

**СТАРТИРА ПРОЕКТА “МАРС-500”
УЧАСТИЯ В НАЗЕМНИЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЕН КОМПЛЕКС**

Таня Иванова¹, Илиана Илиева¹, Йордан Найденов¹,
Владимир Сычев², Маргарита Левинских²

¹Институт за космически изследвания – Българска академия на науките
²Институт за медико-биологични проблеми – Руска академия на науките
e-mail: tivanova@space.bas.bg

**PROJECT “MARS-500” STARTED
GROUND BASED EXPERIMENTAL COMPLEX ACTIVITY**

Tania Ivanova¹, Iliyana Ilieva¹, Yordan Naydenov¹,
Vladimir Sytchev², Margarita Levinskikh²

¹Space Research Institute – Bulgarian Academy of Sciences
²Institute for Biomedical Problems – Russian Academy of Sciences
e-mail: tivanova@space.bas.bg

Key words: Mars-500, SVET Space Greenhouse, LED Light Module

Abstract: The first stage of the “Mars-500” Project, imitating human mission to Mars was started with successful preliminary 14-days experiment carried out in Ground-based Experimental Complex (GEC) in the Institute for Biomedical Problems (IBMP), Moscow, in the period 15-29 November 2007. The aim of this experiment was to test the technical and operational characteristics of two renewed modules of GEC with 6 young Russian volunteers isolated in it. Two previous long-term, ground-based wheat growing experiments (ECOPSI-95 and SFINCSS-99) carried out in Bulgarian SVET-2 Space Greenhouse (SG) by crew isolated in GEC, are also described. According to the “Greenhouse-Mars” contract between IBMP and Space Research Institute, Sofia, a new Light Module (LM) with power red, green and blue light-emitting diodes (LED) was developed by the Bulgarian scientific team. First laboratory technical and plant growing tests using the new LM and the SVET-2 SG equipment were made in 2007.

Резюме: С успешното провеждане на предварителен 14-дневен експеримент, осъществен в периода 15-29 ноември 2007 г. в Института за медико-биологични проблеми (ИМБП), Москва, стартира първият етап на проекта “Марс-500”, имитиращ мисията на човека до Марс. Целта на този експеримент беше да се проверят техническите и експлоатационните характеристики на двата реновирани модула от Наземния експериментален комплекс (НЕК) с 6 млади руски доброволци изолирани в него. Описани са накратко два предишни наземни експеримента за отглеждане на пшеница в българската Космическа оранжерия (КО) СВЕТ-2 по време на продължителни експерименти с екипажи изолирани в НЕК (ЕКОПСИ-95 и СФИНКС-99). Съгласно договора “Оранжерия-Марс” между ИМБП и Института за космически изследвания, София, беше разработен от българския научен колектив нов Блок за осветление (БО) с мощни червени, зелени и сини светодиоди (LED). Първите лабораторни технически и с отглеждане на растения изпитания на новия БО, използвайки апаратурата на КО СВЕТ-2, бяха проведени през 2007 г..

Въведение

Осъществяването на пилотируем полет до Марс е стародавна мечта на човека и е реализуем от техническа гледна точка проект в близките десетилетия (най-вероятно в периода 2028-2038 година). Но планираното изпращане на 6-членен екипаж изисква решаването на многочислени проблеми, свързани с медико-биологичното му осигуряване. Полетът ще отнеме 1,5-2 години, тъй-като разстоянието на Марс от Земята варира от 56 до 400 милиона километра. По продължителност този полет не може да се сравнява с орбиталните (най-дълго

