



## ЕКСТРУДИРАНЕТО НА ЗЪРНЕНИ СУРОВИНИ – СЪВРЕМЕННА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ЗЪРНЕНИ ХРАНИ

Иван Димов

**Резюме:** Направен е преглед на литературата относно екструдирането на зърнени суровини като съвременен технологичен процес за производство на зърнени храни. Описани са същността на метода, факторите за неговата популярност, приложението му в различни отрасли на хранителната промишленост, видовете екструдирани продукти и принципната технология за екстудиране. Екструзията е ефективна технология за обработка, която позволява производството на голямо разнообразие от храни и фуражи, на основата на зърнени култури.

**Ключови думи:** екстудиране, зърнени суровини, технология, отрасли на хранителната промишленост, видове екстудирани продукти

### 1. Увод

Екструдирането е съвременен, високо-ефективен, с доказани технически и икономически предимства метод на високотемпературна и кратковременна обработка, най-често на високо-въглехидратни зърнени суровини – пшеница, царевича, ориз, овес (Пенов и съавт., 2012).

## THE CEREAL COMMODITIES EXTRUSION – AS A MODERN TECHNOLOGY OF CEREAL'S PRODUCTION

Ivan Dimov

**Abstract:** The article contains a literature review of on the extrusion of cereal commodities as a modern technological process of cereals production. The author has described the essence of the method, the factors of its popularity, the application in various sectors of food industry, the types of extruded products and principled technology of extrusion. Extrusion is an effective processing technology that allows manufacturing of a wide variety of food and feed, based on cereals.

**Key words:** extrusion, cereal commodities, technology, food industry branches, types of extruded products

### 1. Introduction

Extrusion is a modern, highly efficient method, with proved technical and economic advantages. It is a high-temperature and short-time treatment of high carbohydrate cereal commodities – wheat, corn, rice, and oats, mostly (Пенов и съавт., 2012).

The term “extrusion” (literally translated) means “to extrude” or

„Екструдирам“ буквално преведено означава „избутвам“ или под екструзия най-общо се разбира изтичане на продукт през отвор с малки размери, наричан дюза или матрица, под действието на приложено налягане. Това е сложен технологичен процес, при който продуктите са подложени на комплексното въздействие на влага, температура, налягане и сили на срязване. При тази обработка материалът се третира водотермично и механично, като се хомогенизира, пластифицира, желатинизира, изменя обема и структурата си при изтичане от дюзата на матрицата, подсушава се в резултат на пада в налягането и температурата и придобива определена форма (Велчев и Велчев, 1988; Guy, 2001; Harper, 1978; Riaz, 2000).

## 2. Изложение

Екструдирането добива популярност през последните десетилетия по няколко причини:

- гъвкавост: широка гама от продукти, много от които не могат да бъдат произведени лесно чрез друг процес;
- цена: по-ниски разходи за преработка и по-висока производителност в сравнение с други процеси;
- производителност: непрекъснато производство с висока производителност;
- качество на продукта: високи температури на обработка, които се прилагат за кратък период от време, като се запазват чувствителните на топлина компоненти;
- запазване на околната среда: малко отпадни води, намалени разходи за обработка на вода и нива на замърсяване на околната среда (Пенов и съавт., 2012).

Първоначално, в хранителната

“under extrusion”. Generally we can understand leakage of product through a hole of small dimensions, also called “nozzle” or “matrix”, under the action of applied pressure. This is a complicated technological process in which the products are subjected to the combined effects of moisture, temperature, pressure and shearing forces. In this treatment, the material is treated water-thermal and mechanically, and it has become homogenized, plasticized, gelatinized. The size and the structure have been modified at the expiration of the nozzle of the matrix, dried and as the result of drop in the pressure and the temperature it acquires a certain shape (Велчев и Велчев, 1988; Guy, 2001; Harper, 1978; Riaz, 2000).

## 2. Exposition

The extrusion became popular in recent decades for several reasons:

- flexibility: wide range of products, many of which can not be produced easily by another process;
- price: lower processing costs of processing and higher productivity than other processes;
- productivity: continuous production with high productivity;
- product quality: high processing temperatures, applied for a short period of time, by preserving of heat sensitive components;;
- preserving the environment: less waste water, reduced costs for water treatment and levels of pollution (Пенов и съавт., 2012).

