

## Радиоecологичен мониторинг в района на язовир “Йовковци”

**Николай Долчинков**

Национален военен университет “Васил Левски”, Велико Търново

**Abstract.** A review of our surroundings, radiative transitions and how they affect plants, animals and humans. Below are the results of measurements of the presence of radioactive isotopes in various inanimate objects and living near the lake “Yovkovtsi” and some of the resulting spectra.

### 1 Въведение

Непрекъснато влошаващото се състояние на околната среда в глобален мащаб вследствие на силно нарастващите консумативни възможности на човешката популация и на бързото развитие на техническия прогрес буди сериозна тревога, защото съвременната цивилизация поставя на сериозно изпитание равновесните устои на биосферата. Поради това един от най-актуалните проблеми на съвременността е свързан със замърсяването на биосферата с радиоактивни вещества, нейната радиационна чистота и радиационна защита.

По този повод френският учен Дорст казва следното: “Човекът е направил огромна грешка, когато си е наумил, че може да се отдели от природата и да не се съобразява с нейните закони”. Разривът между човека и обкръжаващата го естествена среда съществува много отдавна. Старият “договор”, свързващ първобитният човек с неговото местообитаване, е бил нарушен от човека, който се е почувствал силен, за да признава занапред само законите създавани от него. Тази позиция трябва напълно да се преразгледа и да се подпише нов пакт с природата, “даващ възможност на човека да живее в пълно съгласие с нея”.

В резултат от проведените в различни страни голям брой експериментални проучвания и натрупана огромна информация относно миграцията на радионуклидите в звената на екосистемата при различни условия и действието на йонизиращите лъчения върху живите организми на Земята.

Освен теоретичен интерес резултатите от тях имат голямо практическо значение, тъй като позволяват да се даде оценка на последствията от въвеждането в околната среда на изкуствени радионуклиди и да се намерят начини и средства за намаляване на радиационния дискомфорт на човека. Поради тази причина във всички страни се провежда системен контрол на радиоактивното замърсяване на въздуха, водата, почвата, флората и фауната. И при най-малкото превишаване на допустимите норми се вземат съответните мерки за защита на околната среда и главно на човека.

Радиационният мониторинг в нашата страна се изгражда като съвременна автоматизирана информационно-управляваща система, осигуряваща достоверност на събираната информация чрез използване на съвременни методи за анализ и оценка на данните, създаване и подържане на определена база данни и решаване на определен клас задачи, свързани с опазване на околната среда и правилното използване на природните ресурси.

Според съвременните космологични знания слънчевата система се е обособила преди около  $5 \cdot 10^9$  години в богат на тежки елементи космичен газ и пращен облак. Учените, наблюдавайки и изучавайки процесите на Земята, стигат до извода, че на нея се е оформила нова среда, наречена биосфера, в границите на която съществува живата материя.

Понятието биосфера (от гръцки *bios* – живот и *sphaira* – кълбо) се появява случайно през 1875 г. в трудовете на австрийския геолог Едуард Зюс. По късно се оформят три тълкувания на понятието биосфера: биологична (субстратна), географска (пространствено-субстратна) и общонаучна (еволюционно-субстратно-пространствена) [1]. Първоначалната субстратно-биологична трактовка включва съвкупността от всички живи организми на Земята. В географските науки това понятие традиционно се използва за означаване на една от геосферите влизащи в състава на географската обвивка заедно с атмосферата, литосферата и хидросферата, но отличаваща се от тях по наситеността с живи организми. На практика се разглежда като пространствено-субстратна. Съвременното учение за биосферата е създадено от руския учен В.И. Вернадски (1945 г.). В светлината на новата геохимична концепция за еволюцията на живота той разкрива геоложката роля на живите организми като фактор от планетарен мащаб в създаването на газовия състав на атмосферата, водите, седиментната основа и др. при формирането на горната обвивка на Земята. Според Вернадски в тази обвивка не само че съществува живот, но тя в една или друга степен е видоизменена и формирана от живота. Това е третата еволюционно-субстратно-пространствена

трактовка на понятието. Според Вернадски "биосферата е тънкият слой от живо вещество и живото вещество като съвкупност от организми, които подобно на газова маса обгръщат земната повърхност и оказват известно налягане върху заобикалящата среда, заобикалят предметите които пречат на движението им или ги овладяват и покоряват" [1]. Всъщност биосферата е планетарна екосистема, в която кръговратът на веществата и енергийният поток са взаимнообусловени и взаимно свързани в глобален мащаб. Биосферата е отворена система, състояща се от съподчинени подсистеми и елементи, които функционират и се развиват във взаимнообусловено единство. В своето съществуване биосферата спазва равновесие благодарение на нейните свършени регулаторни механизми. През последните години обаче човекът със стопанската си дейност създава много проблеми за функционирането на биосферата.

