

КОМПЛЕКСНИ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В АНТАРКТИДА

Бойко Рангелов

Геофизичен институт – БАН, София 1113, България, E-mail: bkr@geophys.bas.bg

РЕЗЮМЕ

Представени са резултатите от комплексните геолого-геофизични изследвания на остров Ливингстон, Антарктида, през време на експедиционната кампания 2000-2001. Основно внимание е обърнато на сеизмологичните измервания, изследванията на вълни-цунами генерирани в Южния залив от ледопади, на неблагоприятните геодинамични явления наблюдавани около Българската антарктическа база – свлачища, срутища, дълбока ерозия и др., както и на другите неблагоприятни природни фактори – ултравиолетово лъчение, резки промени на температурата и влажността, ледонапукването. Представени са и предварителни резултати от геоложкото опробване – петрографски характеристики на скалите, резултати от изследванията на намерени вкаменелости и др. Получените резултати дават основание за общо заключение, че условията в района на Българската Антарктическа База са изключително благоприятни за провеждане на полеви изследвания с комплексен характер.

ВЪВЕДЕНИЕ

Комплексните геолого-геофизични изследвания са проведени по време на експедиционната кампания 2000-2001 за период от 40 дни – от 1 декември до 10 януари в района на Българската Антарктическа База (БАБ) – св. "Кл.Охридски" на остров Ливингстон – от групата на Южните Шетландски острови. Изпълнявани са няколко проекта – един за сеизмологичните изследвания на МОН, един за изследванията на цунами – на Геофизичен институт – БАН и един за съвременните геодинамични явления – на НБУ. Успоредно с това са събирани и образци за колекцията от скали и минерали на НБУ и МГУ, както и проби от почви, води, органични вещества и др.

СЕЙЗМОЛОГИЧНИ ИЗМЕРВАНИЯ

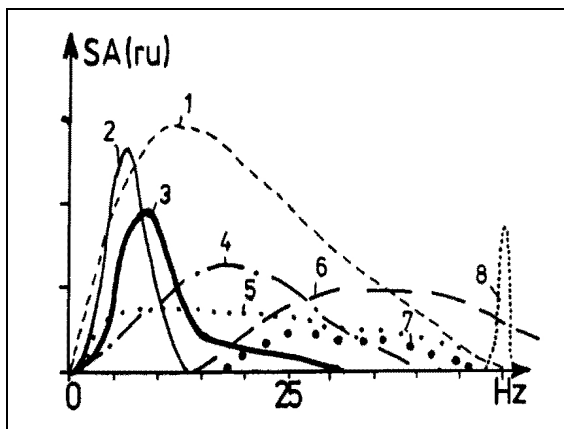
Основната цел на сеизмологичните изследвания беше инсталирането и пускането в експлоатация на първата българска сеизмологична станция на Антарктическият континент. Тя беше успешно изпълнена и от 4.12.2000 година, станцията започна своето функциониране с координати (Ranguelov, 2001): 62 38'25.4" южна ширина и 60 21'55.1" западна дължина, и височина над морското ниво - 12.5 m.

Станцията беше оборудвана с цифров автономен прибор GVB на швейцарската фирма GeoSIG, комплектован с късопериоден трикомпонентен геофон със собствена честота – 4.5 Hz. Режимът на запис не беше постоянен поради различни фактори – режим на тока, дежурства, лимит в паметта на модула, лошо метеорологично време и др. Независимо от това бяха направени над 250 записа от различни сеизмични източници. А такива на остров Ливингстон не липсват. Естествени сеизмични емисии

излъчват (освен естествения микросеизмичен шум) – ледонапукването (т.н. ледотресения), ледопадите от ледниците, срутищата, вълновия прибор – два вида (от вълновите удари върху клифове на брега и от влаченето на обломъчан материал от вълните по дъното), вълните-цунами, силен, поривист вятър, скалното напукване и естествените земетресения. Искусствени сеизмични сигнали бяха регистрирани за целите на изучаване на естественото затихване на сеизмичните вълни. Те са генерирани от различни изкуствени източници – удари с чук, ел.генератора на базата – с постоянна честота от 50 Hz, човешка дейност и активност на животните. За идентификация на различните видове сигнали са използвани различни критерии прилагани върху техните динамични характеристики. Като водещ, основен способ е прилаган спектралният анализ – в две разновидности – бърза Фурие трансформация (FFT) и мощностен спектър (PS). Друг водещ метод е тридименционалното (3D) представяне на векторната сума от сигналите регистрирани върху трите компоненти на прибора – две хоризонтални и една вертикална. Като помощни критерии са прилагани – обвивката на сигнала и трансформирането му в ускорения, скорости, премествания, както и различните филтриращи прозорци – на Хеминг, на Хенинг, на Бартлет и др. Всички софтуерни продукти за тези анализи са интегрирани в софтуерното обезпечаване на високонадеждния и високопроизводителен прибор. Резултатите от прилагането на класификационните критерии са: 7 броя сигнали от ледопади, 21 броя – от ледонапукване, 3 броя – от срутища, 12 – от вълнови прибор, 121 от ветрови микросеими, 2 – земетресения(?), над 80 – с изкуствен произход.

Представянето на обобщените усреднени спектрални характеристики в условни единици (μ) и стандартна нормировка са показани на фиг.1.

