

## ДИСТАНЦИОННИ МЕТОДИ В АГРОЕКОЛОГИЯТА

Доц. д-р **Ботьо Захаринов**

НБУ, София

Ст. н. с. I ст. д-р **Веселина Илиева**

Институт по почвознание „Никола Пушкиarov“

Хармонизирането на отношенията между човешкото общество и природата става необходимост не само днес, но и за в бъдеще. То предполага съгласуване на човешките цели с природните закономерности. За тази цел се налага всеотстранно наблюдение на процесите, протичащи в природата и контрол върху поведението на хората за ненарушаване на природните закономерности, т.е. за екологосъобразна дейност. С течение на времето околната среда се променя под натиска както на естествени, така и на антропогенни процеси или на взаимодействието помежду им. Тези изменения са източник за тревога на човечеството и поставят множество въпроси, които очакват своя отговор: Какви точно са измененията в околната среда? Каква част от тях се дължат на човека и каква на естествените процеси? Кои от тях представляват риск за човека и околната среда? Могат ли да бъдат предвидени бъдещи изменения на околната среда? Възможно ли е да бъдат контролирани, овладени и управлявани измененията в природосъобразна насока и т. н.

В управлението на процесите за опазване на околната среда значима роля играе мониторинговата дейност. Тя създава информационна база данни за вземане на управленчески решения.

Екологичният мониторинг се разглежда от повечето специалисти като система за наблюдение, анализ, оценка и прогнозиране на измененията в компонентите на околната среда. В реалния живот към тази най-обща формулировка се прилагат и различни специфични моменти. По-главните от тях се отнасят до диагностическата взаимовръзка между системност и функционалност.

Екологичният мониторинг в своята същност включва два основни метода: традиционен (директен) мониторинг и дистанционен мониторинг.

Традиционният мониторинг използва ръчни автоматични пунктове за пробовземане и мобилни станции. Схемата на традиционния мониторинг включва: пробовземане, консервиране на пробите, съхраняване на пробите, подготовка на пробите за анализ, изследвания (биологични, химични, физични, електрохимични, спектрометрични, хроматографски и др.), документиране на резултатите. Пробовземането се извършва планирано от специалист по съответния компонент на околната среда при спазване на съответната

методика. Грешките в резултат от неправилното пробовземане не могат да се компенсират след това.

Традиционната екомониторингова дейност се изгражда на базата на три основни информационни източника: данни от автоматизирани пунктове и ръчно пробонабиране; данни от лабораторни анализи и автоматизирани станции и данни от статистически и други институции, имащи отношение към изследването на околната среда.

Необходимостта от използването на дистанционни методи в интерес на екологичния мониторинг, успоредно с развитието на импактния и фоновия физико-химичен и биологичен мониторинг, се диктува от следните по-важни обстоятелства:

- Осигуряване на комплексност, максимална оперативност, достоверност, пълнота и пространствена характеристика на информацията.

- Контролиране и документиране на трансграничния пренос на замърсяването и антропогенното влияние върху състоянието на околната среда.

- Извършване на бърза и обективна оценка на резултатите от антропогенното въздействие върху околната среда.

Дистанционните методи допълват традиционните, като покриват по-големи пространства и осигуряват по-голяма честота на наблюденията при относително по-ниска цена. От своя страна, системата за наземни измервания осигурява възможност за калибровка на данните и изображенията от дистанционните методи. Техните предимства се изразяват в: глобалния избор, достъпа до трудно или въобще недостъпни територии, процеси и събития; независимост от локалното време на денонощието; независимост от климатичните условия и озона; възможност за продължителни изследвания и получаване на големи масиви от многоканални данни и изображения и др.

