388.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	149° true	562 37 52.9 W60 22 26.3
1832	11.1.2010 r. 18:17:38		384.4 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	155° true	562 37 53.1 W60 22 26.1
1833	11.1.2010 r. 18:17:40		392.3 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	153° true	562 37 53.2 W60 22 26.0
1834	11.1.2010 r. 18:17:42		395.4 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	157° true	562 37 53.3 W60 22 25.8
1835	11.1.2010 r. 18:17:44		391.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	152° true	562 37 53.5 W60 22 25.7
1836	11.1.2010 r. 18:17:46		390.0 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	8 km/h	148° true	562 37 53.6 W60 22 25.5
1837	11.1.2010 r. 18:17:48		391.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	154° true	562 37 53.8 W60 22 25.4
1838	11.1.2010 r. 18:17:50		408.4 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	152° true	562 37 53.9 W60 22 25.4
1839	11.1.2010 r. 18:17:52		408.4 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	144° true	562 37 54.0 W60 22 25.1
1840	11.1.2010 r. 18:17:54		381.3 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	144° true	562 37 54.2 W60 22 24.8
1841	11.1.2010 r. 18:17:56		375.4 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	147° true	562 37 54.3 W60 22 24.6
1842	11.1.2010 r. 18:17:58		384.1 ft	1.2 °C	4 m	0:00:02	8 km/h	148° true	562 37 54.4 W60 22 24.4
1843	11.1.2010 r. 18:18:00		382.0 ft	1.2 °C	4 m	0:00:02	8 km/h	151° true	562 37 54.6 W60 22 24.3
1844	11.1.2010 r. 18:18:02		379.1 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	154° true	562 37 54.7 W60 22 24.1
1845	11.1.2010 r. 18:18:04		367.9 ft	1.2 °C	5 m	0:00:02	9 km/h	153° true	562 37 54.8 W60 22 23.9

Center map on selected item(s)

Points	Length	Area	Elapsed Time	Avg. Speed
4191	15.7 km	1.2 sq km	2:19:41	7 km/h

Извадка от записите на хидрографската система за 45 точки

5. ЦИФРОВО МОДЕЛИРАНЕ НА РЕЛЕФА В РАЙОНА НА БАБ И НА ДЪНОТО НА ЮЖНИЯ ЗАЛИВ

5.1. Цифрово моделиране на релефа в района на БАБ

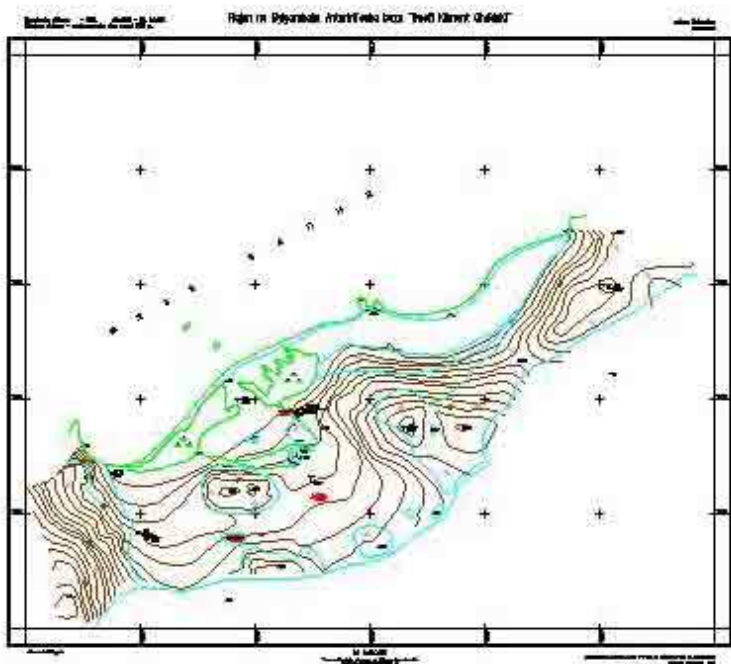
След приключване на всички измервания започва обработката на данните. Поради спецификата на условията за работа в БАБ се прави само първоначално систематизиране и проверка на получените данни. Целта е на място да се установи тяхната пълнота според планираните дейности и в случай на нужда да бъдат допълнени до края на пребиваването на експедицията. Когато се окомплектоват всички данни, на място се прави начална обработка и се изчертават картните материали в суров вид. Поради липсата на специализиран софтуер и необходимата техника за изчертаване, в БАБ те не могат да бъдат оформени и отпечатани в окончателен вид.

Същинската обработка започва след завръщането в България. Първоначално измерванията се отделят по райони на заснемане, тъй като в рамките на една експедиция може да се наложи работа на различни и отдалечени едно от други места. За цифровото моделиране на релефа се преглеждат данните за отделните райони и се създават входните файлове за обработка на мрежата и тахиметричната снимка. Първо се обработва работната геодезическа основа до получаване координатите на всички точки и точността им. За целта се създава входен файл с координатите на известните точки (в случая те са две – БАБ и КОН-1, с координати получени от GPS измервания), техния клас и файл с данните от полските измервания на мрежата (приложение 5.1).

От цифровия модел са получени топографските планове на района на БАБ (фиг. 5.3) и скалните масиви Пико Мурес, Пико Напие и Серо Мирадор (фиг. 5.6 и 5.7), а от табл. 5.1 и фиг. 5.6 се вижда процентното разпределение на височините в интервали от 10 метра.