Активните експерименти проведени с помощта на източник на вибрации, показват различна степен на затихване на сеизмичния сигнал – до 2 пъти на 50м. разстояние за амплитудите върху мека основа (най-често пясък и ситен блокаж) и до 2 пъти на 300 м. разстояние при твърда скала. Често, например върху моренен материал или алувиални наслаги, затихването е огромно (повече от 10 пъти) поради наличието на множество празнини запълнени с въздух.



Фигура 1. Спектрални характеристики на сеизмичните сигнали регистрирани на о-в Ливингстон:

- 1 – земетресения(?); 2 – ледопади; 3 – вълнови прибори;
4 – изкуствени сигнали; 5 – ветрови микросеизми;
6 – срутища; 7 – ледонапукване; 8 – 50 Hz.

ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ЦУНАМИ

Ледопадите предизвикват множество локални вълни цунами в Южния залив, описани в Ranguelov (2001). За целия престой бяха наблюдавани над 20 случая на такива вълни. Една голяма част от този вид вълни са пропуснати поради различни обстоятелства – бурно море, нощ, друга дейност на наблюдателя и т.н. Измерванията на нахлупванията на цунами и техните максимални амплитуди са правени с примитивно оборудване (разграфено въже и ръчен хронометър), затова надеждни са само измерени амплитуди над 50-60 см. Един изключителен случай е откъсването на леден блок с големи размери – над 300 м., който доведе до образуването на вълна с височина над 2м. Механизмът на генерация е различен. Тези ледопади винаги са съпроводени с оглушителен шум, който може да бъде използван като предупредителен сигнал. Времето на пробег на началната вълна през залива е различно, но в рамките на 10-25 минути. То е достатъчно за изкачване на близките височини, което е достатъчна мярка да се снижи опасността за хората до нула. Не са за пренебрегване морските ветрови приборни вълни. При силен вятър, те често достигат 3-4 метра височина. Основните периоди, които са доминиращи за тях са в рамките 8-14 сек. Приливно-отливните ефекти са отчитани по данните на испанската база, определяни за целите на корабоплаването, като максималните им стойности, често достигат до около 2 м.

Таблица 1. Параметри на наблюдаваните вълни-цунами

№ по ред	Месец ден	време ч.мин.	H [m]	T [сек.]	Т.Пр. [мин.]	N бр
1	12.03	10.21	0.8	23	6.2	2
2	12.04	20.40	1.2	30	6.5	2
3	12.05	14.20	1.0	25	7.2	1
4	12.09	16.30	2.0	16	5.5	4
5	12.09	12.36	0.8	21	7.5	2
6	12.13	11.13	1.1	20	8.2	3
7	12.17	10.05	0.7	18	5	3
8	12.17	14.15	0.8	19	6.5	4
9	12.17	15.36	0.7	20		3
10	12.17	16.15	0.9	21		3
11	12.17	17.47	1.0			3
12	12.25	18.36	0.9		7.5	2
13	12.29	11.15	0.7	22	5.5	2
14	12.29	12.18	1.0	24	6.5	3
15	12.31	19.31	0.6	30	4.5	3
16	01.02	12.16	0.6		4.2	2
17	01.05	19.16	0.8	22	5.5	2
18	01.06	13.36	0.6	21	2.5	2
19	01.06	13.40	0.6	26	2.5	2
20	01.08	11.46	0.8		2.3	2
21	01.08	11.56	0.8		2.3	2

H – височина на нахлупването; T – период на вълната; Т.Пр.- време за пристигане от точката на образуване до точката на наблюдение; N – брой на вълните.

Специфичният хидрологичен режим, наблюдаван в района на базата, подсказва и възможността да се опитат измервания за нивопредаване на подпочвените води. Направеният експеримент доказва, че поради хидравличния напор от топенето на снега и ледовете, нивопредаване в посока от морето към сушата не се наблюдава. Подпочвеното водно ниво в плажната ивица е устойчиво и не се влияе дори от приливно-отливните ефекти. Колебанията са по-малки от 1-2 см. Доминиращ е режимът на воден отток от сушата към морето, поради естествени гравитачни причини.

ОСНОВНИ ГЕОДИНАМИЧНИ ЯВЛЕНИЯ

Освен споменатите сеизмични сигнали и вълни-цунами, в района на БАБ се наблюдават и редица други геодинамични явления – ерозия, срутища, активни вулкани, ледници с всички съпътстващи ги явления (ледопади, ледонапукване, транспорт на морени и др.) (Рангелов, 2001)

Ерозия

Ерозията е дълбоко развита (на места достига дълбочини от над 4 м.), благодарение на непрекъснатия цикъл “замръзване-топене” на водата, която попаднала в пукнатините на скалите, предизвиква тяхното разрушаване. Ерозията е основен генератор на срутищата и скалните пукнатини. Подобни ефекти имат и повърхностните тектонски разломи. Островът се намира в екстензионен тектоничен режим, поради което са широко застъпени т.н. листрични разломи. Върху повърхностна

пукнатина на такъв разлом бяха проведени примитивни измервания, които показаха движения от около 1 мм., което е значително преместване за такъв кратък период на наблюдение. Обикновено изветрянето и напукването на скалите е по кливажа, което води до ясно ориентирани слоеве на разделяне. Наблюдават се и блочни напуквания, особено на по-компактните базични скали. Само кварцово набогатените зони на хидротермална промяна, остават по-устойчиви на изветрянето, поради по-голямата си здравина и често образуват клифове на брега. Специализирана защита от ерозията не е нужна. Базата е построена на устойчива скала – базалтова дайка и независимо, че се наблюдава рушене на дайката, то засега не е с опасни мащаби. Опасност представлява ходенето по големите закръглени скални блокове на брега на морето. При вълнение те често са хлъзгави и по този начин се явяват основен източник на изкълчвания и травми.