от всички - 438 денонощия без прекъсване в орбита е прекарал лекарят-изследовател от ИМБП Валерий Поляков на Орбиталната станция МИР през 1994-95 г., като рекордът не е подобряван досега). На станциите в орбита около Земята (като МКС), товарни кораби докарват регулярно на екипажа продукти и новини, а за този полет ще се наложи да се вземат храна и вода за цялото му времетраене. Освен това в случай на извънредно произшествие в орбита, екипажът може да се завърне на Земята със спускаемия апарат. При възникване на извънредно произшествие по време на полета до Марс, няма път назад. Когато на американския "Аполо-13" възникна авария в системата за осигуряване на живота, на екипажа не оставаше нищо друго, освен да продължи полета към Луната. Предстои много сериозна научна и наземна експериментална работа за решаването на всички изключително сложни и важни въпроси, свързани с осъществяването на полета, за да е сигурно, че екипажът ще отиде благополучно до Марс и ще се завърне обратно здрав и невредим.

Ясно е какво колосално изпитание ще бъде този полет за космонавтите. Изучават се възможните опасности и извънредни ситуации, изчисляват се натоварванията и претоварванията по време на полета, при кацането на планетата и излитането от нея. Как ще се държи човека по време на толкова дълъг полет трябва да бъде изяснено със сигурност предварително и за това ще помогнат изключително много наземните експерименти с изолация. Предстои да се проведат огромно количество изследвания, да се създаде принципно ново безотказно обзавеждане, ефективни и надеждни системи за осигуряване на живота (за пречистване на водата например). Преди човекът да полети към Марс, е необходимо да се разработи всестранна научна програма, за да се събере колкото е възможно повече най-разнообразна информация от и за екипажа.

Марсианският екипаж ще може да разчита само на бордовите средства за психологическа поддръжка. Полетът ще бъде толкова дълъг, корабът ще се отдалечи от Земята на такова огромно разстояние, че закъснението на радиосигнала при приближаването към Марс ще бъде около 40 минути. Космонавтите ще трябва сами да вземат решения и сами да носят отговорност за тези решения. Поради това на Земята предварително трябва да бъде предвидено буквално всичко: възможните извънредни ситуации, отказ на техниката, промяна в самочувствието на екипажа. При свръхдалечните полети корабът излиза извън границите на защитата на магнитното поле на Земята и екипажът може да бъде застрашен от облъчване под въздействието на галактическата и слънчевата радиация. Да не забравяме и за дългосрочното влияние на безтегловността. Засега се разглеждат два варианта. Първият – прелитане край Марс. Вторият – влизане в орбита, приземяване на спускаем апарат с екипаж и работа на планетата. А това е друг проблем, над който се работи усилено, защото тя е страшно негостоприемна.

Марс е единствената възможна за населяване планета от Слънчевата система, но средата ѝ е направо смъртоносна за човека и е невъзможно да се излезе без скафандър в тази червена пустиня с пясъчни бури. Там няма кислород в атмосферата, а главно въглероден двуокис. Няма дори и вода, открити са следи от нея в скалите, доказващи някогашното ѝ наличие, както и по-големи количества замръзнала на полюсите. Налягането е около 10 пъти по-ниско (80 – 90 мм. живачен стълб), а радиацията е 1000 пъти по-голяма от земната. Температурите са с 40°C по-ниски от средните на Земята, с големи вариации (на екватора е -80°C през нощта и +25°C – през деня). Марсианската гравитация е 3 пъти по-малка от земната.

Независимо от това, щом бе обявено в сайта на Института за медикобиологични проблеми (ИМБП) в Москва, че се набират доброволци за наземен експеримент – имитация на полета до Марс, наречен "Марс-500", веднага са заваляли заявки от цял свят и вече са се събрали към 200 души. А в него ще вземат участие само шест души на възраст 25 – 55 години, като някои от тях има вероятност да полетят на Марс: лекар с универсална подготовка и психолог същевременно, специалист по изчислителна техника, бординженер, отговарящ за системите за осигуряване на живота, командир на кораба, а също учени: астрофизик и биолог (или геолог). Засега не е решено дали да се включат в екипажа жени. В полярните експедиции тяхното присъствие действа на участниците благотворно. Но при такъв дълъг полет, а и в затворено пространство би могло да възникне напрежение.