## **2 Строеж и граници на биосферата**

Съвременната биосфера е многокомпонентна система със сложен строеж и разнороден състав. Според Вернадски биосферата се състои от седем елемента:

1. живо вещество;
2. биогенно вещество;
3. минерални вещества;
4. преходни форми между биологично вещество и минерални вещества;
5. радиоактивни вещества;
6. разсеяни атоми;
7. вещества с космичен произход.

Обобщено се приема, че биосферата се състои от три основни компонента: [2]

- 1) живи организми – това е живата покривка на Земята – растения, животни, микроорганизми;
- 2) минерални вещества – вещества, включени в биологичния кръговрат;
- 3) продукти от дейността на организмите – вещества, временно изключени от биологичния кръговрат.

Биосферата обхваща цялата хидросфера и цялата суша. Теоретично живите организми могат да населяват:

*Николай Долчинков*

1. атмосферата – в границите на тропосферата и долните части на стратосферата до височина на азотния слой (25 km);
2. литосферата (дълбочина до 10–15 km). На практика не се среща на височина 22 km и дълбочина 2–3 km.

Съставните части на биоценозата са:

*Атмосфера.* Тя е газовата обвивка на Земята. Състои се от азот (78%), кислород (21%), водни пари и инертни газове с общ обем 1%. Другите газове и примеси се смятат за замърсители. Общата маса на атмосферата е  $5,16 \cdot 10^{18}$  kg.

В зависимост от изменението на температурата с височината атмосферата се разделя на пет слоя.

1. тропосфера над полюсите  $h = 8-10$  km, над екватора  $h = 16-18$  km, а над умерените ширини  $h = 10-12$  km. Средната дебелина на тропосферата се приема за  $h < 11$  km;
2. стратосфера – с дебелина  $10 < h < 50$  km;
3. мезосфера – с дебелина  $50 < h < 90$  km;
4. термосфера – с дебелина  $90 < h < 800$  km;
5. екзосфера – с дебелина  $h > 800$  km;

След този слой атмосферата преминава в междупланетен газ.

Атмосферата като цяло е сравнително неподходяща среда за развитие на живото вещество.

*Хидросфера.* Представлява съвкупност от всички води на Земята. Тя образува непрекъснатата водна обвивка, разположена между атмосферата и литосферата и заема  $\sim 70.8\%$  от повърхността на планетата. Тук се включват водите на океаните, моретата, подземните и повърхностните води на сушата.

Подсистемата “Радиационна обстановка” в НАСНКРГФ на ИАОС към МОСВ организира създаването и поддържането на база данни за изменение на естествения радиационен фон в резултат на антропогенни фактори, оценка на съдържанието на естествените и техногенните радионуклиди в атмосферата, почвите и водните басейни, извършва обобщен анализ и оценка на радиационната обстановка, формираща се в отделни местности и райони на страната.

Основните задачи на НАСНКРГФ може да се формулират като:

1. Системни режимни наблюдения на радиационните характеристики на елементите на околната среда;

## Радиоекологичен мониторинг в района на язовир "Йовковци"

2. Обработка и анализ на получените данни от системните наблюдения, организиране на информационна база, обслужване на поделенията на Министерството на околната среда и държавните органи с информация за радиационната обстановка;
3. Оценка на съдържанието на техногенните радионуклиди в природната среда и миграционните им възможности във веригата "Биологична среда – Човек" [4].

Във функционално отношение контролът обхваща:

1. АЕЦ;
2. Предприятията на уранодобивната промишленост;
3. ТЕЦ;
4. Предприятия, ведомства и институции, използващи в своята дейност радиоактивни вещества;
5. Локални и глобални отлагания след аварийни ситуации;
6. Предприятия за добив и обогатяване на цветни метали.