Абразия

Абразията е силно развита в прибойната зона, като основните фактори диктуващи нейната динамика са няколко – ерозията, голямата амплитуда на приливно-отливните ефекти (често достигащи 2 метра), ледниковите движения съпроводени често с моренен транспорт и др. На абразия са подложени най-много клифове (изградени от по-устойчиви кварцитизирани скали) и вертикалните скални образувания, върху които често се разполагат ледниковите езици. Ясно личат абразивни ефекти и върху скалите с развити разломни дефекти – тектонски пукнатини, огледала, штрихи. Подобна естественообразувана пещера вследствие на съвместното въздействие на абразията и ясноизявен листричен разлом се наблюдава на около 2 км североизточно от БАБ.

Ледници

Ледниците са масово разпространени и ограждат района на базата от всички страни. Най-големите (ледникът на Джонсон, Перуника и др.) имат значителни размери (десетки километри) и дебелини, по данни на испанските изследователи достигащи до около 300 метра в най-мощните участъци. Динамиката им е голяма – регистрирани са премествания в отделни участъци от няколко десетки метри за една година.

Ледниците са основен източник на моренен материал, който също може да генерира опасност от големи свличания. Опасност има от пукнатините в леда, при пропадане в които могат да настъпят контузии, измръзвания и дори смърт. Друг елемент, като вторична опасност са ледопадите, които могат да затрупат невнимателни хора или да предизвикат локални вълни цунами в Южния залив на острова. Основен способ за защита е алпийската екипировка и ходенето най-малко по двама и в постоянна радиовръзка с базата. Ледниците са източници и на ледената каша, която при дебаркиране е основен пречещ фактор. Скоростта ѝ на преместване при подходящ вятър е изумителна – Южният залив се покрива изцяло за 30-45 минути.

Срутища

Срутищата се образуват вследствие на ерозията. Поради силния пресечен релеф се наблюдават различни по обем срутища – от десетки до хиляди кубични метри (Рангелов, 2001). Често се изключително неустойчиви и “тръгват” дори от по-силен порив на вятъра. Обемите на късовете изграждащи срутищата в района на базата са с размери от десетки сантиметри – до няколко метра. В района на базата са картирани над 25 различни по обем и простиране срутища. Записи на сеизмични сигнали генерирани от срутищата могат да имат практическо приложение при определяне на сеизмичната устойчивост на сгради и съоръжения подложени на вибрации генерирани от транспорта на срутищен материал. Внимателното подхождане към местата на срутвания и каменопади, изучаването им в тихо време и ясни метеоусловия, могат значително да снижат опасността от това природно бедствие.

Активни вулкани

Само на 40 км на североизток се намира активният вулкан Дисепшън, който е изригвал неколкократно - за последен път пред 1974 година. Следи от неговата дейност върху о-в Ливингстон са вулканските бомби и пирокластитите (черен вулкански пясък) довяти по време на изригванията на Дисепшън в минали времена и често образувачи значителни прослойки в ледниците. Вулканските материали и лави са най-често базични – андезитобазалти и базалти. Намират се и късове пемза донесени от водните течения (Рангелов, 2001). На о-в Ливингстон също има активен вулкан. Разположен е на ЮИ от базата. Представлява опасност при подледно изригване, което може да доведе до тежки наводнения. Това, че е разположен относително далече от базата го прави и по-малко опасен. Евентуално изригване ще бъде наблюдавано преди наличието на опасни последици, което позволява вземането на предварителни защитни мерки. Направените изследвания на дайковите и ефузивни скали в района на Българската Антарктическа база (Каменов, 2000) показват, че съвременната вулканична активност е доказана и вулканска активизация може да се очаква.

ДРУГИ НЕБЛАГОПРИЯТНИ И РИСКОВИ ЯВЛЕНИЯ

Ултравиолетови лъчи

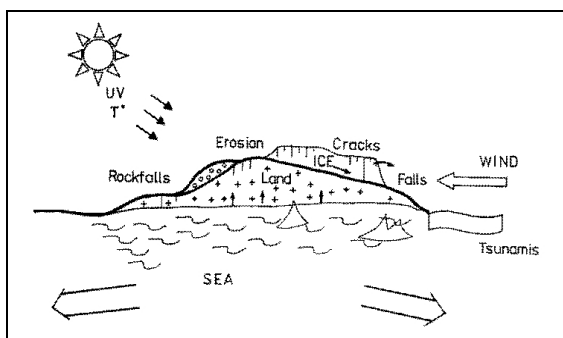
Най-опасният агент на природната среда действащ върху очите и кожата на изследователите. Поради добре оформената озонова дупка, количеството им през деня е значително (Рангелов, 2001). Наблюденията са правени с примитивен индикатор, позволяващ само сравнителни измервания на (UVA) и (UVB). При ясно, слънчево време (което не се случва толкова често) ултравиолетовия индекс достига максималната си стойност – 12. Лъчението е меко (UVA) и твърдо (UVB), като това от първия вид прониква на незначителна дълбочина в кожата, а от втория – доста по-дълбоко. Опасността идва от осветяване на очите и възможни изгаряния на кожата. Около 2-3 часа престой на слънце, води до зачервяване на кожата и начална степен на изгаряне. Защитата се осъществява чрез покриване на откритите части на кожата с дрехи и ръкавици, на главата – с шапка, на очите – с глетчерни очила, а на откритата кожа на лицето – със

слънцезащитни кремове с фактор 50-60 за UVA и около 20 за UVB.