Initially the extrusion in food industry has been used only for production of pasta, vegetable oils

промишленост, екструзията се използва само за производство на макаронени изделия, растителни масла и на хлебни изделия (Павловская, 1992; Карабуля, 1989).

Понастоящем, екструдирането намира широко приложение в месната, рибната, сладкарската, хлебната и други отрасли на хранителната промишленост, с цел получаване на различни хранителни продукти (Остриков и съавт., 2004), вариращи от снэксове до аналози на месото.

Според разнообразието на суровините, формите и начините за прилагане, екструдираните изделия най-общо биват: хрупкащи хлебчета (крекери) и бисквити, зърнени закуски, текстурирани белтъци и месо-заместители, диетични хранителни продукти, сладкарски изделия и фуражни продукти (Жушман и Лукин, 1992; Масларска, 1992).

Най-популярните екструдирани продукти включват:

- готови за консумация зърнени храни, снэк, флейкс и различни храни за закуска, произведени от зърнени култури, различни по форма, цвят и вкус и лесни за манипулиране по време на производство;
- пелети;
- храни за бебета, предварително сварени брашна, инстантни концентрати, функционални компоненти;
- храни за домашни любимци и риби, фуражи;
- текстурирани растителни протеини (главно от соя, макар и не винаги), които се използват в производството на аналози на месото;
- сухари, галети, емулсии и макаронени изделия;
- продукти за фармацевтичната, химическата, хартиената и пивоварната индустрия;
- сладкарски изделия: различни видове

and bakery products (Павловская, 1992; Карабуля, 1989).

Currently, the extrusion is widely used in other food sectors: the processing of meat, fish, bread, confectionery, in order to obtain various food products (Остриков и съавт., 2004), ranging from snacks to meat analogues.

According to the variety of commodities, forms and methods of application, extruded products generally are: crisp bread (crackers) and biscuits, breakfast cereals, textured proteins and meat substitutes, dietary food products, confectionery and feed products (Жушман и Лукин, 1992; Масларска, 1992).

The most popular extruded products include:

- prepared for consumption cereals, snacks, flakes and other foods for breakfast, prepared of cereals that are different in shape, color and taste and easy for handling during production;
- pellets;
- food for infants, pre-cooked flour, instant concentrates, functional components;
- feed for pet animals and fish, feed;
- textured vegetable protein (primarily from soy, although not always) used in the production of analogues of meat;
- crispbread, bread crumbs, emulsions and pasta;
- products for the pharmaceutical, the chemical, the paper and the brewing industries;
- confectionery products: various kinds of sweets, chewing gums (Guy, 2001; Harper, 1986; Riaz,

бонбони, дъвки (Gu, 2001; Harper, 1986; Riaz, 2000).

В зависимост от начина за получаване на екструдираните продукти те се предлагат в готов за консумация вид (смлени, дражирани, изпечени или изпържени) или като полуфабрикати, които трябва допълнително да се обработят (Пенов и съавт., 2012).

Бързото развитие на екструзията, позволява да се създадат нови хранителни продукти за детско и диетично хранене, за удовлетворяване нуждите на различни групи от населението, в това число на специален контингент (летци, геолози, подводничари и др.), да се получат продукти, имащи лечебни, профилактични и стимулиращи свойства (Гамаюнов и Гамаюнов, 1996; Карабуля, 1989; Краус и съавт., 1988).

Най-разпространената област, в която се прилага екструзионната технология днес, е при преработката на селскостопански продукти като зърно, булгур, брашно, нишесте и техните смеси (Остриков и съавт., 2004).

Например, фирма „General Foods“ (САЩ), предлага хрупкавият продукт с плодови ароматизатори, в състава на който влизат пшеница, царевича, овес и аспартам. Продуктът се произвежда във формата на звездички в ярко розов и светло син цвят; обогатен е с 8 витамина, цинк и желязо. Същата фирма предлага за децата зърнен продукт без захар (Павловская, 1992).

В САЩ е разработен метод за получаване на закуски с високо съдържание на целулоза. Надробените обвивки и зародиш на царевичното зърно се смесват с растително масло, добавят се подсладящи вещества (мед, меласа и др.), сухо мляко, емулгатор и ядки, след което масата се екструдира и се

2000).

Depending on the way of obtaining extruded products they are available in ready-to-eat type (minced, coated, baked or fried) or convenience foods that need to be further processed (Пенов и съавт., 2012).