### 3 Видове радиоактивни превръщания и свойства на лъченията

В природата са известни 6 вида радиоактивни превръщания. От тях с най-голяма вероятност се реализират:  $\alpha$ -превръщане,  $\beta$ -превръщане и  $\gamma$ -излъчване [3]. При  $\alpha$ -превръщането от ядрото излита  $\alpha$ -частица. Тя представлява тежка заредена частица, изградена от 2 протона и 2 неутрона, т.е. тя е ядро на хелия, а частиците се движат със скорост  $V_{\alpha} \sim 10$  m/s. Пробегът им във въздух достига до 10 cm. Напълно се поглъщат от лист хартия и биологична тъкан. Поради това всяко вещество (преграда) с дебелина, по-голяма от пробега им в него, осигурява защитата от външно  $\alpha$ -облъчване.

При  $\beta$ -превръщането от ядрото излита  $\beta$ -частица и електронно антинейтрино.  $\beta$ -частиците са електрони, които се движат със скорост от порядъка на скоростта на светлината ( $V_{\beta} \sim 10^8$  m/s). Те имат енергия от 10 eV до 10 keV. Пробегът им във въздух достига до няколко метра. Поглъщат се от алуминиево фолио с дебелина 1 mm.  $\beta$ -частиците проникват през кожата на човека и достигат на различна дълбочина в тъканите. Обикновеното облекло отслабва  $\beta$ -потока с  $\sim 50\%$ .

$\gamma$ -излъчването е електромагнитно лъчение с  $X < 10^{-10}$  m. Енергията му е от 10 keV до 5 MeV. То има голяма проникваща способност. Пробегът му във въздуха достига стотици метри.

#### 4 Антропогенни източници

Радиоактивното замърсяване на околната среда може да възникне в следните случаи: при опити с ядрено оръжие, при аварии в ядрени реактори, при добив на уранови руди, при неправилно съхранение и транспортиране на радиоактивни материали и при аварии в ядрени заводи. От тях съществено значение има радиоактивното замърсяване на биосферата, породено от аварии в реактори на АЕЦ. Нормалната експлоатация на АЕЦ е свързана с определена степен на замърсяване на околната среда с радиоактивни вещества. Замърсяването се поражда от изхвърляните в атмосферата газообразни радиоактивни отпадъци, радиоизотопи на благородни газове  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$ ,  $^3\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и аерозоли на някои радионуклиди на Cs, Ru, Co и др., представляващи продуктите на делене на ядреното гориво.

#### 5 Въздействие на радиоактивното замърсяване върху растенията, животните и човека

##### 5.1 Въздействие върху животните

Поразяващият ефект на радионуклидите върху животните е резултат от:

1. външно облъчване – поражда се от радиоактивни вещества във въздуха или отложени върху земната повърхност;
2. вътрешно облъчване – поражда се от постъпилите в организма радионуклиди.

При вътрешно облъчване повечето от попадналите в организма чрез дихателната система, кожата или стомашно-чревния тракт радионуклидите селективно се натрупват в определени органи, където създават продължителна йонизация. Например  $^{131}\text{I}$  се натрупва в щитовидната жлеза,  $^{90}\text{Sr}$  – в космите,  $^{137}\text{Cs}$  – в мускулната тъкан. Това нарушава функциите на отделните органи. При еднократно и многократно облъчване на възрастни животни с големи еквивалентни дози, се развива лъчева болест.

При  $= 1-2 \text{ Sv}$  – лъчева болест (лека степен);  $= 2-3 \text{ Sv}$  – лъчева болест (средна степен);  $= 3-4,5 \text{ Sv}$  – лъчева болест (тежка степен);  $> 4, 5 \text{ Sv}$  – лъчева болест (крайно тежка степен). Младите животни са по-лъчечувствителни, а птиците имат по-малка лъчечувствителност от бозайниците.

## 5.2 Въздействие върху човека

Въздействието на радионуклидите върху човека е аналогично както при животните, може да се прояви при директно външно облъчване или чрез вътрешно облъчване. Действието на йонизиращото лъчение върху човешкия организъм преминава през три етапа: физичен, химичен и биологичен.