A8 77.40 11.47 2.29 0.18 0.93 3.24

Силни бури и температурни вариации

Това са най-опасните метеорологични елементи. Често се наблюдават поривисти бурни ветрове с голяма скорост, достигаща до 150 км/ч. Такива ветрове и бури могат да "издухат" сам човек или имущество във водите на залива. Пряко свързано с ефектите на вятъра е и явлението наречено "температура на усещане". Често температура от -2-3С при силен вятър и влажност се усеща като -20С. И обратно – температура от +2С при тихо и слънчево време създава усещане за +20С (Рангелов, 2001). Температурните вариации през антарктическото лято не са големи – средно +/- 3-4С. Измервания с екстремален термометър показват отрицателни температури през зимата достигащи минусови стойности от - 25-30С. Ежедневно, почти през цялото лято се наблюдават циклични колебания на температурата около нулата, което води до циклично замръзване на водата и последващо стопяване на леда. Този процес в пукнатините на скалите, силно подпомага ерозията и тяхното разрушаване. Повечето агенти действащи в района на острова, както и последиците от тяхното действие са представени на фигура 2.



Фигура 2. Схема на основните доминантни фактори обуславящи геодинамиката на остров Ливингстон

ГЕОЛОЖКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Резултатите от тези изследвания са предварителни. Интерпретацията и осмислянето на наблюдаваните факти предстои да бъдат направени от специалисти в съответните области.

Петрохимични свойства на скалите

Таблица 2. Резултати от химичния анализ на подбрани разнообразни образци.

№	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O
A1	55.10	17.10	9.31	4.24	6.37	3.16
A2	75.10	10.91	3.97	1.47	0.56	3.05
A3	66.30	11.48	2.71	0.38	0.89	3.61
A4	54.10	15.04	10.89	4.20	7.10	6.65
A5	62.00	15.04	8.69	1.94	2.11	4.14
A6	77.10	11.01	2.18	0.80	0.38	2.84
A7	70.00	13.76	5.72	1.88	1.62	1.72

Петрохимичните свойства на скалите са направени по стандартна методика на химичен анализ AES-ICP след алкално стапяне и разтваряне с киселини. В таблица 2. са дадени стойностите за някои селективно избрани образци както следва: A1 – габро; A2 – пирокластичен туф; A3 – андезит; A4 – долерит; A5 – трахит (карбонатизиран); A6 – пясъчник; A7 – аргилит; A8 – гранит-порфир (серицитизиран). Често се среща контактен термометаморфизъм, особено в зоните близо до габро-диоритовия плутон на Хесперидес пойнт, както и при дайките (Kamenov, 2000).

Скъпоценни и полускъпоценни камъни

В близкия район на базата, досега макроскопски са намирани само полускъпоценни разновидности – едно находище на оникс (кафявочервен ивичест ахат, понякога с включения на пирит) и множество жили с различни размери (най-често от 2 до 10 см. напречно сечение и дължини – достигащи до метри) от аметист. Ониксът е рядко срещан, понякога има и ювелирни качества и добре се полира. Аметистът е много по-широко разпространен. Има го като плътни агрегати (много рядко се срещат оформени кристали) или като отделни включения в кварцовите хидротермални жили. Има находки с ювелирни качества – светло до тъмно оцветени агрегати, плътни, рядко напукани. Често се срещат красиви агрегати от епидот, най-често по кливажните пукнатини на магмените скали – диорит и габро-диорит. Самите магмени скали, когато са плътни и неизветрели, добре се полират и имат атрактивен рисунък. Като евентуални находки за декоративни цели могат да се използват и често срещаните агрегати от манганит, пирит, халкопирит, галенит, сфалерит (клеюфан) и др., които са масово разпространени около базата. Намерени са и друзи от кварц. В шлиха се откриват и микроскопични кристалчета от гранат, оливини, епидот, магнетит и хематит, рядко циркони. Всички описани материали имат колекционни качества.