The rapid development of extrusion allows to create new food products for children and dietary nutrition and to meet the needs of different population groups, including a special contingent (pilots, geologists, divers, etc.) It allows obtaining products which have health prevention and stimulating properties (Гамаюнов и Гамаюнов, 1996; Карабуля, 1989; Краус и съавт., 1988).

The most widespread area in which is applied extrusion technology today is the processing of agricultural products such as grain, grits, flour, starch and their mixtures (Остриков и съавт., 2004).

For example, the company "General Foods" (USA), offers the nibble product with fruit flavors, the composition of which includes wheat, corn, oats and aspartame. The product is produced in the form of stars in bright pink and light blue. It is enriched with 8 vitamins, zinc and iron. The same company offers a children grain product without sugar (Павловская, 1992).

The scientists in the USA have developed a method of preparing snacks with a high content of cellulose. The crushed wrap and germ of corn grain are mixed with vegetable oil plus sweetening agents (honey, molasses, etc.), milk powder, emulsifier and nuts. Then

получава изделие с желана форма (Дунаев, 1992; Bailey et al., 1991).

В Япония е разработена технология за получаване на закуски от ориз. В рецептурата влиза обезмаслена оризова люспа и надробен ориз (Голтвяница, 1986; Кашкавалджиев, 1987; Медведев и Василева, 1994).

Между големия асортимент на екструдирани изделия, значително място заема групата на диетичните продукти. Например, в Германия е патентован метод за приготвяне на различни видове хлебни изделия със съдържание на около 30 % баластни вещества към общото количество брашно. Получените изделия са пухкави и се отличават със значителен обем и добра дъвкаемост на средината (Жушман и Лукин, 1992).

Екструдирането на суровините съдържащи нишесте, открива големи възможности за създаването на нови ценни хранителни продукти. Перспективно решение за постигането на тази цел се явява екструзионната преработка на отпадъците от хранителните производства, например, хлебния брак. Използването на нетрадиционни видове суровини в качеството на ценни добавки в частност различните зеленчукови прахообразни полуфабрикати на белтъчни подобрители, позволява да се разшири асортимента на екстудирани хранителни продукти, да се повиши тяхната биологична и хранителна стойност.

Екструзионните продукти имат високи потребителски свойства, добра усвояемост, ниска атакуемост от микроорганизми, повишена устойчивост на окисляване и дълъг срок на съхранение (Гловинковска и съавт., 1987; Seibel et al., 1979).

Преработката на високо-

the mass is extruded to obtain product having the desired shape (Дунаев, 1992; Bailey et al., 1991).

Japan scientists have been developed a technology for preparing a snacks from rice. In preparation there is defatted rice husk and crushed rice (Голтвяница, 1986; Кашкавалджиев, 1987; Медведев и Василева, 1994).

Among the large assortment of extruded products the group of dietary products occupies a significant place. For example, in Germany they patented a method for preparation of various types of bakery products containing about 30% ballast substances to the total amount of flour. The obtained products are fluffy and they are characterized by significant volume and good crumb chewability (Жушман и Лукин, 1992).

Extruding of the raw materials containing starch opens great opportunities for creating new valuable foodstuffs. Promising solution for achieving this goal is the extrusion processing of waste from food industries, for example, scrapped bread. The use of untraditional raw materials as valuable supplements in particular, various vegetable powder meal of protein enhancers allows to expand the assortment of extruded food products to increase their biological and nutritional value.

The extrusion products have high consumer properties, good digestibility, and low attack rate of microorganisms. They have increased oxidation stability and long shelf life (Гловинковска и съавт., 1987; Seibel et al., 1979).

въглехидратните изходни суровини се извършва в специални машини, наречени екструдери, в които чрез размекване и пластифициране те приемат определена форма, преминавайки през екструзионна глава (матрица). Сечението ѝ съответства на конфигурацията на изделието. В следствие на това, преработеният материал преминава през различни състояния – от хрупкаво „стъклообразно“ до силно еластично или течено състояние (Остриков и съавт., 2004).

Съществуват различни видове екструдери, които дават възможност за лесно преработване на материалите и производство на различни видове хранителни продукти. Обикновено се използват шнекови екструдери. Голямото разнообразие във формата и дължината на шнековете и цилиндрите на екструдерите, дават възможност за богат избор, който производителят може да направи в зависимост от суровините и изискванията към готовите изделия (Guy, 2001; Riaz, 2000; Zeidler et al., 1980).