Съдейки по изискванията, които се предявяват към участниците в експеримента, те трябва да бъдат необикновени хора - смели, решителни, не само професионалисти в своята област, но способни да заменят при необходимост и някой от колегите си от екипажа. Те трябва да имат висше образование, отлично здраве, да знаят руски и английски. Преминалите предварителния подбор ще бъдат поканени в Москва и след последен подбор дванадесетте финалисти ще бъдат разпределени в две групи от по шест човека. Едната ще заеме място в тренажора, а другата ще е резервна.

Експерименти с изолация в НЕК до 2000 г.

Наземният експериментален комплекс (НЕК) за имитиране на продължителни космически полети е построен в ИМБП още през 1970 г. по идея на Корольов. В него можеше да се провеждат експерименти, като се създадат условия максимално близки до реалните, с които ще се сблъскат космонавтите при истински полет. Пилотируемите полети към други планети (първоначално към Марс) се характеризират преди всичко с пълната изолация от външния свят. Не е възможно моделирането на фактори като безтегловността и въздействието на радиацията, но да се изолира екипаж за продължително време и да се създаде система за медико-биологично осигуряване на марсианска експедиция, е технически осъществимо.

Първоначално НЕК се състои от 3 свързани по между си модули с обеми 50, 100 и 150 м³. В тях са поместени индивидуални каюти за членовете на екипажа, кают-компания, работни места за провеждане на медико-биологични изследвания, място за оранжерия, помещение за съхранение на материалите, запасите от храна и т.н. Екипажът се намира в условия на изкуствена атмосфера (пречиствана по физико-химичен път) и нормално атмосферно налягане. Редица системи са разположени извън модулите, но се усигурява възможността за непосредственото им управление от страна на екипажа.

В периода 1971-2000 г. в НЕК са проведени редица експерименти с изолация, в които бяха отработени методики за адаптация на човека в условия на продължителен космически полет, в два от които бе включен и прототип на българската Космическа оранжерия (КО) СВЕТ-2 с дългосрочни експерименти за отглеждане на пшеница: 1) 90-дневен ЕКОПСИ-95 и 2) 264-дневен СФИНКС-99 за подготовка на мисиите на екипажите за Орбиталната станция (ОС) МИР и Международната космическа станция (МКС).

1. От 21 октомври 1995 г. до 22 януари 1996 г. се проведе 90-дневен експеримент ЕКОПСИ-95, в който беше направен опит да се формулира понятието психофизиологичен комфорт на средата за обитаване, да се оцени взаимодействието "човек-среда" и възможността за управление динамиката на този процес. Целта на експеримента бе изследване на психологичното състояние на тричленен екипаж космонавти, затворен херметично в дългосрочна изолация. Екипажът се грижеше и за отглеждането на растения от пшеница сорт *Super-Dwarf* по време на един пълен жизнен цикъл на развитие в комплекса КО СВЕТ-ГЕМС, следвайки инструкциите подготвени за провеждането му на борда. Бяха взети всички планирани образци и бяха направени фотоснимки.

Комплексът апаратура на КО СВЕТ бе качен на борда на ОС МИР още през 1990 г., но благодарение на подписаното Споразумение за тристранно американско-руско-българско сътрудничество в Москва и финансирането му от НАСА, можахме от 1995 г. да продължим космическите експерименти с растения в нея. Към модифицираната КО СВЕТ-2 бе добавена и допълнителна система за наблюдение на повече параметри на средата (ГЕМС), разработена в Лабораторията по космическа динамика при Университета на щата Юта. Трябваше да бъдат проведени много предварителни наземни експерименти в Юта и в Москва в комплекса апаратура СВЕТ-ГЕМС, за да се подготви успешното им провеждане на борда през 1996-97 г. от американските астронавти Шанън Люсид и Джон Блах. Благодарение на предварителния експеримент в НЕК и отработването на всички възможни ситуации, бе гарантиран успеха на полетните експерименти, довели до уникални фундаментални резултати в областта на космическото растениевъдство.