Вкаменелости

За първи път в района на БАБ бяха намерени вкаменелости на белемнити – главноноги от късноюрско-раннокредната епоха. На анализ са подложени осем образца, като едни от тях беше разтрошен при опит да бъде изваден образец от основната скала. Идентифицирани са два вида белемнити – *Belemnopsis* (с възраст – Бериас-Валанжин) и *Hibolites* (с титонска възраст). Всички образци са намерени в плажните отложения и винаги са включени в томнооцветените пясъчници, принадлежащи като че ли, на формацията Майерс-Блъф (?). Находките на белемнитите са силно калцитизирани (поякога зеолитизирани), като цветът на образците е предимно ярко бял. Това вероятно се дължи на лекия метаморфизам и последвалото изветряне във водно-солената среда на плажните отложения. Размерите на детритусите са между 2 и 5 см, като само едни образец е с по-големи размери. Вкаменелостите са плътно включени в околната скала и практически не могат да бъдат извадени цели чрез механични въздействия. Находките са масово разпространени в тъмнооцветените валуни и чакъли като достигат до около 10% от всички подобни късове. Ясно се

долавят ветрилообразните форми на находищата, което може да е критерии за това, че са били транспортирани отгоре-надолу. Към момента все още няма съобщения за открити белемнити в основната скала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получените резултати дават ясна представа за възможностите на комплексните геолого-геофизични изследвания за изучаване на геоложките, геоструктурни, геодинамични и геофизични явления. Въпреки че повечето от тях имат предварителен характер, демонстрираните факти и наблюдаваните закономерности са пряко доказателство за естествените, почти несмутени (едва ли не лабораторни!) условия за изучаване на всички явления проявяващи се на остров Ливингстон. Широките възможности за научни изследвания, които предоставя Българската Антарктическа База, могат и трябва да бъдат използвани за разширяване на комплексните геолого-геофизични изследвания в Антарктида

Благодарности

GeoSIG за предоставения автономен сеизмологичен прибор за българската сеизмична станция. Д-р Challinor и д-р Briggs от университета Waikato - Нова Зеландия за

изследванията им върху образците от белемнити. НБУ за проекта 24/08.01.2002 – “Антарктически изследвания”. Доц. д-р М.Токмачиева, МГУ – за петрохимичните анализи.

ЛИТЕРАТУРА

- Kamenov B., 2000. K-Ar and Ar-Ar emplacement ages and geochemistry of dykes from Hurd peninsula, Livingstone Island, South Shetland Islands., Terra Antarctica, An Antarctic Earth Science Journal, Siena., 63-86.
- Rangelov B., 2001. Seismic signals registered on the Livingstone Island (Antarctic South Shetlands) and some implications for the seismic hazard purposes, Alb. J. of Nat. & Tech. Sciences., (1), 131-139.
- Rangelov B., 2001. Tsunamis generated by icefalls in the Livingstone Island (Antarctic South Shetlands)., Book of Abstracts., NATO Advanced Workshop., 23-26 June, 87-91.
- Рангелов Б., 2001. “Странни” геоложки феномени на о-в Ливингстон - Антарктида., сп. Минно дело и геология, бр.4, 27-31.
- Рангелов Б., 2001. Специфични скални феномени в Антарктида., сп. Геология и минерални ресурси., бр. 2-3, 16-18
- Рангелов Б., 2001. Научните изследвания на Антарктида., Наука, бр.2, 16-19.
- Рангелов Б., 2001. Основни научни изследвания на Антарктида – кампания 2000-2001. Спис. на БАН., бр.3, 37-42.

COMPLEX GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL INVESTIGATIONS IN ANTARCTICA

Boyko Ranguelov

Geophysical Institute – BAS, Sofia 1113, Bulgaria, E-mail: bkr@geophys.bas.bg

ABSTRACT

The results of the complex geological and geophysical investigations on the Livingstone Island, Antarctica during the campaign 2000-2001 are presented. Seismic signals, tsunamis generated in the South Bay, destructive geodynamic phenomena – landslides, rockfalls, deep erosion, etc., are investigated. The UV radiation, wind and temperature changes, humidity and hydrology regime have been observed as well. Some preliminary results of the geological probing, gemstone deposits and fossils are presented as well. The results obtained support the proven facts that Bulgarian Antarctic Base and its surroundings are suitable place for complex natural investigations.

INTRODUCTION

The complex geological and geophysical investigations have been done during the expedition 2000-2001 for about 40 days – 1st December till 10th January in the area of the Bulgarian Antarctic Base (BAB) on the Livingstone Island – Antarctic South Shetlands. Several projects have been under the execution: seismological – with MINEDU, Tsunamis – with Geophysical Institute and a project on geodynamics – with New Bulgarian University (NBU). Many samples of rocks and minerals have been collected for Mining and Geology University and NBU collections and sampling of soils, waters, organic materials has been performed.

SEISMOLOGICAL OBSERVATIONS

The main purpose of the seismological observations was to establish the first Bulgarian seismological station on Antarctica. It was successfully executed and since 4th December the measurements started. The coordinates of the station measured by GPS were as follows [Ranguelov, 2001]: 62 38'25.4"S and 60 21'55.1"W, height - 12.5 m.

The station was equipped by a GVB device produced by GeoSIG, with a three component geophone with own frequency – 4.5 Hz. The records have been interrupted by different reasons – electricity interruptions, memory limits, other duties etc. As a result more than 250 records from different sources have been recorded. Natural seismic emissions are generated by ice cracks, icefalls, surf, rockfalls, wind, rock cracks and possibly earthquakes. Artificial seismic signals have been generated by hammering, electric generator, human and animal's activity. For the signal identification different criteria have been used. Base method was the spectral analysis in both forms – Fast Fourier Transformation (FFT) and power spectrums (PS). Other method applied was the 3D representation of the vector sum of the signal on the three components – a vertical and two horizontal. Additional criteria – the signal envelope, and velocity, acceleration and displacement have been applied as well as filtering windows (Hemming, Hening, Bartlett, etc.) for the same purposes. The software is included in the device options. The results of the signal classification are as follows: 7 signals from icefalls, 21 – ice cracks, 3 – rockfalls, 12 – surf (wind and tsunami influence), 121 – wind noises, 2 – probable local earthquakes, more than 80 – artificial. The normalized spectral characteristics are presented on fig.1.

