

Steps toward development of radioastronomy in Bulgaria

L.Y.Ilchev¹, I.S.Parov², A.S.Yanev³, V.Z.Ranev³, P.L.Nedialkov², Ts.B.Georgiev¹

¹ Institute of Astronomy, Bulgarian Academy of Sciences

² Department of Astronomy, University of Sofia

³ Institute of Electronics, Bulgarian Academy of Sciences

lazar_ji@astro.bas.bg

(Conference report)

Abstract. The first steps toward organizing, subject choice and practical activities in the field of the radioastronomy are considered. The expedience of radiomonitoring of the solar activity with low budgetary instruments, built of available components, is emphasized. The suitable frequencies and prototypes of small radiotelescopes are substantiated. The main directions for education assistance and popularization of radioastronomy are pointed out.

Key words: science and society, radioastronomy

Стъпки към развитие на радиоастрономия в България

Л. Й. Илчев, И. С. Паров, А. С. Янев, В. З. Ранев, П. Л. Недялков, Ц. Б. Георгиев

Представени са съображения и първи стъпки в организирането, избора на тематика и практическа дейност в областта на радиоастрономията. Изтъкната е целесъобразността на радиомониторинг на слънчевата активност с нискобюджетни прибори, съоръжени чрез достъпни компоненти. Обосновани са подходящи радиочестоти и съответни прототипи на малки радиотелескопи. Отбелязани са основните насоки за подпомагане образоването и популяризирането на радиоастрономията.

Увод

Радиоастрономията е съвременна високотехнологична и интердисциплинарна с астрономията наука, която е относително непозната у нас. Съществуващата празнина може да се запълни чрез конкретни стъпки, които в дългосрочен план биха гарантирали участието на български радиоастрономи, инженери и физици в радиоастрономически изследвания у нас и в чужбина.

Лесно е да се предвиди, че в бъдеще работните места за професионални астрономи и в частност за радиоастрономи, както у нас, така и по света, няма да са много. Обаче, практиката на обучението и популяризацията на науката в България показва ясно, че заниманията с астрономия оказват важно положително въздействие върху цялостното интелектуално развитие на множество млади хора, каквато и да е по-нататъшната им професионална реализация. Същото, а вероятно в по-висока степен, следва да се очаква като резултат от една организирана дейност в областта на радиоастрономията.

У нас има десетилетни традиции в науката и образоването в областта на астрономията и в интердисциплинарните области. Има и значително количество образователна и дидактическа литература. Обаче, най-характерните предизвикателства на новото време - компютъризацията и интернет-пространството - налагат осъвременяване на традиционните подходи в организацията на образоването и популяризирането на науката. С отчитане на това, в този доклад са систематизирани съображения и конкретни стъпки към създаването на предпоставки за развитие на радиоастрономическа дейност в съвременните условия.

По-долу са представени (1) концепция за цялостна организация на дейността, (2) избор на първоначална научна тематика, (3) избор на честоти за радиомониторинг на Слънцето, (4) радиоастрономия за студенти и (5) радиоастрономия за ученици и любители.

1 Стъпки по организацията на радиоастрономическата дейност

Предназначенето на дейността е представено в увода. Устройството на организацията на една научна и/или образователна дейност традиционно се прави (и финансира) чрез лаборатория, секция или отделен научен проект. В нашия случай става въпрос за дейност, която е най-пряко свързана с астрономията и има значителен интердисциплинарен потенциал. Ясно, че радиоастрономическата дейност би била далеч от масовост, следователно на първо време може да се мисли за научен проект. Преди това, обаче, трябва да има две предпоставки. Първо, тази дейност трябва да бъде обхваната от някаква форма на сдружение или асоциация на инициаторите и второ, дейността трябва да има обособен координационен център - напр. лаборатория по радиоастрономия, включваща специализирана радио-измерителна зала и интернет зала. Авторите на доклада работят по реализирането на тези предпоставки.

Дейността на организацията, при условие че горните две предпоставки са налице, следва да има две главни насоки. Първата се състои в планирането и координирането на (1) изследователско-учебни обработки и анализи на достъпни по интернет радио-данни, (2) създаване на нискобюджетна радиоастрономическа апаратура, (3) провеждане на наблюдателни програми (изследователско-учебни и мониторингови), (4) разработка на практикуми, въвеждащи в спецификата на радиоастрономическите изследвания, (5) разработка и провеждане на средношколски и любителски форми на обучение и (6) популяризиране. Вече е започната разработката на прототипи на малки радиотелескопи (вж. Раздел 3).