2. От 2 февруари 1999 г. до 22 март 2000г. в НЕК бе проведен 264-дневен експеримент СФИНКС-99 (от SFINCSS «Simulation of Flight of International Crew on Space Station» - имитация на полета на международен екипаж на космическа станция) с изолация, като неговата основна цел беше да се имитира полета на екипажите на МКС. В три основни екипажа влизаха представители от 5 страни в това число и жени. Освен това бяха сформирани 3 екипажа за посещение. В програмата на експеримента бяха реализирани 80 научни експеримента, подготвени от учени на 9 държави. По време на СФИНКС-99 екипажът не живееше въобще в каюти, а в малкия корпус (100 м³) на тесни нарове на 2 етажа. В същото помещение и работеха. В този блок Каралъв планираше да разположи Междупланетна оранжерия, но когато с Марс не потръгна бе взето решение, че няма да е оранжерия, а ще е модул на ОС МИР, която се скачва с МКС. В този модул, както и в бордовия, бе монтирана КО СВЕТ-2.

В един от основните екипажи на СФИНКС-99 участваха 4 руснака – В. Луканюк, В. Карашин, А. Мурашов и Хайдер Хобихожин, които проведоха дългосрочен експеримент с пшеница в КО СВЕТ-2, наречен "Колос". Паралелно с тях "на борда" работиха и други екипажи в които имаше японци, канадци, немци и американци. Учените наблюдаващи експеримента се стараеха да изяснят как в екстремелните условия на космическата «скука» могат да живеят хора с различни традиции, трудови навици, религии и убеждения.

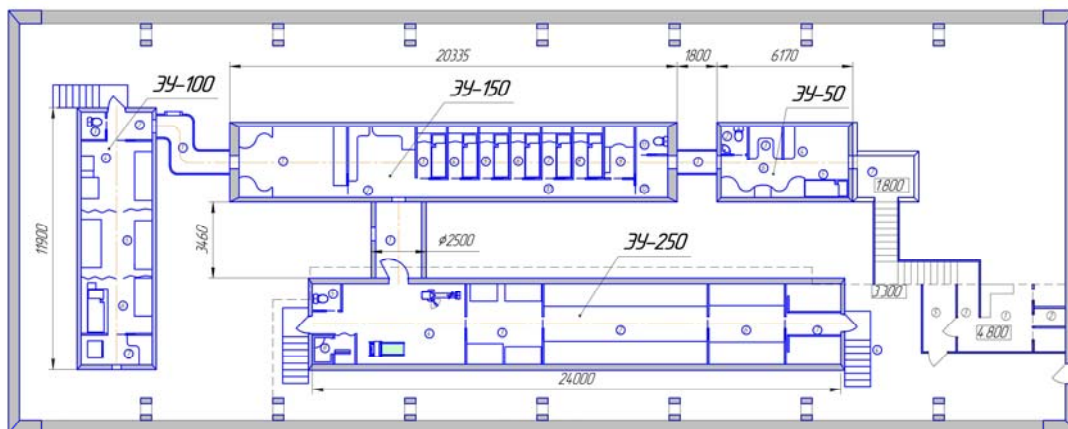
Тези експерименти поставят основата на медико-биологичното осигуряване на бъдещите междупланетни експедиции. Веднага след експеримента СФИНКС-99 учените от ИМБП започнаха подготовката на експеримент имитиращ пилотируемия полет на човек до Марс. Наистина тази мисия силно се отличава от полетите около Земята на ОС и е необходимо да се решат широк кръг от въпроси по биомедицинското му осигуряване. Затова беше разработена програмата на проекта “Марс-500”.