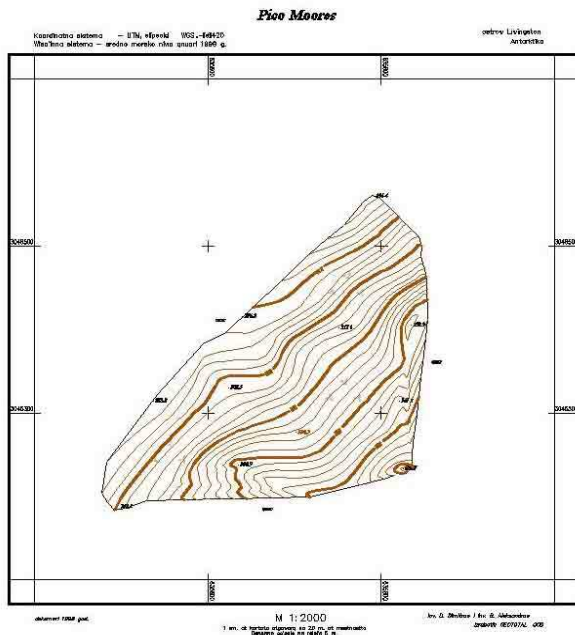


Фиг. 5.2. 3D-модел на района на БАБ, изглед от океана

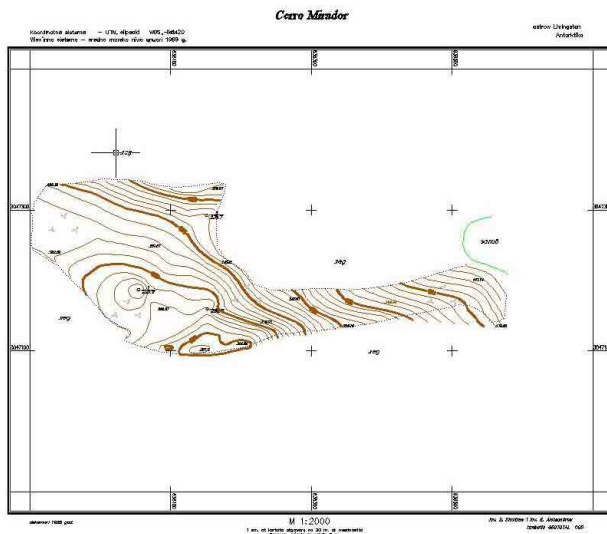


Фиг. 5.3. Топографски план на района на Българската Антарктическа база

Топографските планове на масива Пико Мурес и Серо Мирадор са показани на фиг. 5.6 и 5.7.



Фиг. 5.6. Топографски план на Пико Мурес



Фиг. 5.7. Топографски план на Серо Мирадор

5.2. Обработка на измерванията от хидрографската снимка и цифрово моделиране на дъното на Южния залив

5.2.1.1. Определяне на общата поправка на ехолота чрез диференциални поправки

В зависимост от конструкцията, модела и начина на регистриране на данните, диференциалните поправки са няколко. Когато се използва ехолот с цифрова регистрация, който позволява промяна само на типа вода (сладка или солена) и дълбочината на поставяне на сондата някои от диференциалните поправки не се изчисляват. Измерванията с ехолота, които са предмет на настоящия докторат се коригират със следните две поправки [11]:

а/ Поправка ΔZ_v за вертикалната скорост на разпространение на звука във водна среда. Конструктивно заложената вертикална скорост на звука в ехолота се нарича още проектна вертикална скорост V_0 , но при различни условия на използване звуковите вълни реално се разпространяват с работна скорост V . Тази разлика се отчита с поправката ΔZ_v по формулата:

$$\Delta Z_v = Z_e \left(\frac{V}{V_0} - 1 \right) = Z_e \left(\frac{V - V_0}{V_0} \right) \quad (5.2)$$

Поправката ΔZ_v се изчислява с точност $m_{\Delta Z_v} = 0.5\% Z_e$. След диференциране на форм.(5.2) се получава:

$$d\Delta Z_v = \frac{Z_e}{V_0} d(V - V_0) \quad (5.3)$$

или изразено чрез средните квадратни грешки:

$$m_{\Delta Z_v} = \frac{Z_e}{V_0} m_{(V-V_0)} \cdot \quad (5.4)$$

Отгук може да се определи

$$m_{(V-V_0)} = \frac{V_0}{Z_e} m_{\Delta Z_v} \cdot \quad (5.5)$$

Като се замести $V_0 = 1500 \text{ m/s}$ и $m_{\Delta Z_v} = 0.5\%$ Z_e се получава

$$m_{(V-V_0)} = \pm 7.5 \text{ m/s}. \quad (5.6)$$

Изводът от това е, че поправката ΔZ_v трябва да се изчислява когато:

$$m_{(V-V_0)} = |V - V_0| \geq 7.5 \text{ m/s}. \quad (5.7)$$

Практически при прецизни дълбочинни измервания тя се взема предвид и когато стойността е $\leq 7.5 \text{ m/s}$. Връзката между фактическата вертикална скорост на звука и измерванията на температурата и солеността се дава с формулата на Дел Гросо (Глава 4, форм. (4.3)).

б/ Поправка Z_B заради дълбочината на поставяне на ехолотните сонди. Регистрираната от ехолота дълбочина Z_e се отнася до нивото на ехолотната сонда. Привеждането ѝ към нивото на водата се извършва с поправка, определена по формулата:

$$\Delta Z_B = d - d_1 - d_2 \quad (5.8)$$

където:

d - вертикалното разстояние между кила и палубата, което е конструктивен размер;

d_1 - вертикално разстояние от кила на снимачния съд до сондите;

d_2 - височина на палубата над водата.

Разстоянието от нивото на водата до сондата, когато е подвижна, следва винаги да се измерва.

5.2.1.2. Определяне поправката на ехолота чрез тариране

Процесът на тариране позволява да се получи общата поправка на ехолота за конкретен водоем при конкретни условия чрез:

- измерване на известни дълбочини с ехолота;
- чрез тариращо устройство, лот или контролен ехолот.

В първия случай общата поправка при тариране на ехолота се получава по формулата:

$$\Delta Z_e = \Delta Z_T + \Delta Z_n \quad (5.9)$$

където:

ΔZ_T - сумарната поправка, определена за района на измерванията при тарирането;

ΔZ_n - поправка заради промяна на дълбочината на поставяне на сондата при тарирането и при измерванията.

Във втория случай се използва тариращо устройство, ръчен лот или контролен ехолот. Когато тарирането се извършва с тариращо устройство общата поправка е:

$$\Delta Z_T = Z_{lot} - Z_e \quad (5.10)$$

като тук:

Z_{lot} - дълбочината, измерена с тариращото устройство;

Z_e - измерената с ехолота дълбочина.

Тук в измерената с ехолота дълбочина Z_e влизат поправките за потапяне на сондата (5.8) и за разпространение на звука във водна среда (5.1).