Под дистанционен екологичен мониторинг се разбира измерване и/или наблюдаване на енергийните характеристики на собственото и



отразеното лъчение на различните природни образувания на сушата, океана и атмосферата в различни диапазони на електромагнитния спектър – ултравиолетов, видим, инфрачервен и микровълнов. При дистанционните изследвания се получава информация без пряк контакт с обекта. Физическата основа на този мониторинг са явленията, свързани с излъчване, отражение, поглъщане, разсейване и предаване на енергия. Най-често първичен източник на излъчване е Слънцето. При преминаване през атмосферата слънчевото излъчване променя своята интензивност и спектрално разпределение. При достигане до изследвания обект, територия или физическа среда част от слънчевото излъчване се отразява, друга – поглъща, а трета – преминава. Част от отразената от изследвания обект енергия, след преминаването през атмосферата и изпитвайки нейното влияние, достига заедно със собственото топлинно излъчване на обекта и атмосферата до измервателния апарат (сензор), намиращ се на борда на изкуствен спътник, на пилотиран орбитална станция, на самолет-лаборатория, балон и т.н. Дистанцията между сензора и обекта се измерва от метри до стотици километри. За целта се използват различни летателни апарати – балони, дирижабли, самолети, вертолет и космически летателни апарати (изкуствени спътници) пилотирани космически кораби и орбитални научноизследователски станции [1, с. 46].

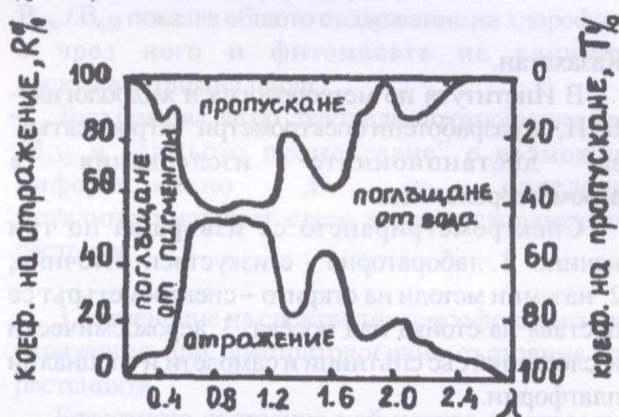
Особено важна е ролята на дистанционния екологичен мониторинг в агроекологията и земеделието.

Болести по растенията, пренаторяване на почвата, наличие на пределно допустими количества тежки метали в нея, вредители, в една или друга степен подтискат развитието на посевите. Растенията, които се развиват в такива условия, са в стресово състояние. Стресовите по растенията могат силно да намалят добива или да го направят негоден за употреба (наличие в тях на нитрати, тежки метали и т.н.). Ранното откриване (диагностика) на стресовото състояние на растенията дава възможност навреме да се приложат съответните агромероприятия или продукцията да се насочи към подходящ потребител.

Възможностите по оптичните характеристики да се оценява експресно състоянието на растенията са видени отдавна от американски изследователи (Р. Н. Колуел, 1956) и руски учени (И. Г. Тихов, 1955). По-късно тези методи се развиват от НАСА, САЩ, за нуждите на военното разузнаване – по мултиспектралните отражателни характеристики от спътниците да се оценяват посевите в бившия Съветски съюз – идентификация, стресове, напояване и накрая – реколтата (1975–1978, проект

LACIE). По данни от по-късни разсекретени отчети различията на данните за реколтата от спътниково спектрално изследване и резултатите от прибирането на реколтата от бившия СССР се оценяват на не повече от 7–8%. От резултатите по това време се цитират големите разлики в коефициентите на отражение за нормален и стресиран посев.

При изследване на спектралното отражение на посевите основна база са теориите и моделите за оптичните характеристики на растенията. Листата показват ниска отражателна способност във видимата област на спектъра и високо поглъщане, обусловено от пигментите на листата (фиг. 1).



Фиг. 1. Спектри на отражение, поглъщане и пропускане на листата на растенията.