Втората важна насока в дейността на организацията следва да се състои в търсенето на източници на финансиране, участие в конкурси за национални и международни проекти и т.н. В началото си, през 2006 г, нашата радиоастрономическа дейност имаше поддръжката на Института по астрономия при БАН и на Катедрата по астрономия на СУ. Вече е направена и първата стъпка за целево финансиране - чрез проекта "Обсерватория за мониторинг на слънчевата активност и параметрите на околната среда финансиран от Националния фонд за научни изследвания към Министерството на образованието и науката на България. По един от разделите на този проект е поръчан от американската радиообсерватория Хайстак в Масачузетс един учебен радиотелескоп SRT (Small Radio-Telescope) (вж. Раздел 4).

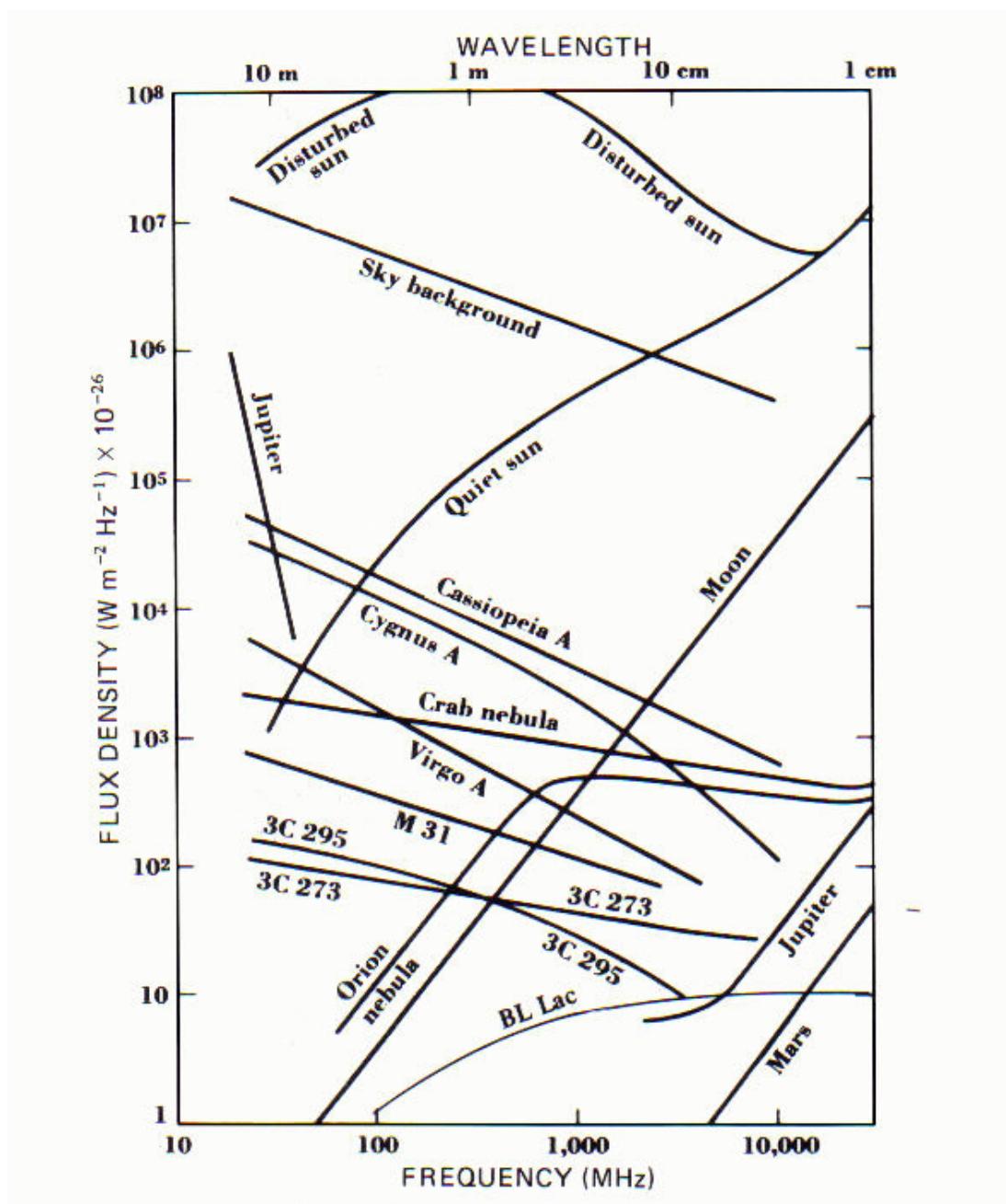
2 Избор на научна тематика

Изборът на научни задачи за радиоастрономия с малки телескопи е крайно ограничен. Известно е, че съвременните радиоастрономически изследвания се базират на огромни радиотелескопи и високотехнологично оборудване. Обаче много от радиосигналите са достатъчно силни и могат да се регистрират с високо отношение сигнал/шум дори с малки антени. Най-интересни са променливите сигнали, защото всяко наблюдение на променлив обект или явление е уникално.

С оглед избора на тематика за започване на радиоастрономическа дейност с достъпни средства на 09.03.2006 г в Астрономическата обсерватория в Борисовата градина бе проведен първият по рода си у нас семинар на тема "Възможности за изследване на радиоизлъчването на тела от Слънчевата система с малки радиотелескопи". На семинара бяха представени кратки доклади както следва: За вече направените първи стъпки към радиоастрономическа дейност - от Цветан Георгиев; За радиоизлъчването на Слънцето - от Петър Духлев; За крайно нискочестотните сигнали в пространството между земната повърхност и йоносферата (Шуманови резонанси) - от Иван Паров; За радиоизлъчването на кометите - от Таню Бонев; За радиоизлъчването на планетите - от Борис Комитов; За реализирането на малък радиотелескоп чрез компоненти за сателитна телевизия - от Лазар Илчев.