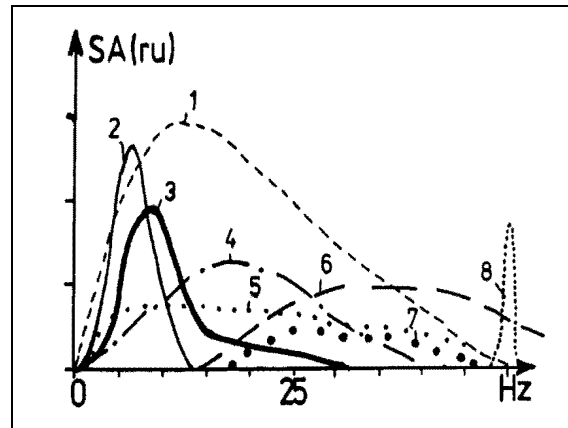


Figure 1. General spectral characteristics of the seismic signals registered on the Livingstone Island.

1 – earthquakes(?); 2 – icefalls; 3 – surf;
4 – artificial signals; 5 – wind microseisms;
6 – rockfalls; 7 – ice cracks; 8 – 50 Hz.

The active experiments show the attenuation of the wave amplitudes twice for about 50 meters on the soft soil and the same for about 300 meters for the hard rock. Very often the attenuation is extremely high – more than 10 times for the local moraines' deposits formed by the glaciers.

TSUNAMI INVESTIGATIONS

The icefalls generated huge local tsunamis in the South Bay. They have been described in Ranguelov [2001]. For the whole time period more than 20 cases have been registered. A lot of data are missed due to the different reasons – bad weather, night time, other duties of the observer, etc. The run-ups and their maximum amplitudes have been registered by primitive equipment – marked rope and a chronometer. That's why the reliable results must be considered for the amplitudes greater than 50-60 cm. An exceptional case of an extremely high tsunami has been registered due to the big ice block (more than 300 meters) fall. It generated huge tsunami with amplitude of about two meters. The generating mechanism is different. Usually the icefalls are connected with a big acoustic noise. The travel time from the source to the BAB beach is different, but in the range of 10-15 seconds. This time is enough to avoid the dangerous influence of the wave on the researchers. The wind waves very often reach 3-4 meters high. The time pulses for them are in the range of 8-14 sec. The tides are estimated by the data for the Spanish base. The maximum values reached 2 meters.

Table 1. Parameters of the observed tsunami waves

№	Month day	time h.min.	H [m]	T [sec.]	Tr.time [min.]	No
1	12.03	10.21	0.8	23	6.2	2
2	12.04	20.40	1.2	30	6.5	2
3	12.05	14.20	1.0	25	7.2	1
4	12.09	16.30	2.0	16	5.5	4
5	12.09	12.36	0.8	21	7.5	2
6	12.13	11.13	1.1	20	8.2	3
7	12.17	10.05	0.7	18	5	3
8	12.17	14.15	0.8	19	6.5	4
9	12.17	15.36	0.7	20		3
10	12.17	16.15	0.9	21		3
11	12.17	17.47	1.0			3
12	12.25	18.36	0.9		7.5	2
13	12.29	11.15	0.7	22	5.5	2
14	12.29	12.18	1.0	24	6.5	3
15	12.31	19.31	0.6	30	4.5	3
16	01.02	12.16	0.6		4.2	2
17	01.05	19.16	0.8	22	5.5	2
18	01.06	13.36	0.6	21	2.5	2
19	01.06	13.40	0.6	26	2.5	2
20	01.08	11.46	0.8		2.3	2
21	01.08	11.56	0.8		2.3	2

H – run-up; T – wave pulse; Tr.time – travel time; No – number of the waves.

The specific hydrology regime nears and around the BAB, suggested an idea to measure the underground water level changes. The experiment shows a negative connection. Due to the water level height generated by the snow melting process, the transmission is not possible. The underground water table is stable on the beach and no influence from the sea is detected. The dominant is the hydrology regime from the land to the sea due to the snow and ice melting process.

GEODYNAMIC PHENOMENA

Near the base other geodynamic effects could be observed – erosion, rockfalls, active volcanoes, glaciers with all accompanying events they are able to produce (ice falls, ice cracks, moraines transport, etc. [Рангелов, 2001]. The big gravel and stone blocks on the beach are very dangerous for the people due to the wetness and slippery surfaces producing frequent traumas on the people.

Erosion

The erosion is deep and often reaches 3-4 meters due to the continuous cycle of the melting and freezing waters in the rocks' pores. The erosion together with the sharp relief are the main generators of the rockfalls and the rock's cracks. Similar effects on the relief have the surface faults. Most of them are of a listric type due to the extensional tectonic regime. In a crack of such fault an elementary experiment was establish, measuring the movement on the surface. About 1 mm was detected in a left (west) lateral displacement. This means very active fault movement. Usually the cracking and the erosion are orientated by the cleavage. This leads to a slices parallel to

the cleavage. There are as well block perpendicular cracks, which formatted block image of the rock surface, especially on the basic rocks. Sometimes due to the reach quartz zones some rocks formatted clearly expressed cliffs. Special measures against the erosion are not necessary. The base is on the hard rock of the basaltic dyke.