За земеделието в САЩ официално наземни и аерокосмически изследвания са започнати от около 30 години с изучаването на отражателните характеристики на растения в определени части на електромагнитния спектър. От оптичните характеристики на растенията най-често се измерват отражението и поглъщането. Отражението на слънчевата радиация от растителната покривка във видимия и инфрачервен диапазон се измерва с многоканални спектрометри. През 1979 г. се създава фирмата Li-Cog по линия на фондацията Рокфелер. Освен различни апарати и системи за измерване на слънчевата радиация, на количеството светлина, оползотворявано от растенията, на сензори за определяне на листната площ и други се създават и специални спектрометри – варианти за аерокосмически и наземни спектрални изследвания в лабораторни и полски условия. Особен напредък в това отношение е отбелязан в страни като САЩ, Канада, Франция (табл. 1).

В България са конструирани няколко вида спектрометри от Института по космически изследвания към БАН – системите ИСОХ, които съдържат спектрометър, памет, преносим терминал и източник за захранване. Освен у нас системите са използвани за изследвания в Русия, Украйна и



Прибор	Страна	Спектрални диапазони, nm	Спектрална стъпка, nm	Брой канали
Лабораторен спектрометър	САЩ	460 - 2410	1 - 3	934
Barringer Ref. Spec.	Канада	450 - 2450	3	700
HRS	Франция	468 1064	5 - 9	1024
Спътников спектрора- диометър	САЩ	400 - 1100	1.4	500

Таблица 1. Някои характеристики на спектрометри, използвани в западни институти и лаборатории.

Казахстан.

В Института по метеорология и хидрология – БАН, са разработени спектрометри “Агроспектър” за дистанционните изследвания в агрометеорологията.

Спектрометрирането се извършва по три начина: 1. лабораторно - с изкуствен източник; 2. наземни методи на открито – спектрометърът се поставя на стойка над посева; 3. аерокосмически изследвания със спътници и самолети и специални платформи.

По линия на двустранното сътрудничество между Институт по почвознание “Никола Пушкарров” и Агрофизическия институт в Санкт Петербург е разработена и конструирана Автоматизирана лазерна система (модификация на сферата на Улбрихт със светлинен източник хелий-неонов лазер, 2.5 mW) [6].

Със системата се измерват коефициенти на отражение, поглъщане и пропускане *in vivo* – на растения, и *in vitro* на откъснати листа. Сравнението на данните на спектрометъра ИСОХ и Автоматизираната лазерна система за отражението при една и съща дължина на вълната показва, че точността при Автоматизираната лазерна система е значително по-висока.

Разработените системи и получените спектрални данни в лабораторни и полски условия отдавна са привлекли вниманието на учени върху възможността за диференциална диагностика на стресовите състояния на растенията по отражателните характеристики на посеви [4]. В последните години изследванията се водят в няколко насоки от учени от различни страни [3; 5, p. 361-363]:

1. Диагностика за минералното торене, тъй като такава информация е важна при текущите грижи за посевите, и прогноза за очакваните добиви [7, p. 53-63].
2. Замърсяване с тежки метали.
3. Болести по селскостопански растения.

4. Засоляване на почвата.

5. Вредители.

1. Обезпечеността на растенията с основни елементи на минералното хранене оказва влияние върху синтеза на пигменти, ферменти и други вещества в листата, а по този начин и върху структурата на фотосинтетичния апарат. Последният, от своя страна, определя спецификата на поглъщането и отражението на светлината в различни области на спектъра. В тази област се водят широки изследвания. Още Томас и Оетер (1972), при едновременно измерване на съдържанието на хлорофила, азота и коефициента на отражение на листата на пипер получават количествена оценка за азота по оптически измервания във вид на регресионни уравнения при две дължини на вълните – 550 и 675 nm.