Принципно тарирането на ехолота трябва да се извършва на различни хоризонти: 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 40, 50 и 60 метра [11]. От получените стойности на общата поправка за различни водни хоризонти се извежда уравнение от вида

$$\Delta Z_T = a + bZ_e + cZ_e^2, \quad (5.11)$$

където a , b , c са неизвестни коефициенти, които се определят по МНМК.

Корекция за произволно измерена дълбочина може да се отчете от графика на това уравнение или чрез изчисление по форм.(5.11).

5.2.2. Обработка на хидроложките измервания

За да бъде направена коректна обработка на хидроложките измервания трябва да е следено и записвано нивото на водата по време на снимката и да се определи

поправка за отклонението му. Изчислява се и действителната средна вертикална скорост на разпространение на звука когато има данни за това. Тя е необходима за изчисление на поправката на ехолота за разлика между реална и проектна скорост на звука.

Когато е определена общата поправка на ехолота или е изведено тарировъчното уравнение (5.10) се коригират дълбочините. Те се поправят и заради разликата в нивото на водата по време на измерванията и нивоповърхнината, минаваща през избраната нула на дълбочините по формулата:

$$\Delta Z_f = -(H_o + f) \quad (5.12)$$

където:

H_o - котата на нулата на водомерната лата;

f – отчет за нивото на водата по водомерната лата в момент на измерване на дълбочината Z .

При извършването на хидрографска снимка се получават координати и дълбочини на определен ред от точки, с които се получава информация за дъното на даден водоем и с помощта на изобати или хоризонтални се изобразява релефа. Цялата информация за дълбочините трябва да бъде отнесена към определено изходно ниво на водата, условно избрано за нулево. Това може да стане с монтирането на водомерна лата, по която за времето на снимката да се отнесат всички измерени дълбочини, за да се коригират приливно-отливните разлики и непериодичните колебания в морското ниво.

На остров Ливингстън се монтира водомерна лата, като предварително е направен подробен оглед на бреговата линия за избор на най-подходящото ѝ място. То трябва да е запазено от вълни, от плаващи парчета лед, доколкото е възможно трябва да бъде защитено от пряк контакт с масивния паков лед, образуващ се през зимния период. Освен това много е важно латата да се вижда ясно и отдалеч, за да може да бъде полезна като информация за високите и ниски води, както на излизащите в морето, така и на пристигащите плавателни съдове. Такова място, почти отговарящо на тези изисквания има в източната

част на залива, с приблизително северно изложение, на добре запазена от вълните и вятъра скала.

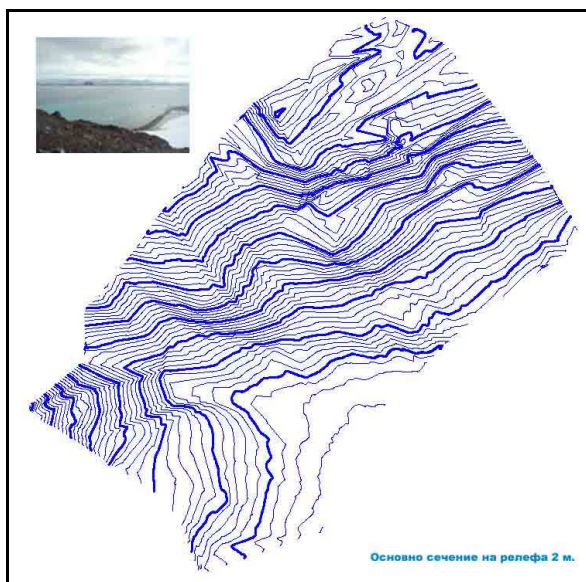
Водомерната лата е изработена от неръждаема ламарина с дължина 260 см, разграфена през 20 см с контрастна водоустойчива червена и бяла боя, монтирана така, че да се покриват най-ниските и най-високите води с достатъчен резерв. Практиката показва максимален прилив от порядъка на 180 см, което гарантира нормалната потопеност на латата. Монтирана е с неръждаеми анкерни болтове в основна скала и е намален до минимум риска от контакт с ледени късове, използвайки ниши в скалата. Разбира се, тази лата далеч не може да бъде наречена съоръжение, но все пак вече има скала, по която могат да се отчитат приливните явления.

След монтажа и проверката за покриване на високите и ниските води латата се привързва височинно към трайно стабилизирана геодезическа точка, определена с многодневни GPS-измервания и известна елипсоидна височина. С помощта на тотална станция тя е пренесена върху латата, като по този начин се определя и условната ѝ нула, спрямо която се правят отчетите за извеждане на средното водно ниво. Подходящо прикритото от вълни и лед място на латата, както и разграфката ѝ позволяват да се отчитат стойности на нивото с точност от порядъка на 2-3 см, което напълно задоволява целите, зложени в нея. По този начин е изведено и средното ниво за времето на престоя, показано на фиг. 5.12.

На графиката са нанесени по абсцисната ос времето в часове от началото на отчитането, а по ординатата - показанията на латата в метри. Поставени са и условни знаци за съответната фаза на Луната, имащо пряка връзка с периодичните колебания на нивото. Непериодичните, както бе споменато вече, на този етап не могат да бъдат взети предвид и нанесени на графиката.

След окончателно приключване на измерванията данните се прехвърлят и на място се установява пълнотата на предвидената хидрографска снимка. Съществената обработка се извършва в България и започва с преглед на данните от измерванията. Необходима е филтрация, която да изключи

дълбочини, явно различаващи се от съседните стойности, и причинени вследствие силно люлеене на лодката, преминаване над плаващи ледени късове или морски животни. Изключват се също така и дълбочини, чиито координати са на разстояния, по-малки от 2 метра, за да не се претрупва излишно модела на дъното. Така след изключване на ненужните данни се запазват само информативните дълбочини. За акваторията на БАБ от включването на хидроакустичната система до излизането на лодката на брега са записани 4191 дълбочини с координати, като много от тях са натрупани по време на маневрите и се премахват. В крайния си вид са запазени 824 информативни дълбочини, на които се нанася корекция за колебанията на океанското ниво съобразно отчетите на водомерната лата. След окончателното коригиране на измерванията, те са въведени като подробни точки в Autodesk Land Desktop 2004, където е построен и цифровия модел на дъното (фиг. 5.14).