В резултат на проведените след семинара дискусии бе потвърдено предварителното становище, че единственият радиоизточник, който е силен и променлив, а освен това е много важен, защото влияе пряко върху човешката дейност, е Слънцето.

Затова мониторингът на радиопроявите на слънчевата активност е най-реалната възможност за започване на полезни радиоастрономически наблюдения с малки радиотелескопи. На Фиг. 1 се вижда как активното Слънце доминира над другите силни астрономически радиоизточници.



Фиг. 1. Приблизителни спектри на астрономическите радиоизточници (по Zombeck [1990]).

Промените в състоянието на системата "слънчев вятър - земна магнитосфера" предизвикват главно от проявите на слънчева активност, оказват голямо влияние върху много аспекти от всекидневния живот. Съвкупността от тези явления напоследък се нарича "space weather" което следва да се преведе като "космически климат". Основните явления са известни отдавна. Слънчевите хромосферни изригвания и флукутациите в плътността и скоростта на слънчевия вятър предизвикват различни процеси в земната магнитосфера, йоносфера, атмосфера и дори биосфера. Много от тях вредят на климата, съобщенията, корабоплаването, въздухоплаването и т.н., затова е важно явленията да се разбират в детайли и при възможност да се предсказват. Известно е, че промените в състоянието на слънчево-земната среда се проявяват най-вече в радиодиапазона и могат да се изучават ефективно чрез наземен радиомониторинг (Dreyer [1982], Gosling [1993]). За повече информация относно влиянието на слънчевата активност върху околната среда и предпоставките за радиомониторинг вж. напр. от Георгиев и др. [2007a], [2007b], а относно Слънцето и неговата активност - Дерменджиев [1997].

3 Избор на честоти за мониторинг на радиопроявите на слънчевата активност

Честотният диапазон на радиопрозрачност на земната атмосфера, в който може да се прави и мониторинг на Слънцето, е приблизително от 10 МХц до 10 ГХц, със съответни дължини на вълните от 30 м до 3 см.