Подготовка на НЕК за Проект “Марс-500”

Целта на експеримента е изучаването на взаимодействието във веригата “човек-околна среда” и получаване на експериментални данни за състоянието на здравето и работоспособността на човека, намиращ се в условия на изолация характерни за полета до Марс [1]. Провежда се в херметично затворено пространство с ограничен обем, при поддържане на обитаемата среда със системи за осигуряване на живота и моделиране на основните разлики и ограничения, каквито ще бъдат в действителност при този дълготраен полет. Медико-биологичното осигуряване на пилотируемия полет до Марс се подготвя с отчитането на редица “извънредни” обстоятелства:

1. Свръхпродължителност (1,5 – 2 години и повече);
2. Висока степен на автономност на екипажа, обусловена от невъзможността за доставка на каквито и да е товари или да се изменя състава на екипажа;
3. Невъзможност за незабавно завръщане на Земята, даже при възникване на извънредни обстоятелства, постоянно повишена отговорност за самостоятелно приетите решения и тяхната реализация;
4. Затрудняване на условията за комуникация със Земята, свързани с неизбежната задръжка в предаването на информацията заради времето на преминаване на сигнала (приблизително 40 минути) от кораба до Земята, което води до принципни изменения на досега съществуващите взаимоотношения между екипажа и наземните центрове за управление на полета;
5. Редуване на гравитационни въздействия по трасето Земя-Марс-Земя и пребиваването на повърхността на Марс (1/3 от земната гравитация);
6. Ограничен период на адаптация към гравитацията преди изпълнението на програмата от дейности на повърхността на Марс;
7. Повишено ниво на космическата радиация;
8. Отсъствие на магнитното поле на Земята.

През 2006г. трите съществуващи модула бяха напълно преоборудвани, бяха създадени нови системи за осигуряване на живота, поддържането на температурния режим и осигуряването на водата. През 2007г. специално за проекта “Марс-500” беше построен допълнително четвърти херметичен модул с обем 250 м³. В началото на 2008г. започна строителството на пети модул с имитация на марсианската повърхност, след завършването на който комплексът на НЕК (Фиг. 1) ще бъде напълно готов за експеримента “Марс-500”.



Фиг.1. Блокова схема на Наземния експериментален комплекс, подготвян в ИМБП, Москва, за изпълнението на проекта “Марс-500”. Оранжерията е разположена в модул ЭУ-250.

Наземният марсиански комплекс, подготвян в ИМБП за изпълнението на проекта “Марс-500”, се състои от шест модула, свързани помежду си с херметически тръбопроводи, всеки с

диаметър малко над 3 метра. Четири от тях са експериментални (ЭУ) – метални цилиндъра, с обем съответно по 50, 100, 150 и 250 м³ (с общ обем 550 м³). А два - за имитация на излизането на екипажа на Марсианската повърхност (камера за обличане на скафандрите и по-голям, с червеникав прозрачен купол).

Най-малкият от експерименталните модули (ЭУ-50) е имитатор на модула за кацане (спускаемия апарат) на Марсианската повърхност. Той съдържа най-необходимото за 3-членен екипаж: отсека за живеене, кухня и тоалетна и 2 преходни шлюза. В блока за живеене на целия екипаж по трасето Земя-Марс (ЭУ-150), са поместени шест индивидуални каюти (тоалетната и душа ще бъдат общи), кают-компания, главен пулт за управление, кухня и 3 преходни шлюза.

Един модул (ЭУ-100) е предназначен за медицински нужди - миниатюрна болница с работно място за лекар и медицинска апаратура, както и с болнична стая с кухня и тоалетна. В битовия модул (ЭУ-250) ще има склад за вода, храна, хладилни камери, запасни части, тренажорна зала (велоергометър, бягаща патека и др., с дължина 4 м) и оранжерия 3 м².