В Института по генетика и физиология на растенията, съвместно с Центъра за аерокосмически изследвания на Земята – Киев, Украйна, в резултат на многобройни лабораторни, вегетационни и аерокосмически изследвания на коефициентите на яркост и химически определени количества нитрати, е намерена типова зависимост между коефициентите на спектрална яркост  $B_{550}$  на растенията, при

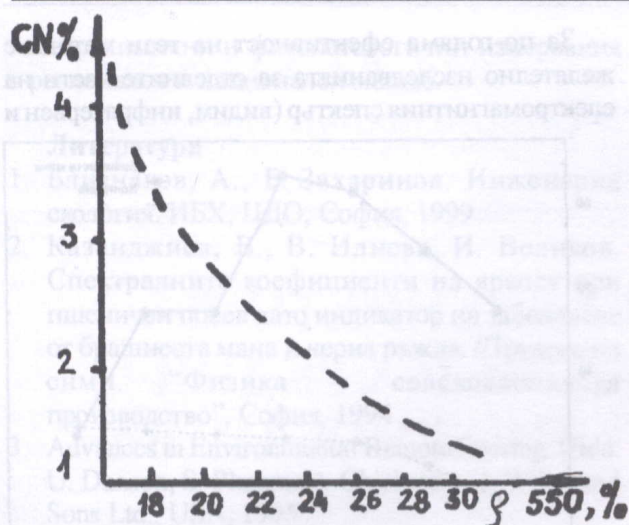
$$\lambda = 550 \text{ nm} / B_{550} = \frac{\text{коэф. отр. обект}_{550 \text{ nm}}}{\text{коэф. отр. еталон}_{550 \text{ nm}}} \quad (\text{фиг.2 и 3})$$

и съдържание на С, N и нитратни йони  $\text{CNO}_3$ .

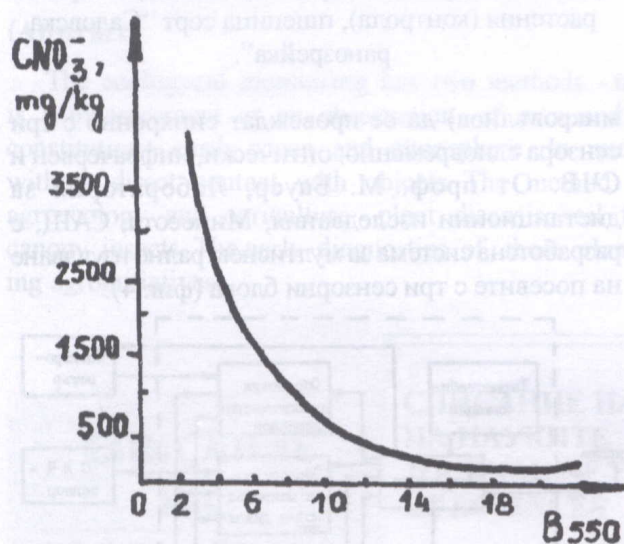
На фиг.2 е показана зависимостта между съдържанието на азот в листата на зимната пшеница през втората половина на вегетацията и коефициента на отражение  $\rho_{550}$ .

Тези резултати за зърнените култури показват, че оптичните характеристики могат да се използват еднозначно за неструктурни оценки на азота, нитратите и хлорофила в растенията. Различни





Фиг.2. Връзка между съдържанието на азота, CN% в листата на зимната пшеница и коефициента на отражение  $\rho_{550}$ .



Фиг.3. Типова зависимост между коефициента на спектрална яркост  $B_{550}$  (при  $\lambda = 550 \text{ nm}$ ) и съдържанието на нитратни йони  $\text{CNO}_3^-$ .

учени продължават проучванията и за други земеделски култури.

2. Спектрална оценка на металиндуциран стрес в селскостопанските растения.

От много учени е установено, че редица тежки метали изменят оптичните характеристики на листата на растенията. По такъв начин, изследвайки спектрите на отражение и принудената флуоресценция от листата на селскостопанските растения, може да се открие металиндуциран стрес. Успехи в тази насока са постигнати в САЩ, Канада, Украйна. В един широкомащабен опит в Испания е установена специфична промяна на цвета на листата на дърветата (съответно спектрите на отражение) под влияние на повишеното съдържание в почвата на

цинк и олово.