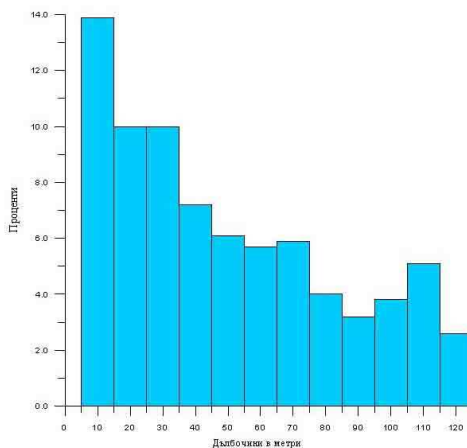
Фиг. 5.14. Цифров модел на акваторията на БАБ в М 1: 15000

От създадения цифров модел на акваторията е направен анализ на измерените дълбочини, заемана площ и тяхното процентно съотношение (табл. 5.2 и фиг. 5.15). В табл (5.3) и фиг. (5.16) е показано разпределението на дълбочините в близост до бреговата зона.

Таблица 5.2

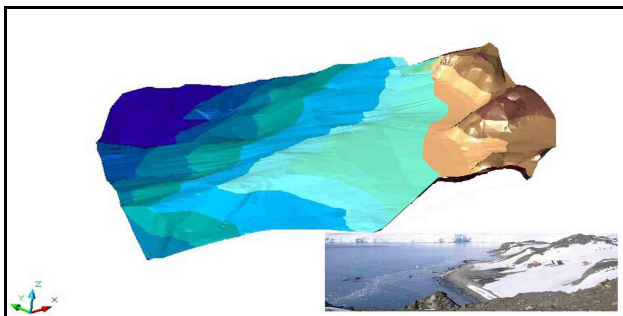
No	Дълбочините в интервали (метри)	Заснета площ от акваторията на залива	
		дка	проценти
1	0-10	232.6	13.9
2	10-20	168.4	10.0
3	20-30	168.3	10.0
4	30-40	121.3	7.2
5	40-50	101.6	6.1
6	50-60	95.8	5.7
7	60-70	98.4	5.9
8	70-80	67.3	4.0
9	80-90	54.2	3.2
10	90-100	63.4	3.8
11	100-110	85.7	5.1
12	110-120	43.9	2.6

Разпределение на дълбочините и заснетите площи

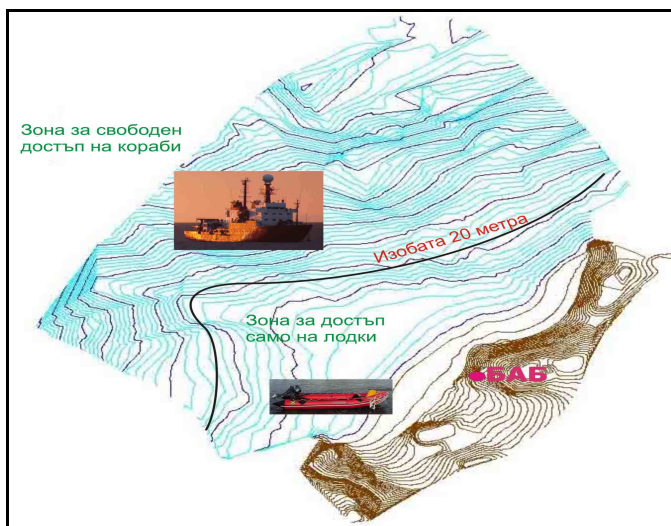


Фиг. 5.15. Разпределение на дълбочините и заснетите площи (в %)

След създаването на цифров модел за сушата в района на БАБ и за дъното на Южния залив, се пристъпи към свързване на двата модела. За тази цел е направено отделно заснемане на бреговата ивица, която да послужи за връзка между двата модела. Съвместният модел е показан на фиг. (5.17) и (5.18) [37]. На фиг. (5.19) и (5.20) са представени тримерния модел на акваторията на Испанската Антарктическа база „Хуан Карлос I” и изглед към базата от океана.



Фиг. 5.18. 3D модел на района и акваторията на БАБ



Фиг. 5.21. Разпределение на безопасните зони за плаване

6. МЕТОДИКА ЗА ГЕОДЕЗИЧЕСКИ РАБОТИ В ПОЛЯРНИ УСЛОВИЯ ОТ ОПИТА НА ОСТРОВ ЛИВИНГСТЪН

6.2. Геодезическите работи на остров Ливингстън. Общи аспекти

За времето на трите експедиции с участието на геодезисти на остров Ливингстън може да се каже, че е извършена многообразна по характер геодезическа работа, използвана е различна по вид и точност техника и се придоби значителен опит при работата в екстремна среда, който би могъл да бъде полезен за бъдещи участия на геодезисти в интердисциплинарни проекти, заложи като перспективи в Антарктика.

Геодезическата работа в полярни условия изисква освен известните на всички способности, още ред допълнителни умения, необходими както за съхраняване живота и здравето, така и за получаване на нужната качествена продукция, включена в един или друг научен проект с участието на геодезисти. Поради много по-различните условия на живот там се отделя особено внимание на приоритетите на работа, а именно всичко започва с грижата за човешкия живот и безопасност, а след това се следи за изпълнението на многото и разнообразни по характер задачи, предвидени в програмата на една експедиция. Затова именно и всички методични постановки започват от безопасността на работата, независимо в какъв аспект е тя.

Може би един от най-важните моменти изобщо е *мотивацията*. Не би било леко на някой, включен в такива експедиции, ако той няма желанието и не е мотивиран вътрешно да се справя с трудностите. Най-вероятни последствия от такива случаи е да станат злополуки или тежки нежелани увреждания. Самото участие в национална антарктическа експедиция е само по себе си голяма мотивация, но все пак поради голямото различие в хората, това се приема много индивидуално [28].

На второ място идва **работата в екип** при условията на малкото затворено общество. Изолацията от обикновената среда е осезаемо, и при по-лабилни характери би могло да бъде пречка както за извършване на набелязаните дейности, така и въобще за нормалното общуване. Изолацията е голяма и по отдалеченост, и по продължителност. Тези неща са много важни от човешка гледна точка и не би следвало да се подценяват и в най-малките детайли.