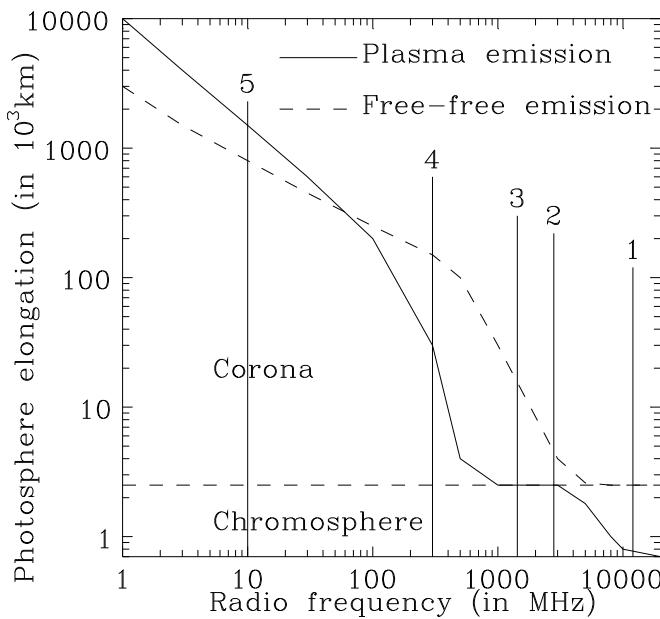
Поради спецификата на процесите на преноса на електромагнитното излъчване за всяка радиочестота има характерна височина над слънчевата фотосфера с оптическа плътност единица, под която височина слънчевата атмосфера (корона) е практически непрозрачна за тази честота и за по-ниските от нея честоти. Следователно, на различни радиочестоти може да се "наблюдават" различни по височина слоеве на слънчевата атмосфера. Изборът на конкретните честоти за мониторинг следва да зависи от поставената задача и от достъпната елементна база.

На Фиг. 2 с плътна линия е представен ходът на характерната височина на прозрачност за топлинното излъчване в зависимост от честотата на радиоизлъчването при спокойното Слънце. За сравнение, с прекъсната линия е показан и съответния ход на височината на слоя, за който оптическата плътност на свободно-свободните преходи е единица (IPS [2006]).

И така, фотосферата се вижда в оптическия диапазон, при честоти от порядъка на стотици терахерци. Областта на преходния слой между горната част на хромосферата и короната, разположен на около 2500 км над слънчевата фотосфера, се "вижда" в радиодиапазона 30-10 Гхц (1 см - 3 см). В този диапазон, напр. на 12 ГХц (позиция 1 на фиг. 2), Слънцето може да се наблюдава с леко преработена комерсиална техника за сателитна телевизия (RSP [2006], Ilchev et al. [2006a]).

При честота 3-1 Гхц (10 - 30 см) радиовълните напускат Слънцето от слоевете на долната корона, на разстояние около 0.1 слънчеви радиуса от фотосферата. В този диапазон на много места в света Слънцето се наблюдава на "стандартната" честота 2.8 ГХц (вж. по-долу), но може да се наблюдава и на 1.43 ГХц, със SRT (позиции 2 и 3 на фиг. 2). По-нататък, с намаляване на честотата се "виждат" все по-високи слоеве от короната. Например, долните слоеве от короната, които са "виждат" на 300 МХц (1 м) са разположени на височина около 0.5 слънчеви радиуса (позиция 4 на фиг. 2), а най-горещата част от короната, където температурата надхвърля 1 000 000 K, на височина 1 - 2 слънчеви радиуса, може да се наблюдава на честота около 10 Мхц (30 м) (позиция 5 на фиг. 2).

Радиопроявите на слънчевата активност се управляват главно чрез разпределението във времето и пространството на пълното количество на магнитния поток, подаван през фотосферата към хромосферата и короната. Радиопотокът на стандартната честота 2.8 ГХц (10.7 см) е всъщност мярка за излъчването на всички източници под преходния слой. Този радиопоток е почти изцяло термичен и е пряка



Фиг. 2. Зависимост на характерната височина на прозрачността на слънчевата атмосфера (плътна линия) и на слоя с оптическа дебелина единица за свободно-свободните преходи (прекъсната линия) от радиочестотата. Вертикалните линии с номера 1 - 5 показват позициите на обсъжданите в текста честоти за радиомониторинг.