Програмата на проекта предвижда провеждането на 3 експеримента с 6-членен екипаж: предварителен 2-седмичен в края на 2007 г., още един подготвителен 105-дневен през първата половина на 2009 г., като основният 520-дневен експеримент (който може да бъде разширен до 700-дневен) се планира да стартира през ноември 2009 г..

Предварителен експеримент

От 15 до 29 ноември 2007 г. в ИМБП, Москва, бе проведен успешно предварителния експеримент, имитиращ пилотируемия полет до Марс. За първия 14-дневен експеримент с основна цел проверката на съответствието на техническите и експлоатационните характеристики на два от реновираните модули на НЕК, бе подбран 6-членен екипаж от доброволци (5 мъже и 1 жена) на възраст 25-37 г.:

1. Рязанский Сергей Николаевич (1974 г.) – командир на екипажа, биохимик, кбн, космонавт-изследовател (ИМБП).
2. Артемьев Олег Германович (1970 г.), инженер-механик, космонавт-изпитател (РКК “Энергия”).
3. Перфилов Дмитрий Владимирович (1975 г.), лекар телемедицина (ИМБП).
4. Артамонов Антон Анатольевич (1982 г.), инженер-физик, инженер-програмист (ИМБП).
5. Ковалев Александр Сергеевич (1982 г.), инженер телемедицина (ИМБП).
6. Тугушева Марина Петровна (1983 г.), биолог, н.с., докторант (ИМБП).

В задачите на екипажа влизаха: да изпитат наново разработената система за осигуряване на живота, контрола и управлението, информационното осигуряване, локалната телемедицинска мрежа. Да изследват особеностите на физиологичната и психологическа адаптация на членовете на екипажа към условията на автономно функциониране. Да изучат взаимодействието на екипажа с персонала на Центъра за управление на експеримента (ЦУЕ) при изменени условия на комуникации. Да проверят медико-техническото оборудване, средствата за осигуряване на живота на екипажа и научната апаратура, а също така да уточнят необходимата по състав и съдържание организационно-методическа документация.

Една от задачите на този двуседмичен експеримент беше да се имитират условия на “информационен глад”, който ще изпитва екипажа при реалния полет към Марс. На станцията МКС има различни източници на информация: може да се свърже с роднини и близки, с ЦУЕ, може да се използва за това и любителско радио. В “Марс-500” не се предвижда нищо подобно. Няма Интернет, дори в експеримента СФИНКС-99 имаше възможност по Skype да се говори с всеки и в която и да е точка на света. Няма също така телевизор, телефон, както обикновен, така и мобилен – всички роднини и познати на екипажа бяха предупредени предварително, че няма да могат да се свързват с тях. Единствено им беше разрешено да носят филми на DVD, като и в известна степен им помогна и представителката на ЕКА Е. Файхтингер предоставяйки им филми на ББС “Синята планета”, които екипажът гледал с удоволствие.

Проведен бе и предварителен експеримент с растения, който се наричаше “Микро-ЛАДА”. В две оранжерии с размера на “ЛАДА” на МКС се отглеждаше грах - в едната и салата – в другата. В “Микро-ЛАДА” вратата е прозрачна по принцип и през нея може да се види растението, но тука на вратата беше залепен непрозрачен лист хартия, а на нея имаше датчик, фиксиращ всяко отваряне на вратата. Беше интересно да се разбере доколко за екипажа растенията са важни, колко често се интересуват те от тях, отваряйки оранжерията. На пръв поглед малка задача, но при полет от година и половина експериментите с растения не са просто научен експеримент, а са част от психологическата поддръжка на екипажа.