През физичния етап лъчението йонизира и възбужда атомите и молекулите на биологичната тъкан. През него основна роля играе радиолизата (дисоциацията) на водата. Поражението частично се възстановява поради рекомбинацията на част от йоните. Продължителността на физичния етап е  $\approx 10^{-13}$  s.

През химичния етап се образуват редица нови съединения, които са чужди за здравата тъкан. През този етап настъпва разкъсване на молекулите, поражение на ДНК и изменение на аминокиселините и ензимите. Имунната система възстановява част от пораженията. Продължителността на химичния етап е  $\approx 10^{-3}$  s.

През биологичния етап част от клетките умират и имунната система ги елиминира. Пораженията на клетъчно и субклетъчно ниво води до редица морфологични и функционални изменения в отделни тъкани, органи, системи и в организма като цяло. Продължителността на биологичния етап може да бъде минути, часове, денонощия, седмици и дори години. Крайният резултат от протичащите през различните етапи процеси е получаването на радиационни ефекти (увреждания) в различните тъкани и органи. Радиационните ефекти зависят от вида и енергията на лъчението, погълнатата доза ( $D$ ) и еквивалентната доза ( $D_e$ ), от техните мощности, от лъчечувствителността на облъчените обекти и др. Радиационните ефекти се разделят на две основни групи – соматични и генетични. Соматични (телесни) радиационни ефекти са уврежданията в организма, които не се предават на поколенията му по наследствен път. В зависимост от времето на проявяване те се разделят на ранни и късни. Към соматичните ефекти се отнасят и радиационните ефекти на ембриона и плода. Ранните соматични ефекти се проявяват до няколко седмици след облъчването. Те включват промени в лъчечувствителните човешки органи: кръвотворни органи (червен костен мозък, слезка, тимус, лимфни възли), лигавица на стомашно-чревния тракт, гонади, дихателна система. Зависимостта на ефекта от еквивалентната доза е следната:

1. при  $< 0,25$  Sv – изменения не се наблюдават;
2. при  $= 0,25$  Sv – се наблюдават временни промени в кръвната картина. Тази стойност се приема за прагова доза;

3. при  $= 0,25-1,0$  Sv – се наблюдават незначителни обратими изменения;
4. при  $> 1,0$  Sv – се наблюдават симптоми на лъчева болест. Тя се разделя на четири степени;
5. при  $= 1,0-2,5$  Sv – лъчева болест, лека степен;
6. при  $= 2,5-4,0$  Sv – лъчева болест, средна степен;
7. при  $= 4,0-6,0$  Sv – лъчева болест, тежка степен;
8. при  $= 6,0-10,0$  Sv – лъчева болест, крайно тежка степен.

Късните соматични ефекти се проявяват след продължителен летален период (след години). Те включват различни форми на левкоза и рак, общи функционални изменения, потъмняване на очните лещи, увреждане на половата функция и др. Генетичният ефект е свързан с увреждането на гена, при което той преминава в нова устойчива форма, която се възпроизвежда в дъщерни клетки. Този процес се нарича мутация. Когато мутацията е станала в полова клетка, нейното евентуално участие в оплождането би довело до предаване на тази мутация на всички клетки на новия организъм.

В заключение трябва да се посочи, че чрез провеждането на съответни мероприятия може да се доведе до минимални загуби от поражение на растенията и животните, а от тук да се осигури защитата на човека при консумация на растителни и животински продукти.

## 6 Експериментална част

### 6.1 Обща характеристика на язовир “Йовковци”

Язовир “Йовковци” е част от националната хидроенергийна система на страната. Стратегически обект с голямо икономическо и стопанско значение. С обема си от 90 млн. m<sup>3</sup> вода, язовирът захранва 6 общини. Изграден е на най-десния приток на река Янтра. Около язовира има изградена санитарно-охраняема зона с постове за контрол чистотата на водата и екологичното състояние в района. Флората и фауната в района на язовир “Йовковци” е разнообразна. Преобладават всички растителни и животински видове, характерни за региона. Благоприятното разположение на язовира се отразява и на качеството на водата, която отговаря на всички санитарни изисквания. Контролът над язовир “Йовковци” се ръководи от НАСЕМ, а изпълнението се осъществява от висококвалифициран персонал работещ на язовира. Ежедневно се извършва качествен анализ на проби взети от различните контролни постове. На язовира е построена една от най-съвременните пречиствателни станции, която осигурява



## *Радиоecологичен мониторинг в района на язовир "Йовковци"*

непрекъснато подаване на питейна водана потребителите. В заключение трябва да отбележим, че язовир "Йовковци" е едно модерно съоръжение с висока степен на организация, което за в бъдеще ще продължава да се доразвива.