В САЩ, Колинз и сътрудници (1983) са провели лабораторни опити със специален 500-канален спектрометър "Марс-1" в областта 450–1000 nm. Те са показали, че металиндуцираният стрес води към преместването на червения край на спектъра към по-късите вълни с 10-20 nm. Това отместване е било наречено "синьо преместване".

Във вегетационен опит с ечемик и ливадни треви (опит с тежки метали на различни нива) в Института по генетика и физиология на растенията, Киев, е намерена зависимост между сумата на тежките метали и отношенията на спектралните яркости при  $\lambda_1 = 550 \text{ nm}$  и  $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$  ( $B_{550}/B_{650}$ ) за ечемика. Спектралното отношение  $B_{550}/B_{650}$  показва общото съдържание на хлорофил, а чрез него и фитомасата на единица спектрометрирана площ.

Това показва, че по спектралното отношение  $B_{550}/B_{650}$  и "синьото преместване" е възможно диференциално да се определи металиндуцираният стрес в селскостопанските растения.

3. Изменение на спектралните коефициенти на отражение при фитопатологично състояние на растенията.

Болестното състояние най-напред се отразява върху листата на растенията. Още преди появата на външни признаци в поразените листа се разрушава мезофилът и в него се настъпват болестотворни вируси.

Стивън и колектив, САЩ, (1983) откриват, че тези нарушения на структурата най-лесно се откриват по намаляването на отражението в близката инфрачервена област. Обаче спектралният отговор на фитопатологично състояние на растенията, според авторите зависи и от общото съдържание и набора на пигментните фондове, тяхната фотохимическа активност и от обводнеността, така че измененията на отражението може да се наблюдават и във видимия диапазон.

Специалните изследвания на Слепцова, Т. Г., Русия (1986) са показали, че най-чувствително към тютюневата мозайка е отношението на коефициентите на отражение -  $\rho_{800}/\rho_{670}$ , като знакът му зависи от отношението на хлорофила в здравите и болните листа.

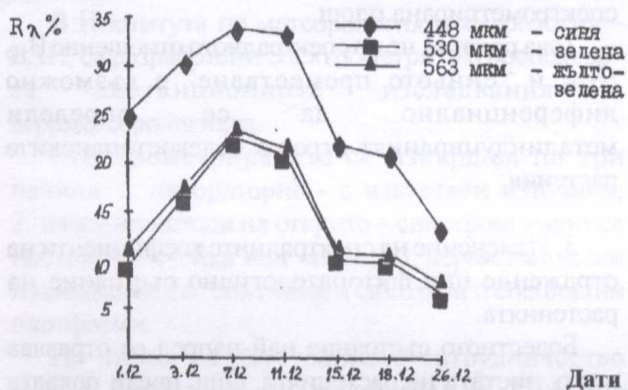
Аналогично, при кафявата ръжда на зелените листа на треви, максимално изменение на отражението се наблюдава в червената област на видимия спектър. В близката инфрачервена област отражението се намалява не повече от 10%.

Тези резултати показват, че във видимата червена област при зелените листа, слабо поразени от кафява ръжда (по-малко от 30%), измененията

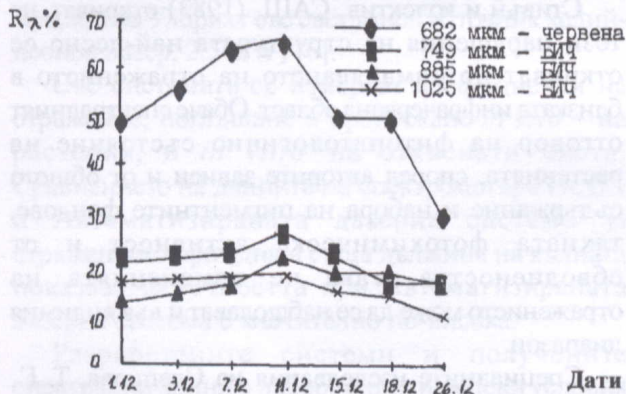


на отражението са по-големи, отколкото в периода на пожълтяването на листата. Данните карат изследователите да смятат, че е възможна ранна диагностика на това заболяване по измервания във видимия диапазон и да продължат работа в това направление, като търсят други спектрални отговори и на фитопатологично състояние на растенията при по-фина структура на спектрите.