поява на пълното количество плазма, уловена от магнитните полета над активните области, т.е. на пълния фотосферен магнитен поток. Установено е, че радиопотокът на 2.8 ГХц корелира с магнитния поток, както и с петнообразувателната активност на Слънцето, изразена чрез индекса на Волф. За съжаление, на честота 2.8 ГХц промишлените и комуникационни радиосмущения, особено в големите градове, са изключително силни. Обаче, аналогичен мониторинг на активността може да се прави и на честоти 1.43 ГХц и 12 ГХц. Следва да се очаква, че потоците на тези честоти ще корелират с потока на честота 2.8 ГХц. От данните в предишния абзац се вижда, че други характерни честоти, на които би било ценно да се прави мониторинг на влиянието на слънчевата активност върху състоянието на короната на височини около 0.5 и 1-2 слънчеви радиуса съответно около 300 МХц и около 10 МХц.

Крайно нискочестотните сигнали (Extremely Low Frequency, ELF) са една специална проява на слънчево-земната среда. Те представляват спорадични пакети от радиосигнали с честоти под 30 Хц и дължина на вълната над 10 000 км, които се пораждат от крупномашабни явления в цялата земна магнитосфера, предизвикани най-вече от флуктуации в слънчевия вятър. Пространството между йоносферата и земната повърхност представлява обемен резонатор със собствена честота около 8 Хц (Шуманова резонансна честота) и съответна дължина на вълната колкото обиколката на земното кълбо. Този резонатор може да се възбуди и от импулсните радиоизлъчвания на мощни мълнии, от токове в земната кора, породени от земетресения, от космични частици с ултра-високи енергии, от болиди и т.н. Явленията ELF са разнообразни и слабо изследвани (Williams [1992], Diedrich [2003], ELF-gallery). Освен това, за разлика от радиосигналите, флуктуациите в слънчевия вятър, предизвикани от хромосферните изригвания, достигат до Земята със закъснение от 24-26 h. Затова радиомониторингът плюс регистрирането на ELF-сигналите могат да се използват за оценка на скоростта и други характеристики на слънчевия

вятър. Натрупаната статистика на ELF-сигнали би позволила да се търсят евентуални корелации и с други данни за явления в околната среда.

През 2006 г в Астрономическата обсерватория в Борисовата градина под ръководството на един от авторите (И. П.) бяха изработени с налични компоненти два прототипа на малки радиотелескопи и един детектор на ELF-сигнали. Първият радиотелескоп, за честота 300 мх (1 м), се състои от спирална антена със 70 см отражател, военен радиоприемник и самописец. Въпреки недостатъците на наличния радиоприемник, сигналът от Слънцето се регистрираше уверено (Ilchev et al. [2006a]). Вторият радиотелескоп, за честота около 11 ГХц, се състои от 1.5 м параболична антена и комерсиален сателитен детектор. При изпитанията пасажите на Слънцето се регистрираха с високо отношение сигнал/шум, а беше наблюдаван и радиосигнал от Раковидната мъглявина (Ilchev et al. [2006b]). Предвижда се работата по прототипите да продължи след закупуване на съвременни електронни компоненти. Целта е повишаване на чувствителността с около един порядък. Прототипът на прибор за наблюдения на ELF-сигнали се състои от хоризонтална феритна антена и специален нискочестотен радиоприемник. Приборът реагира с висока чувствителност на измененията на хоризонталната (магнитната) компонента на земното електромагнитно поле (Ilchev et al. [2006a]). Работи се по усъвършенстването и автоматизацията на прибора.

4 Радиоастрономия за студенти

Българската астрономия е традиционно фокусирана в оптичния диапазон. Това се дължи на историческото развитие на университетското астрономическото образование у нас и на наличната материална база в Националната Астрономическа Обсерватория - Рожен. Обаче през последния половин век радиоастрономията претърпя бурно развитие и би следвало в нашите университетски програми да се предлага и уведен курс по радиоастрономия. На първо място това би дало възможност на бъдещите астрономи, физици и инженери да придобият представа за научния потенциал на информацията, достъпна чрез радиодиапазона, както и чрез микровълновия и милиметровия обхвати. Става въпрос за възможностите за изучаване от друга гледна точка на множество обекти и явления в околната среда, в Слънчевата система, в Нашата галактика и във Вселената. На второ място изучаването на радиоастрономията води до разбиране на специфични технически средства и методи за обработка на данни, които са по правило на предния фронт на науката и техниката.