### 6.2 Кратко описание на сцинтилационния спектрометър СЦС-256/91

Експерименталната част е извършена със сцинтилационния гама спектрометър тип СЦС-256/91.

Сцинтилационният гама-спектрометър СЦС-256/91 е предназначен за регистриране на енергийни спектри на радиоактивни гама-източници.

Работни условия:

1. температура на въздуха: от 10 до 35°C;
2. работи при относителна влажност до 80% при  $t = 20^\circ\text{C}$ ;
3. захранване от мрежата 220 V  $\pm 15\%$ , 50 Hz  $\pm 1\%$ .

Пробите се поставят в стъклени бурканчета, найлонови торбички, кутии и други, така, че при транспортирането им и след това при използването им за изследване да не се разсипват или разпиляват.

Дънните отлагания се вземат със специален прибор. Вземите проби са с маса 10 g.

Материалът се надробява и изсушава при температура 105°C, а след това се изгаря в муфелна пещ при температура 400°C. Сухият остатък се претегля и в зависимост от количеството се прави тънкослоен или дебелослоен препарат, който подлежи на радиометриране.

Проби от растителни материали се вземат от различни участъци на територията, която подлежи на контрол. Стръковете се отрязват на височина 2–3 cm от повърхността на почвата. Масата на взетата проба трябва да е 1 kg. Изгаря се в пещ и се измерва получената проба.

Проба от риба и други животни подлежаща на радиометриране не трябва да е по-малка от 2 kg.

Преди обработка рибата се измива добре от слузта, и се надробява. От по-големите екземпляри могат да се вземат отделни органи. Изпепеляват се в муфелна пещ до получаване на сух остатък най-малко 20 g.

Събирането на водорасли и водни растения не изисква специални приспособления. Масата на пробата не трябва да бъде по-малко от 0,5 kg.

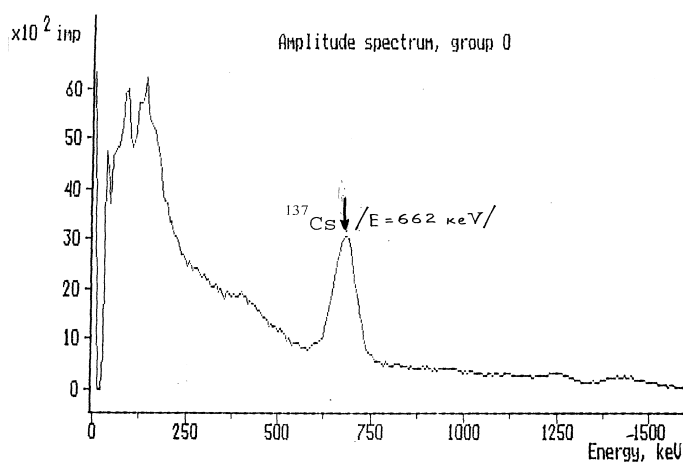
Проби от почви се събират от равни, необработени участъци с добра тревна покривка. Участъците, от които се вземат проби от почва трябва да са отдалечени на повече от 100 m от здания. Площа на всяка проба трябва да е  $10 \times 10$  cm и дебелина 7 cm. Растителните и животински организми се отстраняват от повърхностния слой на дълбочина 2 cm. На всяка проба се поставя етикет, в който се отбелязва: датата и мястото на вземане на пробата, масата на пробата и името и фамилията на човека взел пробата. Транспортната опаковка трябва да бъде здрава и да предпазва пробата от счупване, разсипване и замърсяване.