Съществен елемент от работата в полярните ширини е **по-тежката екипировка**, комбинирана в много случаи и с алпийски атрибути. Познанията по ски и алпинизъм са задължителни, а и могат да бъдат често животоспасяващи. Наложително е боравенето с широка гама алпийски съоръжения, без които е недопустимо напускането на района на базата.

6.3. Методика на геодезическите дейности на БАБ

След пристигането до Базата, на членовете на експедицията им предстои **аклиматизация** и **подготовка за живот** в условията на полярната база. След като бъдат разпределени задачите за всички, геодезистът може да организира оглед и подготовка на инструментите, да провери за евентуални повреди или загуби, да планира в общи линии порядъка на специализираната си работа. Трябва да се прави следното:

- **Подготовка на личната екипировка** за работа на открито в екстремните условия на Антарктика. Прави се преди да започне истинската специализирана работа. Трябва да бъдат налице много елементи от широкия спектър алпийска техника. Избират се подходящи ски и обувки на всеки, който излиза извън района на Базата. В екипировката влиза алпийската седалка, която трябва да бъде пригодена точно за определения човек, като се вземе предвид екипа, с който ще бъде облечен той. Подготвят се алпийски котки, неотлъчен инвентар от всекидневната екипировка, проверяват се различните въжета, карабинери, каски, челни фенери, пикели. Цялата екипировка на

геодезиста е многократно по-голяма и тежка в сравнение с тази, използвана при нормални условия (фиг.6.3);

- **Подготовка на специализираната и лична техника.** Това зависи от конкретните задачи за работа на терена, с които ще се започне геодезическата работа;

- **Координация между екипите.** Обсъждат се действията с другите членове на експедицията, възможностите за помощ и съдействие от тяхна страна в ролята им на полеви алпинисти, фигуранти с отражатели и т.н. При това трябва да се има предвид, че всеки изпълнява някаква конкретна задача, една стиковка между екипите е крайно наложителна. Най-добре е преди да започне реалната геодезическа дейност (разбира се, при такава възможност), да се направят няколко опита за съвместна работа с неспециалистите, за отработване на радиовръзката, на терминологията. Тя е особено важна за помагачите алпинисти, които не са геодезисти, тъй като при условията на силен вятър те трудно биха разбрали какво и къде трябва да се извърши (фиг.6.1).

Подценяването на радиовръзката и уговарянето на визуални сигнали е груба грешка при работата в екстремни условия, а дори може да бъде и много опасна [6].

- **Състояние на метеорологичните условия.** Един от най-важните елементи в цялата съвместна дейност е метеорологичната обстановка. Следи се и кратковременната прогноза, според която се планува отрязък от време с относителна стабилност, за да може да бъде използван оптимално от всички в Базата. Често се налагат компромиси от едни или други при изпълнението на отделни задачи, тъй като времето сравнително рядко се задържа стабилно и подходящо за работа. Но в името на общата цел се постига разбирателство и доколкото е възможно всички се справят със задачите си.

След преминаването през всичките изброени етапи на подготовка се пристъпва към реалната геодезическа работа. На остров Ливингстън са извършвани различни по своя характер геодезически работи, като всяка от тях има своя специфика.

Извършени геодезически работи:

- детайлно картографиране на скални участъци
- GPS измервания на маркирани геоложки профили
- GPS измервания за геоморфоложки и биоложки цели
- изследване на вертикална рефракция
- измервания за определяне движението на ледник
- монтиране на водомерна лата
- хидрографска снимка на акваторията на БАБ
- нивелация за тръбопровод

Използвани инструменти:

- Точен теодолит THEO 010 B
- Тахиметър Dahlta 010
- Далекомерна приставка АЕМ 1200
- хидрографски комплекс GPSMAP 521s
- GPS Garmin Vista HCx
- Тотална станция NIKON

6.3.1. Методически изисквания при картографиране на открити от лед скални пасажи

През зимата на 1998/99 по време на Седмата Българска Антарктическа експедиция и в Българската полярна база „Св. Климент Охридски” се дава начало на геодезическо присъствие. То е поставено от инж. Борислав Александров и ст.н.с Димитър Димитров с детайлно картиране на открити от лед и сняг скални участъци в района на БАБ и в три близки масива – Пико Мурес, Пико Напие и Серо Мирадор. Извършено е картиране в М 1 : 2000 по класическите способности на полярната снимка с теодолит и далекомерна приставка. Заснети са около 700 дка открити участъци, а неподходящото време и снежната покривка не позволяват да се направят повече измервания. След това са изготвени топографски планове в мащаб 1:2 000 за всеки от четирите участъка [17].

Картографирането на открити от сняг и лед скални пасажи там е от най-рисковите геодезически дейности. Екипът се

придвижва до мястото на снимката по правилата за движение по ледници (фиг. 6.1) и се разпределят задачите на всеки. Първо се избират точките за работната геодезическа основа, в което участват всички, за да се установи недвусмислено видимостта между точките и окончателното им местоположение. Стабилизират се по подходящ за съответния терен начин, а това е чрез прорязване в основна скала, геодезически пирони в цепнатини или метални тръбички в раздробените повърхности. След това може да започне самата снимка, като технологията предполага при двама геодезисти единият да бъде оператор, а другият да бъде с отражател. Тук проблем се явява това, че понякога за да се стигне до открит скален пасаж трябва да се премине през част от ледника, а това изисква движение в свързка по двама [26]. Тогава и двамата трябва да вървят заедно с призмата докато безопасността го налага. За много такива участъци вече е напълно подходящо използването на безрефлекторна технология, което би спестило многократно, както безценното добро време, така и много енергия, изразходвана от хората за преминаване през препятствието.

При работа в рефлекторен режим обаче, има много специфични детайли, които трябва да се имат предвид. Операторът на инструмента е принуден да стои много време неподвижен, защото придвижването на фигурантите е бавно, което довежда до преохлаждане в някаква степен. Работата с дебелите ръкавици е невъзможна и се налага използване на втори по-тънък чифт, или с отрязани пръсти, което при контакта със студения метал води до още повече дискомфорт. Много важен момент е отчитането в окуляра на инструмента. Всички по време на работа на открито са задължително с глетчерни очила с висок ултравиолетов фактор заради разределения многократно там озонен слой. Налага се при отчет да се свалят очилата, а после пак да се слагат. Контрастът на ослепителната белота навън и тъмния окуляр на микроскопа довежда до бърза умора и изнервеност. Тук решението е използване на тотални станции с LCD дисплей. Трябва да се има предвид обаче, че има

и глетчерни очила с поляризирани стъкла, а това води до изчезване на цифрите за оператора под определен ъгъл.