След приемането на България в Европейския съюз се откриват повече възможности за достъп до съвременна апаратура, до високотехнологични изследователски центрове и лаборатории (SRON, MC2 in Chalmers University of Technology), до големи радиотелескопи и интерферометри (ALMA, VLBI), както и до международен обмен на опит чрез RadioNet, ESO, ESA и други организации. За да се възползват максимално от предоставените им възможности бъдещите докторанти и учени в областта на астрономията, физиката и инженерните науки би следвало да имат и известен опит в областта на радиоастрономията. Затова инвестирането на интелектуален потенциал и средства в съвременни направления на науката и във високи технологии, като например радиоастрономията и съпътстващата я техника, би било не само допълнителен стимул за бъдещия научен потенциал, но би допринесло и за по-широкото разпространение на едно ново, интердисциплинарно мислене. Ако публикуваната наскоро Национална космическа програма на Република България за 2007 - 2013 г се финансира изцяло, то може да се очаква своеобразен ренесанс във всички области свързани пряко или косвено с радиоастрономията. Всичко това би спомогнало за професионалната реализация на множество български учени, физици и инженери.

Не на последно място трябва да се постави и възможността за съвместно сътрудничество с български и чужди компании по отношение на ноу-хау. В България има множество фирми, като например RaySat, Elco Star, Electron Progress, SAMEL-90,

HIS, MPS, Melexis, Daisy Technology и много други, които биха могли да допринесат със своя специфичен опит за създаване на уникална радиоастрономическа апаратура.

Учебната дейност в областта на радиоастрономията следва да започне на базата на специално предназначен за това малък радиотелескоп. Такъв е единственият по рода си серийно произвеждан комплект SRT с диаметър на антената 2.3 м, предлаган от американската радиообсерватория Хайстак (Масачузетски Технологичен Институт). Благодарение усилията на авторите на този доклад закупуването на такъв радиотелескоп е вече финансирано и се очаква доставката да бъде извършена през 2007 г. Общият вид на прибора е показан на Фиг. 3.



Фиг. 3. Общ вид на поръчания в радиообсерваторията Хайстак малък радиотелескоп.

Радиотелескопът SRT е предназначен за работа в гигахерцовия диапазон, на честотата 1.43 ГХц (21 см), на която излъчва неутралният водород във Вселената. Той се използва в университетите за обучение на студенти по радиофизика и астрофизика. В радиообсерваториите SRT работи като спомагателен инструмент за прости, тестове и калибровки. С него могат да се извършват контрол на системната температура, измерване на ширината на диаграмата на насоченост на антената, наблюдения на Слънцето в дециметровия диапазон, картиране на излъчването на неутралния водород в нашата Галактика и др.

Най-голямото достойнство на радиотелескопа SRT е компютърното управление на неговите функции. SRT има (1) автоматично насочване, (2) прецизно съпровождане на обекта за натрупване на висок сигнал, (3) система за записване и архивиране на наблюденията и (4) софтуер за първична обработка и анализ на наблюденията.

5 Радиоастрономия за ученици и любители

Доколкото у нас има десетилетни традиции в популяризирането на астрономията авторите включват в доклада си тази точка по-скоро за пълнота. Привличането на интереса на част от подрастващото поколение към астрономията, космическите изследвания и даже към радиоастрономията се осъществява най-вече в градските обсерватории и планетариуми. Това става главно чрез различни видове кръжоци и школи. В известна степен популяризиране на астрономията и интердисциплинарните й области се прави и в градовете, където няма обсерватории и планетариуми, но има астрономически институции (университети, научни институти) или отделни ентузиазирани специалисти. Това пък става главно чрез лекции, демонстрации, публични наблюдения на интересни астрономически явления и т.н. Най-важният апендиц на тази дейност, особено за най-изявлените подрастващи, са националните олимпиади, конкурси, школи и др. п.

Популяризирането на радиоастрономията с оглед привличането на млади хора с интереси в областта на астрономията, радиотехниката, космическите изследвания и др. следва да бъде много важна част от радиоастрономическата дейност. Обаче, такава комбинация от интереси у младите хора се среща рядко. Затова основата за бъдещо поколение учени с интереси в областта и на радиоастрономията следва да бъде поставена чрез развитие на специални учебни програми и форми на обучение, както и на създаване на специализирана материална база.