### 6.3 Експериментални резултати

Табл. 1: Резултати от измерванията на различни проби със СЦС 256/91 в региона на на язовир “Йовковци”

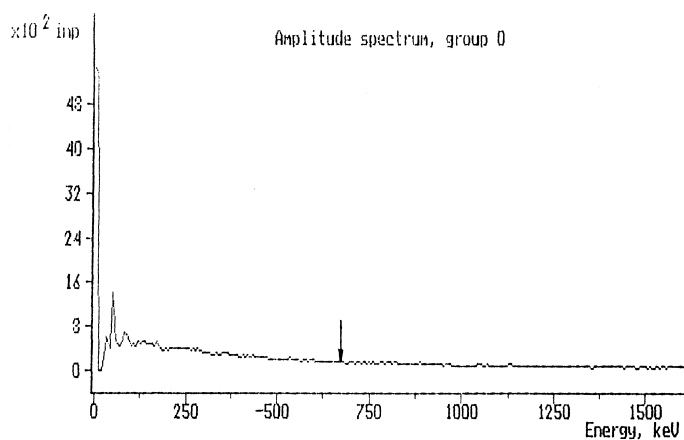
Наименование на пробата	Дата на вземане	Дата на овъгляване	Неопепелена маса, g	Опепелена маса, g	Време за измерване	Резултат
коприва*	05.06.1986	05.06.1986	120,14	35,65	12 h	положителен
листа	03.10.2015	06.10.2015	25,232	0,1	12 h	отрицателен
гъби	03.10.2015	06.10.2015	69,198	0,13	12 h	отрицателен
дървесина	03.10.2015	06.10.2015	38,988	0,19	12 h	отрицателен
папрат	03.10.2015	06.10.2015	31,955	0,18	12 h	отрицателен
водорасли	03.10.2015	06.10.2015	136,566	0,27	12 h	отрицателен
миди	03.10.2015	06.10.2015	101,288	101,1	12 h	отрицателен
почва	03.10.2015	06.10.2015	304,437	304,4	12 h	отрицателен
жаби	03.10.2015	06.10.2015	4,985	0,15	12 h	отрицателен
риба	03.10.2015	06.10.2015	58,134	0,24	12 h	отрицателен
тиня	03.10.2015	06.10.2015	343,584	249,38	12 h	отрицателен

\* измерено в региона на Велико Търново

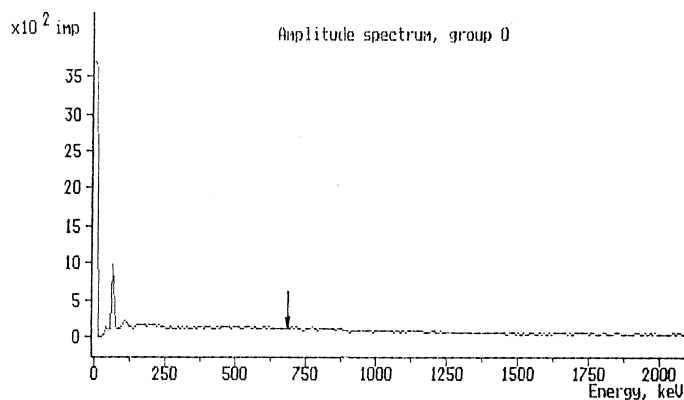


Фиг. 1: Гама-спектър от проба на коприва.

## Радиоecологичен мониторинг в района на язовир "Йовковци"



Фиг. 2: Гама-спектър на проба от гъби.



Фиг. 3: Гама-спектър на проба от дървесина.

### 7 Изводи

1. В пробата от коприва, взета след аварията в Чернобилската АЕЦ, има наличие на  $^{137}\text{Cs}$ . Този извод е експериментално доказателство, че използваната апаратура работи нормално и може да определя качествено  $^{137}\text{Cs}$ .
2. При проведените измервания на пробите, взети от района на язовир "Йовковци", не е открито съдържание на радиоактивни изотопи.
3. Отклоненията, наблюдавани в някои графики, са в рамките на допустимата грешка на спектрометъра СЦС-256/91.

*Николай Долчинков*

4. Качествен екологичен мониторинг на околната среда в района на язовир "Йовковци" се извършва от РИОС-В. Търново.

#### **Литература**

- [1] Йорданов Й., Г. Сирашки, Т. Личев, Екология, акад. „Ценов“, Свищов;
- [2] Неделков С., Теория на екологията, Варна, 1998;
- [3] Статев Ст., Радиационна физика, изд. ПИК, В. Търново, 1997;
- [4] Наредба за изграждане, експлоатация и развитие на Националната автоматизирана система за непрекъснат контрол на радиационния гамафон в Р България;