Подобни измервания са проведени и при пшеница, заразена с брашнеста мана. На фиг. 4 и 5 са показани измервания със спектрометър "Агроспектър-10". Фиг. 4 показва особено отчетливо данните за синята област (448 nm), а фиг. 5 – червената област (682 nm) и БИЧ (749 nm). Данни за същия сорт "Садовска ранозрейка" са дадени на фиг.6 (632 nm), измерени с автоматизирана лазерна система [2].



Фиг. 4. Динамика на СКО за пшеница, заразена с брашнеста мана в синята, зелената и жълтозелената спектрални области.

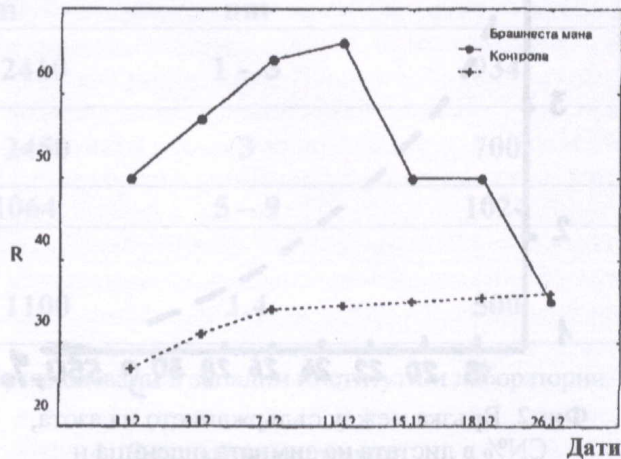


Фиг. 5. Динамика на СКО за пшеница, заразена с брашнеста мана в червената и близката инфрачервена спектрални области.

Друга група изследователи работят и по спектрометриране на посеви, отглеждани на засолен почви, на растителни масиви, нападнати от вредители и пр.

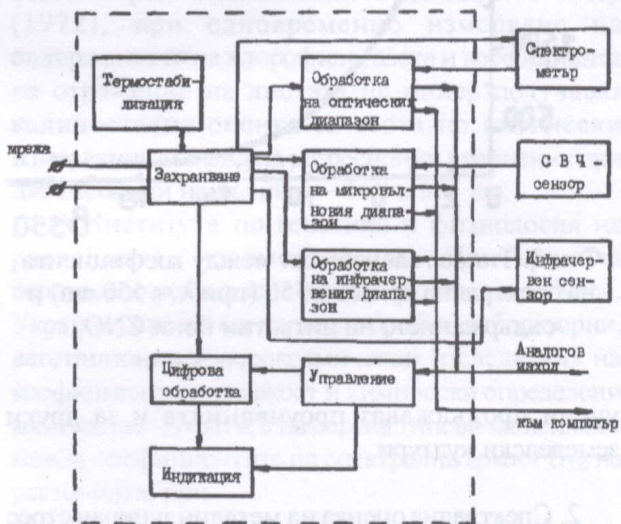
По-горе цитираните изследвания показват, че спектралните методи за диференциална диагностика на стресове най-добре са разработени за зърнени култури в по-ранна фаза на развитие – преди зреене, т.е. преди листата да са пожълтели.

За по-голяма ефективност на тези методи е желателно изследванията за отделните части на електромагнитния спектър (видим, инфрачервен и



Фиг. 6. Коефициент на отражение R% на болни растения (заразени с брашнеста мана) и здрави растения (контрола), пшеница сорт "Садовска ранозрейка".

микровълнов) да се провеждат синхронно с три сензора едновременно: оптически, инфрачервен и СЧВ. От проф. М. Бауер, Лаборатория за дистанционни изследвания, Минесота, САЩ, е разработена система за мултиспектрално изучаване на посевите с три сензорни блока (фиг. 4).