Трябва да се спомене, че операторите на инструментите трябва да ги познават до съвършенство, за да се пести както времето за работа, така и да бъдат използвани оперативни предимствата на дадена техника. Всяко допълнително бавене на измерванията поради неяснота на оперирането води след себе си и един много неприятен проблем за геодезическата апаратура – изтощаването на батериите. В условията на отрицателни температури и силен вятър батериите са много уязвим елемент от цялостната организация. Недопустимо е заради неподготвени батерии да се проваля транспортирането на хора и техника на километри от Базата в редките подходящи за работа дни.

Най-голямо внимание се изисква от фигуранта с призмата, когато се обхождат стръмни скални пасажи. За да бъде пресъздаден обективно релефа се налага да се избират точки във всички характерни места на терена, а много често те или са недостъпни, или достъпът до тях е свързан с големи рискове. Тук трябва да проличи както алпийската подготовка на геодезиста, така и психическата му увереност за работа в екстремни условия (фиг. 6.2). Не бива да се забравя, че това не са изолирани случаи, а често срещана практика – заснемане на стръмни скални ребра, отвеси и кулоари. Именно затова организацията на работа трябва да бъде отработена предварително до последния предполагаем детайл.

6.3.6. Хидрографска снимка на част от акваторията на Южния залив

Тази особено специализирана геодезическа дейност се извършва за първи път в този район през сезона 2009/10 година. Необходимостта от нейното извършване се налага от липсата на подробна информация за характера на дъното и дълбочините в акваторията на Българската полярна база. Наличието на карта на залива в много дребен мащаб (1:25 000) и отделно измерени дълбочини се оказват недостатъчни за нуждите на действащите експедиции, което довежда до решението да се направи

хидрографска снимка и съответно да се построи цифров модел, който да бъде достатъчно информативен за различни научни и практически цели на участниците в различните научни програми.

Извършването на хидрографска снимка въобще като инженерна дейност е доста сложна и опасна, тъй като изцяло се извършва в несвойствена среда, а при полярни условия може да се причисли към екстремните начинания. Тук определено рисковете, независимо колко са предвидими, са много и изключително реални. Както бе споменато в предходните глави, температурата на морската вода рядко надвишава 0°, което означава, че при евентуално попадане в нея, с наличната екипировка, с която се правят измерванията, човешкото тяло ще може да издържи не повече от десетина минути, след което полученото преохлаждане би довело до смърт.

И тук, подобно на работата на сушата екипирането има решаваща роля. Най-голямата опасност се крие в използването на гумена лодка за извършване на снимката. Напълно ясно е какво представлява обикалянето на една обширна акватория от няколко квадратни километра с малка гумена лодка между малки и големи ледени късове. Такива измервания принципно се извършват със специализирани плавателни съдове, но в условията на Южния залив единственият воден транспорт, достигащ до брега са гумените лодки тип „Зодиак” (фиг. 6.6).

Подготовката за извършване на хидрографски снимки в полярни условия трябва да включва няколко неразривно свързани етапа:

- **определяне площта на заснемане**, с проектиране на подходящо ориентирани промерни и контролни галсове, в канцеларски условия;
- **определяне вида на апаратурата** и параметрите за конкретната хидрографска снимка, според заложените изисквания за точност;
- **избор на възможно най-удобен плавателен съд**, на който да бъде монтирана хидроакустичната апаратура

така, че възможността за изпадане в океана да бъде сведена до минимум;

- **синхронизация на екипа**, предвиден да работи в снимачния съд, до най-дребните детайли, с подчертаване на уменията за работа във вода и придобити морски знания, умения и навици;
- **спазване на безкомпромисна дисциплина** по време на самото измерване в океана, и пълно подчинение на капитана на плавателния съд;
- **спазване на всички мерки за безопасност**, свързани със спасителните средства и средствата за радиовръзка;
- **максимално** възможно придържане към предварително проектираните промерни галсове, с цел получаване на реална представа за релефа на дъното.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Участието на геодезисти в Българските антарктически експедиции води началото си преди повече от десет години, като за това време са извършени редица важни геодезически дейности и изследвания, независимо от по-слабото оборудване в сравнение с други научни програми. Съвременните технологии позволяват все повече да се усъвършенства получаването на качествена информация за процеси и явления, протичащи на територията на Белия континент, които са от особена важност в глобален мащаб. Проблемът с *глобалното затопляне* може да бъде изучаван най-успешно в тези условия, като се проследяват във времето развитието на процесите на топене и акумулация на ледовете, и тук геодезията дава изключително ценна и надеждна информация. Използването на най-новите геодезически технологии ще позволи да бъдат обхванати все по-големи територии за изследване и анализ за много кратко време. Създаването на бази данни ще позволи още повече синхронизирането на дейността на различни специалисти с най-широк научен обхват. Периодичните геодезически измервания

биха дали нужната количествена информация за настъпващите промени, с което Българската научна програма да внесе своя дял в световните изследвания на Антарктида.

Периодичните заснемания на скалните разкрития ще дадат информация, от една страна за настъпващите промени в релефа, и за *отдръпването на ледниците*, от друга.

Следващите хидрографски измервания биха дали много ценна информация за покачването на нивото на Световния океан, като следствие на топенето на ледената покривка от глобалните промени на климата. Не е маловажно и очертаването на *безопасни навигационни пътища* в Южния океан, имайки предвид повишената посещаемост на Ледения континент, както от все повече научни експедиции, така и от нарастващия брой туристически кораби.

Цялата геодезическа дейност, която ще продължи да се развива в Българската Антарктическа база трябва да бъде организирана и управлявана по най-оптималния начин, безопасно, с разумни инвестиции и с добре подготвени за целта специалисти. Именно към тези цели е насочена и представената *методика за геодезически работи* в полярни условия, създадена и систематизирана на базата на личния опит при извършените досега различни дейности на остров Ливингстън.