Проект “Оранжерея-Марс”

В рамките на проект “Оранжерея-Марс”, сключен между ИКИ-БАН и ИМБП-РАН, през 2007 г. е разработен Лабораторен образец на Блок за осветление (БО) с нови светлинни източници (червени, зелени и сини светодиоди LED от серията XLamp 7090 XR) [2,3]. Това засега е модул с размери 33x33 cm, с който бе заменен стария БО с флуорисцентни лампи от наземния прототип на КО СВЕТ-2, в която провеждаме биотехнологичните изпитания на новия БО. Този модул може лесно да бъде мултиплициран (в зависимост от финансирането) и използван в планираната за НЕК оранжерея за осигуряване на свежа витаминозна добавка към храната и психологическа подкрепа на екипажа по време на експеримента “Марс-500”.

Първоначално бяха направени технически измервания на характеристиките на новия БО за определяне на плътността на фотосинтетичният фотонен поток (Photosynthetic Active Radiation – PAR) поотделно на червената, синята, зелената и бялата (трите цвята едновременно) светлина по посевната площ в зависимост от разстоянието, мощността на работа и спектралния състав на емитираната светлина. Измерванията са направени при разстояние на БО на 20 cm и 50 cm от измерителният уред LiCor-6400 на контролен стенд и при закрепване на БО на височина 20 cm в лабораторният образец на КО СВЕТ-2.



Фиг. 2. Снимка на лабораторната установка по време на експеримент за биотехнологични изпитания на новия Блок за осветление на базата на мощни светодиоди (LED), монтиран в КО СВЕТ-2. Растенията на салата и листна цикория (на заден план), са на 20-ия ден от развитието са и са отгледани при спектрален състав на светлината: 10% синя ($468 \pm 25\text{nm}$), 20% зелена ($525 \pm 40\text{nm}$) и 70% червена ($632 \pm 15\text{nm}$).

В периода 11 септември – 17 октомври 2007г. и 14 ноември – 14 декември 2007г. бяха проведени два експеримента в лабораторния образец на КО СВЕТ-2 (Фиг. 2) с два вида растения - салата (*Lollo Rossa*) и цикория (*Bianca di Milano*). Експериментите имаха за цел да изследват характеристиките на растения, отгледани на новия светодиоден БО при спектрален състав на светлината 70% червена, 20% зелена и 10% синя (получен чрез промяна на интензивността на светене или броя светещи светодиоди). При тези експерименти БО беше поставен на разстояние 20 cm от посевната повърхност, а плътността на фотосинтетичния фотонен поток (PAR) беше 400 и $220 \mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ съответно. Проби за анализи бяха взети на определени етапи от развитие на растенията за изследване влиянието на светлинния интензитет и спектралното разпределение върху физиологичните параметри на растенията.

Направени бяха морфометрични, биофизични и биохимични анализи на растенията: височина, брой развити листа, хлорофилна флуоресценция, листна абсорбция в близката инфрачервена област, съдържание на пигменти, количество малондиалдехид, водороден пероксид, свободен пролин, редуциращи захари, определяне на пероксидазна активност и белтък, свежо тегло и сухо вещество. Първите получени резултати от проведените изпитания на новия БО при експерименти с растения показваха, че на растенията не «им понася» много силна светлина и физиологичните характеристики на отгледаните при по-ниска интензивност растения са по-добри по всички изследвани показатели. Точните данни от анализите и резултати от изследванията са докладвани на Конгреса на КОСПАР-2008, Монреал, Канада.

Литература:

1. Шаров П. Россия сделала первый шаг к Марсу! *Новости космонавтики*, Том 18, №1(300), 2008, 20-25.
2. Иванова Т., V. Sychev. Project “Greenhouse - Mars” - Plant Growth Study with Different Spectra LEDs Light Units. *Proceedings of the Second Scientific Conference with International Participation SENS'2006*, 14-16 June 2006, Varna, Bulgaria.
3. Иванова Т., И. Дандолов, Д. Димитров, Б. Бойчев, О. Петров, Й. Найденов. Блок за осветление за космическа оранжерея на базата на мощни светодиоди. *Proceedings of the 3rd Scientific Conference with International Participation SENS'2007*, 27-29 June 2007, Varna, 341-346.