Фиг. 7. Блок-схема на апаратура за дистанционно изследване на растителност във видимия, инфрачервен и микровълнов диапазон.

Дистанционните изследвания в агроекологията досега очертават две насоки за ползване на получените данни:

1. Теоретично разкриване на механизма и моделиране на зависимостите при мултиспектрално изучаване на посеви.
2. Подаване на експрес-информация за стресовото състояние на растенията за фермерите и агроеколозите, която да бъде последвана от специал-



ни агрохимични и фитопатологични измервания в регионален и национален мащаб.

### Литература

1. Близнаков, А., Б. Захаринов. Инженерна екология. ИБХ, ЦДО, София, 1999
2. Казанджиев, В., В. Илиева, И. Великов. Спектралните коефициенти на яркост при пшеничен посев като индикатор на заболяване от брашнеста мана и черна ръжда. //Грудове на симп. "Физика – селскостопанско производство", София, 1994
3. Advances in Environmental Remote Sensing. (Edd. U. Danson, S. Plummer). Chichster – J. Wiley and Sons Ltd., USA, 1995
4. Ilieva, V. The estimation of spring barley indices on spectral reflectance coefficient. //Pr. of XXV-th Annual Meeting of ESNA, 15-19 Sept, Piazzenza, Italy, 1995
5. Ilieva, V. Measuring of Plant Spectral Characteristics for Agricultural Purposes. Pr. //1-st General Conf. Of the Balkan Physical Union, Sept. 26-28, Greece, 1999
6. Ilieva, V., I. Lisker. Automated Laser System for Optical Characteristics Measurements of Plant Leaves. //XXVI Annual Meeting of ESNA, Rumania.
7. Rudolf, B. I. 1995. Spectral response of wheat and its relationship to agronomic variables in the tropical region. //Rem. Sensing Environ., 1998, v.3.

Botjo Zaharinov, Vesselina Ilieva

## REMOTE SENSING IN AGROECOLOGY

### (Abstract)

The ecological monitoring has two methods - traditional method and remote sensing. Remote sensing is a measurement or an observation of own and reflect energetic characteristics of different nature constitution – earth, ocean and atmosphere. In remote sensing investigation we receive an information without direct contact with objects. The method of ecological remote sensing is very important in agroecology and agriculture - plant disease; soil fertilisation; heavy metals in agricultural fields; crop canopy insects. The early diagnostics of these plant stresses give a possibility to apply the corresponding agroinitiatives.



## СПИСАНИЕ НА БЪЛГАРСКАТА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ JOURNAL OF THE BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

ISSN 0007-3989

Годишно 4 книжки по 10 печатни коли,

Формат 60/84/8.

Научно списание на Българската академия на науките

Основано през 1869 г.

Списанието отразява научния живот на Академията като помества обзорни статии по актуални научни проблеми, оригинални научни и научно-приложни разработки, рецензии на книги, дискусии, информации и др. Основните рубрики на списанието са: „Научен дял“, „Научен живот“, „Науките на БАН“, „Портрети на учени“, „Годишнини и юбилеи“, „Интервюта“, „В Общото събрание на БАН“, „Национални и международни научни прояви“, „Из живота на Академията“, „Хроника“, „Критики и рецензии“, „Трибуна на чуждестранния учен“.

Публикациите са на български език, придружени с резюме на английски език.

Списанието се разпространява в България и чужбина.

То е предназначено за специалисти от различни области, преподаватели във висши учебни заведения, дипломати и др.

### Адрес на редакцията:

1113 София, Академично издателство „Марин Дринов“,

ул. „Акад. Георги Бончев“, бл. 6, ет. II, стая 211, тел. 73-74-27, 713-30-09.

Абонамент може да бъде направен във всички пощенски клонове в София и в страната (каталожен номер 1696, цена на годишен абонамент за 2004 г. – 24.00 лв.).