НАУЧНИ И НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

- 1.** Анализирана и систематизирана е информацията, която човечеството е постигнало при изследване, изучаване и усвояване на Антарктида и мястото на геодезията.
- 2.** Извършен е анализ на изследванията на българските учени на о-в Ливингстън и на ролята и мястото на геодезията в проведените научни експедиции. Анализирани и систематизирани са редица геодезически дейности, извършени за първи път на остров Ливингстън, Антарктика. Показват се изследванията, използваната техника и технология, както и получените резултати с личното участие на докторанта.
- 3.** Направен е първоначален опит за изследване влиянието на вертикалната рефракция за района на остров Ливингстън, Антарктика.
- 4.** Изпълнена е първата хидрографска снимка на част от акваторията на Южния залив на остров Ливингстън и са създадени цифрови модели на акваторията, на част от сушата и съвместни цифрови модели.
- 5.** Въз основа на изработения цифров модел на дъното пред БАБ се предлага район на безопасно движение и котвени стоянки на кораби, както и по-ясен подход за лодките при дебаркиране на Българския бряг.
- 6.** Предлага се методика за извършване на бъдещи геодезически дейности, както за Антарктика, така и въобще за полярни райони, на базата на личния опит на докторанта и на други полярници.

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНАТА ЛИТЕРАТУРА

1. Ангелов, Ст., В. Недев, Навигационна хидрометеорология, В., 1991.
2. Андреев, М., Математическа картография, С., Техника, 1980.
3. Ассур, Б.Л., А.М. Филатов, Практикум по геодезии, М., 1985.
4. Атанасов, Г., И. Янакиев, М. Златанов, Г. Жълтов, Т. Джамбазов, К. Долапчиев, А. Николов, Туризм, алпинизъм и ориентиране, С., 1986.
5. Атанасов, Ст., Л. Тодоров, П. Хинчева, Геодезия 1 част, С., Техника, 1990.
6. Балджийски, О., К. Якимов, Планинско спасяване, С., 2008.
7. Бандрова, Т., Картография I-Картни проекции, С., УАСГ, 2008.
8. Белчев, М., З. Няголова, Английски международни и адмиралтейски морски карти, Варна, 1997.
9. Вахрамеева, Л.А., Картография, М., Недра, 1981.
10. Вълчинов, В., Морска геодезия, С., УАСГ, 1991.
11. Вълчинов, В., Т. Костадинов, Морска геодезия. С., УАСГ, 2000
12. Вълчинов, В., Геоинформатика, С., УАСГ, 2009.
13. Вълчинов, В., Точност на тригонометричната нивелация в триангулационните мрежи с местно и специално предназначение, Дисертация, С., 1985.
14. Георгиев, Г., Морска хидрометеорология, В., Стено, 2000.
15. Даскалова, М., Ив. Здравчев, Математическа геодезия, С., 2005.
16. Дармън, П., Ръководство за оцеляване, С., 1998.
17. Димитров, Д., Б. Александров, „Антарктика-свирепа красота“, сп. ”Геодезия, картография, земеустройство”, 1999, кн.1.
18. Библик, В.А., Б.Г. Троценко, А.Н. Гришин, М.С. Савич, Особенности биоокеанологического состояния района Южные шетландские – Южные оркнейские острова в феврале-апреле 1997 года, Труды южного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии, 1998, т.44.
19. Евтютов, А.П. и др., Справочник по гидроакустике. Л., Судостроение, 1988.
20. Кръстев, Н., Д. Димов, В. Станчев, П. Ставрев, Геофизични изследвания в района на Българската научна база на остров Ливингстън, Антарктика, 2002 г.,
21. Кръстев, Н., П. Ставрев, Р. Радичев, В. Станчев, Д. Димов, Д. Йорданова, В. Гурев, Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“, Том 50, 2007.

22. К у п е р м а н , У., Ф. Енсен, Акустика дна океана. М., Мир, 1984.
23. Л е в ч у к , Г. П., Справочник геодезиста, Книга 1, М., Недра, 1985.
24. М а р к о в , К., и др. География Антарктиды. М., Мысль, 1968.
25. М а р к о с к и , Б., Картографија, Скопје, 2003.
26. М о с к о в , П. и др., Техника и тактика на планинското спасяване, С., 1987.
27. П е в с к и , В., Висша геодезия-І част, Опорни геодезически мрежи, С., Техника, 1975.
28. П е т р о в , К., И. Живков, Планини и хора, Медицина и физкултура, С., 1989.
29. П и м п и р е в , Хр., Б. Каменов, Докосване до Антарктида, С., 1993.
30. П и м п и р е в , Хр. Н. Давидов, Антарктика: най-южният свят, С., 2003.
31. Р у с е в , Б., Основни геодезични мрежи, С., Техника, 1989.
32. С т а в р е в , П., В. Станчев, Д. Димов, Н. Кръстев, Д. Йорданова, Н. Йорданова, Анализ и моделиране на аномалното магнитно поле в района на нос Хесперидес на остров Ливингстън, Антарктика, 2002 г.
33. С т о й ч е в , Д., В. Куртев, Ст. Атанасов, Геодезия І част, С., Техника, 1977.
34. С т о й ч е в , Д., П. Монеv, Геодезия част 1, С., Техника, 1963.
35. Х а б у р а , Б.П., Справочник капитана, М., 1973.
36. Я к о в л е в , Н.В., Практикум по высшей геодезии, М., 1982.
37. A l e k s a n d r o v , В., Y. Tsanovski, Geodetic and hydrographic activities in the extreme conditions of Antarctica and in the Bulgarian Antarctic base. I-st International Symposium on Marine Ports & Coastal Defence, April, 28-30, 2010, Tartous, Syria
38. В е р г о с о , М., A. Fernandez-Ros, C. Torrecillas, J. Manuel Enriquez de Salamanca, M. Eva Ramirez, A. Perez-Pena M. Jose-Gonzalez, R. Paez, Y. Jimenez, A. Garcia-Garcia, M. Tarraga, F. Garcia-Garcia, Geodetic Research on Deception Island, ANTARCTICA, Contributions to Global Earth Sciences, IX International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Potsdam, 2003.
39. В е р г о с о , М., A. Garcia-Garcia, J. Martin-Davila, M. Catalan-Morollon, M. Astiz, M. Eva Ramirez, C. Torrecillas, J. Manuel Enriquez de Salamanca, Geodynamical Studies on Deception Island: DECVOL and GEODEC Projects, ANTARCTICA, Contributions to Global Earth Sciences, IX International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Potsdam, 2003.
40. D i e t r i c h , R., Present Status of the SCAR GPS Epoch Campaigns Report of the Second SCAR Antarctic Geodesy Symposium, Polish Academy of Science, Warsaw 14-16 July 1999, SCAR Report (20).