Abrasion

The abrasion is strongly developed in the surf zone. The main dynamic factors are several – erosion, big tide amplitudes, ice movements with the moraines transportation, temperature changes, etc. The most exposed to the abrasion forms are the cliffs and the vertical rock walls. The abrasion effects are clearly expressed as well on the formations with the tectonic origin. A natural cave due to the abrasion of the fault planes is located near (about two kilometers) southeast of the base.

Glaciers

The glaciers are located everywhere and near surroundings the base. The biggest (Johnson, Perunica, etc.) have very large dimensions (tens of kilometers) and sometimes depths reach more than 300 meters, according the Spanish researchers. They have very active dynamic movements, in some places more than 25 meters per year.

The glaciers are main source of the moraines, other ice materials (such as glacier's "milk") and deposits. The most dangerous event for the researchers is to fall down in the ice cracks (frequently deeper than 30-40 meters). It can bring fractures, contusions even deaths. The icefalls are also dangerous because they can splash the researchers or to generate tsunamis in the South bay. The main way of protection is the alpine equipment and tracks in couples with continuous radio connection with the base during the tracking sessions. The small ice pieces generated by the glaciers are also main dangerous component during the debarking phase. The velocity of the wind movement of this active agent is extremely high during the windy time – the whole bay (more than 5km. length) can be covered for about 30-45 minutes.

Rockfalls

The rockfalls are due to the deep erosion. The sharp relief formatted different volumes of rockfalls. They have different dimensions – from several up to thousands of tons [Рангелов, 2000]. They are very sensitive and often started their movements due to different triggers – strong winds, steps, etc. The rock pieces of the rockfalls have different dimensions – from centimeters to meters. In the near BAB surroundings more than 25 different rockfalls have been investigated and mapped. The seismic signals generated by them have been registered and can have practical implementations for the seismic hazard purposes about the vulnerability and stability of the different structures affected by such events. The careful watch and approaching to the rockfall places can help to avoid negative effects and dangerous behavior of the falls to the researchers. The recommended measures are – good weather, careful measurements and safety equipment to prevent the negative effect of these phenomena.

Active volcanoes

The active volcano Disseption is located to the 40 km northeast. This is a very active volcano. The last eruption was

reported 1974. Traces of its activity are clearly visible on the Livingstone Island – volcanic bombs, ash and pyroclastites are usual view on the glaciers and the beaches. The volcanic rocks are basic – basalt and andesite basalts. [Рангелов, 2001]. On Livingstone Island local recent volcano is reported [Kamenov 2000]. It is located SW of the base but is difficult for the investigations. Can be dangerous in case of under ice eruption, which can bring heavy floods. The volcano is relatively far from the base that's why the preliminary effects can be observed earlier. The local dykes have been investigated and prove the idea that the local volcanic activity can be expected [Kamenov 2000].

OTHER NEGATIVE PHENOMENA

Ultraviolet rays

This is the most dangerous environmental phenomenon observed on the Island. It acts on the eyes and the skin and can produce heavy damages and burning. Due to the ozone hole the daytime quantity is too big [Рангелов, 2001]. A simple indicator for the comparative measurements between (UVA-soft) and (UVB-hard) rays has been used for the observations. During the clear sunny days (not very frequent event) the UV index reaches about 12. The UVA and UVB rays attack the surface layers of the skin. The danger is a result of the possible lightening effects on the eyes and burning of the skin. 2-3 hours stay on the open air is equivalent of the III degree burning effects. Clothes, hats and protective glasses can do the protection. For the open skin – the protective foam can be used with a high UV factor.

Strong winds and temperature changes

These are the most dangerous meteorological elements. Very often strong, impulsive winds can be observed. The velocity reaches up to 150 km/h. Similar winds and storms can “blow” the person and the instrumentation in the bay. Directly connected with the windstorms are the temperatures. There is clearly expressed so-called “feeling temperature”. Frequently the temperature of about –2-3 C according the wind and the humidity can be felt as –20C. Vice versa – the temperatures of +2C can be felt as +20. Sounds of the cracking stones are frequently observed during such days [Рангелов, 2001]. The temperature variations during the astral summer are not big – most frequently in the range +/- 3-4C. Measurements made by the extreme thermometer show that during the winter the temperature goes below up to –25-30C. Everyday variation can be observed cycling around the zero. This process brings the effects of the deep erosion due to the freezing and melting cycle. The most natural phenomena acting on the Livingstone Island are schematically presented on fig.2.

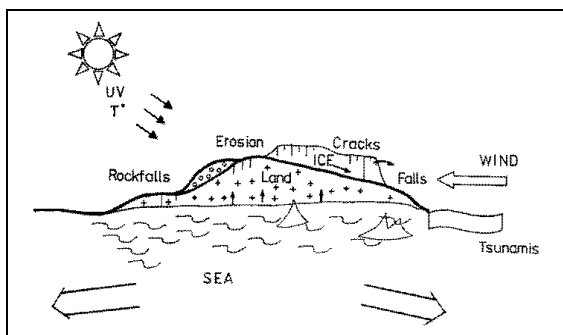


Figure 2. Main factors generating the geodynamics on the Livingstone Island

GEOLOGICAL INVESTIGATIONS

The results obtained from these investigations are preliminary and not yet completed. The interpretations will follow by the investigations of the respective specialists.