Естествният подход за стимулиране на интерес у подрастващите в областта на радиоастрономията е съчетаването на астрономическа и радиолюбителска дейност. Това е доста сложно за организиране и финансиране, защото докато при традиционната научно-популяризаторска дейност мероприятията са главно лекционни или аудиторни, при радиоастрономическата дейност мероприятията следва да бъдат главно практически или лабораторни. Друг, съвременен подход за привличане на вниманието на подрастващите към радиоастрономията би бил създаването на уеб-базирани самоучители, разработени на достъпен език, с различна трудност и с интересен аудиовизуален материал, който да се обновява и обогатява периодично. Има и трети подход, който би бил естествено допълнение на първите два - създаване на организация за общуване на подрастващите с преподаватели и учени чрез чат, е-мейл или телефон.

Учениците на възраст 10 - 17 години са изключително подходяща група за прилагане на компютъризиранi методи за дистанционно обучение под формата на подкастинг, на презентации на специфични теми, аудио и видео материали, специализирани блогове и уеб-приложения. Първото "Star Trek" - поколение (Sci-Fi Channel) и N-тата генерация фенове на Discovery Channel са вече тук, в България. Поевтиняването на портативните MP3 видео плеъри и друга хай-тех потребителска електроника, както и увеличаващият се достъп до интернет и мобилни комуникации, позволява да се достигне до една широка аудитория от подрастващото поколение. Следователно, най-реално е съвременните усилия за популяризирането на радиоастрономията у нас да се насочат главно към компютъризираните методи и към интернет пространството.

6 Заключение

В този доклад са представени съображенията и първите стъпки на авторите за започване на радиоастрономическа дейност у нас. По принцип е въпрос на визия и стратегическо сътрудничество между академичните среди, държавните институции и бизнеса за намиране на общ език и стимули, с цел да се реализират високотехнологични проекти, използващи българско know-how и интелектуален потенциал в съвременните области на науката и техниката. А запо не и в областта на радиоастрономията?

Авторите благодарят на колегите П. Духлев, Т. Бонев, Б. Комитов и В. Голов за многобройните полезни дискусии. Изследванията отразени в този доклад са част

от проекта „Обсерватория за мониторинг на слънчевата активност и параметрите на околната среда“, финансиран от Националния фонд за научни изследвания към Министерството на образованието и науката на България (Договор ВУ-01/06).

Литература

- Dreyer M., 1982, "Coronal Transient Phenomena Space Sci. Rev., 33, p.233
Diedrich K., 2003, "Unknown ELF-Signals and Ground Currents www.vlf.it/kurt/elf.html
ELF - gallery
Gosling J. T., 1993, "The Solar Flare Myth J. Geophys. Res., 98, 18, p.93718, 949
Ilchev L., Deshev B., Georgiev Ts., Parov I., 2006a, „Small radio-telescopes for meter and centimeter ranges“, *Meetings in Physics at University of Sofia, vol. 6*
Ilchev L., Parov I., Deshev B., Georgiev Ts., Nedialkov P., 2006b, *Bul.J.Phys 30, (VI Bulgarian-Serbian Confer. "Ast.& Sp. Sci May 2006, Sofia)*, „RAPS - Radio Astronomy Projects in Sofia“
IPS (Ionospheric Prediction Service), 2006, www.ips.gov.au/Educational
RSP (Radio-Sky Publishing), 2006, www.radiosky.com/12ghz.html
SRT - "Small Radio Telescope web.haystack.mit.edu/SRT/", "Institutions and Individuals Using the SRT www.cassicorp.com/institutions.html
Williams E. R., 1992, *Science, New Series, Vol. 256, No. 5060, p.1184*
Zombeck M. V., Authorb B., 1990, *Handbook of space astronomy and astrophysics, Cambridge University Press, 150*
Георгиев Ц., Дешев Б., Духлев П., Илчев Л., Комитов Б., Недялков П., Паров И., Янкова Г., 2007a, "Космическият климат - Фактори и въздействия върху технологичните системи Астрон. Календар, Академ. Издат., София, стр.104
Георгиев Ц., Дешев Б., Духлев П., Илчев Л., Комитов Б., Недялков П., Паров И., Янкова Г., 2007b, "Космическият климат - Предпоставки за радиоастрономичен мониторинг Астрон. Календар, Академ. Издат., София, стр.117
Дерменджиев В., 1997, "Спокойното и активно Слънце Академ. Издат., София