41. Garcia, A., DECVOL Working Group, A cross-disciplinary study at Deception Island. Evaluation of the recent volcanological status. ANTARCTICA, Contributions to Global Earth Sciences, IX International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Potsdam, 2003.
42. Gordin, R., T. Morrison, J. Manning, Antarctic GPS Pilot Project – A Status Report, SCAR Working Group Symposium, IFAG Frankfurt, June 1990.
43. Greku, R., G. Milinevsky, Y. Ladanovsky, P. Bakhmach, T. Greku, Topographic and Geodetic Research by GPS, Echosounding and ERS Altimetric, and SAR Interferometric Surveys during Ukrainian Antarctic Expeditions in the West Antarctic, ANTARCTICA, Contributions to Global Earth Sciences, IX International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Potsdam, 2003.
44. Greku, T., Bathymetric map and geomorphological features of the Argentine Archipelago's seabed with Ukrainian (1998-2003) and British (1964-1965) soundings, ANTARCTICA, Contributions to Global Earth Sciences, IX International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Potsdam, 2003.
45. Eriksson, E., Pathophysiologie und Prophylaxe der Kalteschaden, 1971.
46. Johnston, G., J. Manning, J. Dawson, P. Digney, M. Baessler, Geodesy activities in PCMEGA 2003, Geoscience Australia.
47. Kamenov, B., Multiepisodic dyke systems in Hurd Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands Volcanic Arc (Antarctica): Petrological and geochemical implications for their magma evolution, Geochemistry, Mineralogy and Petrology, Sofia, 2008, 46, 103-142.
48. Kenderova, R., Geomorphological Research in the Area of the Bulgarian Antarctic Station on Livingston Island, Part Of South Shetlands, Antarctic. Objective, Approach, Methodology, 4th International Conference Global Changes & Problems Theory & Practice, Sofia, 13-16, 2007.
49. Klenke, M., H. Werner Schenke, A new bathymetric model for the Southern Ocean, ANTARCTICA, Contributions to Global Earth Sciences, IX International Symposium of Antarctic Earth Sciences, Potsdam, 2003.
50. Kovula, H., J. Makinen, Geodetic activities at Finnish Antarctic research station Aboa, Fifth International Antarctic Geodesy Symposium AGS'03, Lviv, Ukraina, September 15-17, 2003.
51. Krastev, N., Dimov, D. etc. "Geophysical investigations during the 13-th Bulgarian Antarctic Expedition 2005", 4-th Congress of the Balkan Geophysical Society, Bucharest, 2005.
52. Manning, J., The evolution of the GIANT program, Geoscience, Australia.
53. Markova, K., M. Stefanova, M. Ivanov, S. Valcheva, Chr. Pimpirev, S. Marinov, Characterization of organic matter of Miers Bluff formation sediments, Livingston island, South Shetland islands, Antarctica by rock-eval pyrolysis

54. S h a g i m u r a t o v, I., A. Krankowski, L. Baran, J. Cisak, G. Yakimova, Storm-time structure and dynamics of the ionosphere obtained from GPS observations,

55. T r i n i d a d e A., G. Viera, M. Ramos, R. Kenderova, C. Pimpirev, Monitoring And Modelling The Active Layer And Permafrost Distribution In The Vicinity Of The Bulgarian Antarctic Station, Livingston Island, Antarctic, 1st Iberian Workshop on Antarctic Peninsula Permafrost and Climat Change, Lisboa, 7, 2007.

56. T r i n i d a d e A, G. Vieira, M. Ramos, Chr. Pimpirev, R. Kenderova, Regime Térmico Do Solo Na Área Da Base Antártica Búlgara (Ilha Livingston, Península Antártica). Dados De 2006-08. Coimbra . Vii Congresso Da Geografia Portuguesa . Coimbra 22.11.2009.

57. V e l t c h e v, K., Estimation of the mean annual mass balance and the equilibrium line of the glacier on the Hurd Peninsula, Livingston Island, Antarctica, Report No.2 to contract NZ-A-802, Ministry of education, 2002, pp.12.

58. V e l t c h e v, K., Georgieva E., Yankov Y., Petrova G.– First results from the meteorological observations on the Bulgarian Antarctic Base, Livingston Island, 1998, Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology, 84-98.

59. SCAR Report, Ice Sheet Mass Balance and Sea Level, No 38, July 2010.

60. <http://www.vmsi-microcosm.com>

61. К о т л я к о в, В.М., Глациологический словарь, Гидрометеиздат, Ленинград 1984.

62. M a r t i n e z de P i s o n, E., J. Lopez-Martinez and A. Arehe - III congreso geologico de Espana y Congreso Latino Americano de Geologia, Salamanka, Espana , pp 267., 1992.

Списък с публикации на автора

1. *Д. Димитров, Александров, Б.*, “Антарктика-свирепа красота”, сп. Геодезия и картография, 1999 г., брой 3-4.
2. *Александров, Б.* Практически способи за ориентация по звездното небе. - Годишник на УАСГ, т. 42, св.3, стр.5, 2006.
3. *Aleksandrov, B., Y. Tsanovski*, Geodetic and Hydrographic Activities in the Extreme Conditions of Antarctica and in the Bulgarian Antarctic base. I-st International Symposium on Marine Ports & Coastal Defence, April, 28-30, 2010, Tartous, Syria
4. *Александров, Б., Ю. Цановски*, Геодезически и хидрографски дейности в района на Българската антарктическа база на остров Ливингстън, Антарктика, доклад на Международна конференция на FIG, Комисии 3 и 7, София, 15-17 ноември 2010
5. *Александров, Б.*, Картографиране на скални пасажи на остров Ливингстън, Антарктика, доклад на Конференция по Приложна геодезия в НТС, София, 3 декември 2010 г.