Petrochemical contents of the rock samples

Table 2. Results of the chemical analysis for some selected rock samples

№	SiO2	Al2O3	Fe2O3	MgO	CaO	Na2O
A1	55.10	17.10	9.31	4.24	6.37	3.16
A2	75.10	10.91	3.97	1.47	0.56	3.05
A3	66.30	11.48	2.71	0.38	0.89	3.61
A4	54.10	15.04	10.89	4.20	7.10	6.65
A5	62.00	15.04	8.69	1.94	2.11	4.14
A6	77.10	11.01	2.18	0.80	0.38	2.84
A7	70.00	13.76	5.72	1.88	1.62	1.72
A8	77.40	11.47	2.29	0.18	0.93	3.24

The petrochemical analysis has been done according the AES-ICP standard. In table 2 the values for some selected sample are presented: A1 – gabbro; A2 – pyroclastic tuff; A3 – andesite; A4 – dolerite; A5 – trahite (Ca); A6 – sandstone; A7 – argillite; A8 – granite-porfir. On the island due to the intrusions the thermal metamorphism is very frequent, especially near the gabbro-dioritic body of the Hesperides point, as well as near the dyke's intrusion. [Kamenov, 2000].

Precious and semiprecious stones

Near the base, up to now, only semiprecious stones have been discovered. A small deposit of onyx (brown-red sliced agate sometimes including pyrite) and a lot of veins of amethyst with different sizes (from several centimeters up to several meters) have been described. The onyx is rare mineral, sometimes have nice properties and can be polished well. The amethyst has larger distribution. Usually appears as aggregates, very rare – like crystals or inclusions in the quartz veins. The color is light violet, sometime – dark violet. The samples have jewelry properties. Epidote is another frequently discovered mineral. The magmatic rocks very often looks usefull for decorative purposes. Very often the findings of manganite, pyrite, chalcopyrite, galenite, sphalerite, etc. can be recognized. Quartz crystals are also discovered. In the sediments microscopic crystals of garnet, olivine, epidote, hematite, sometimes circone can be found. The collectors can collect all described minerals.

Fossils

For the first time near the BAB fossils from belemnites have been found. The specialists from New Zealand have made the analysis on the eight samples. The identification show two types dated – Belemnopsis (Berias-Valangine) and Hibolites (Titanian). All specimens have been discovered on the beach, included in dark sandstone' gravel similar to the Maiers-Bluff formation. The dimensions of the detrituses are between 2 and 5 cm. The fossils themselves are light white, because of the Ca dominance. This is due to the posformation changes. Only one

sample is bigger. The samples are firmly included in the mother's rock and to extract them mechanically is impossible. The sample can be found everywhere on the beach and formed large fans. This is may be indicator that they are coming with the glacier's materials. The frequency of the findings is about 10% from all dark colored rock gravel. Up to now there are no information about the discoveries of the fossils on the basement rocks.

CONCLUSIONS

The results obtained gives a light idea about the large possibilities for the geological and geophysical investigations on the Livingstone Island. The BAB appears as a test site for the geology, geophysics and the geodynamic investigations. The results are preliminary and even in this case show the large improvement for the observed facts and phenomena. All described phenomena can be observed in natural environment due to the lack of different anthropogenic noises. The large possibilities provided by the Bulgarian Antarctic Base, can and must be in use for the increased geological and geophysical investigations in Antarctica.

Acknowledgments

GeoSIG provided the seismograph for the seismic station. Dr. Challinor and Dr. Briggs from the Waikato University – New Zealand executed the fossils investigations. NBU provided support for the Antarctic project 24/08.01.2002. Dr.

Tokmakchieva investigated the rock samples. MGU labs – made the petrochemical analysis.

REFERENCES

- Kamenov B., 2000. K-Ar and Ar-Ar emplacement ages and geochemistry of dykes from Hurd peninsula, Livingstone Island, South Shetland Islands., Terra Antarctica, An Antarctic Earth Science Journal, Siena., 63-86.
- Rangelov B., 2001. Seismic signals registered on the Livingstone Island (Antarctic South Shetlands) and some implications for the seismic hazard purposes, Alb. J. of Nat. & Tech. Sciences., (1), 131-139.
- Rangelov B., 2001. Tsunamis generated by icefalls in the Livingstone Island (Antarctic South Shetlands)., Book of Abstracts., NATO Advanced Workshop., 23-26 June, 87-91.
- Rangelov B., 2001. Strange geological phenomena on the Livingstone Island – Antarctica., Mining and Geology (4), 27-31. (in Bulgarian)
- Rangelov B., 2001. Specific rock phenomena in Antarctica., Geology and mineral resources (2-3), 16-18. (in Bulgarian)
- Rangelov B., 2001. The science investigations on Antarctica., Science (2), 16-19. (in Bulgarian)
- Rangelov B., 2001. General science investigations in Antarctica – campaign 2000-2001. Journal BAS (3), 37-42. (in Bulgarian)

Recommended for publication by Department of Applied Geophysics, Faculty of Geology