Шнековите екструдерите биват едношнекови и двушнекови. Принципна схема на едношнеков екструдер, е посочена на фиг. 1 ([www.engineering-review.bg](http://www.engineering-review.bg)).

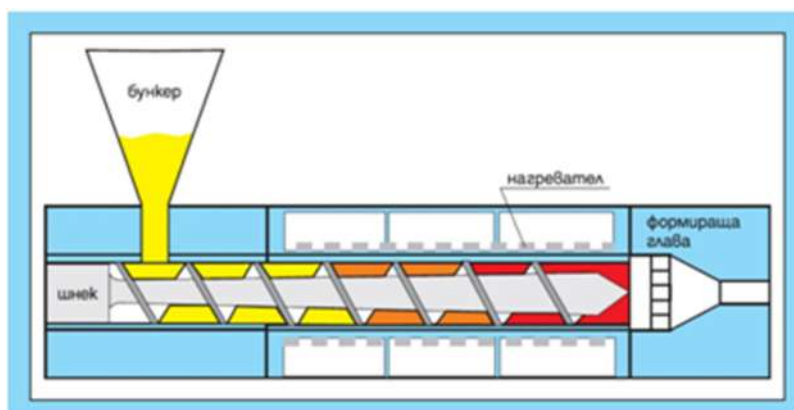
Конструкцията на екструдерите обикновено включва корпус, най-често под формата на цилиндър със специална обработка на повърхността, оборудван с нагревателни елементи. В корпуса се намира работно тяло – шнек. Обработваният материал се подава от бункер, разположен в началото на екструдера. В края е разположена формоваща глава или матрица за оформяне на крайния продукт.

Processing of high carb raw materials is carried out in special machines called extruders, in which by softening and plastification they adopt a specific shape, passing through an extrusion head (matrix). The cross-section corresponds to the configuration of the device. As a consequence, the processed material passes through different states - of crispy "glassy" to strong elastic or a liquid state (Остриков и съавт., 2004).

There are various types of extruders, which allow easy processing of materials and production of various kinds of food. Generally they use expellers extruders. The great variety in the shape and length of the augers and cylinders of extruders allow wide choice, which the manufacturer can make depending on the raw materials and the requirements to the finished products (Guy, 2001; Riaz, 2000; Zeidler et al., 1980).

Auger extruders are single-auger and twin-auger extruders. Principal scheme of a single auger extruder is shown in Fig. 1 ([www.engineering-review.bg](http://www.engineering-review.bg)).

The construction of the extruders typically comprises a hull, usually in the form of a cylinder with a special surface treatment, equipped with heating elements. In the hull is located a working body - an auger. The processed material is filed from a bunker located at the extruder. At the end is located a forming head or a matrix to form the final product.



**Фиг. 1. Принципна схема на едношнеков екструдер**

**Fig. 1. Principal scheme of a single-auger extruder**

Единствената подвижна част в екструдера се явява шнековото устройство, предназначението на което е придвижване на изходната суровина през корпуса на екструдера. По време на това придвижване материалът се компресира, загрява, пластифицира и хомогенизира.

Обикновено, върху шнека на екструдера се обособяват три работни зони, като в зависимост от конкретните изисквания и поставените цели е възможно обособяването и на допълнителни такива. Стандартните работни зони включват: захранваща (зона на смесване), компресираща и пластифицираща (зона на топене и пластифициране). Формиращата глава е елементът от екструдера, даващ специфичния профил на крайния продукт.

Процесът екструзия най-общо включва операциите: смесване на компонентите, топлообработка, формообразуване и транспортиране, които протичат в една машина. Подготвената изходна суровина, която обикновено е под формата на прах или гранули, постъпва в екструдера под налягане. Шнекът на екструдера премества суровината в корпуса. В работната камера продуктът се движи по сложна траектория, при

The only moving part in the extruder is an auger device, the purpose of which is movement of the feedstock through the extruder hull. During this movement the material is compressed, heated, plasticized and homogenized.

Usually, we can identify three work areas on the extruder auger and, depending on the specific requirements and goals, it is possible to establish additional ones. The standard operating areas include: power zone (mixing zone) compressing and plasticizing (zone of melting and plasticizing). Forming head is the element of the extruder giving specific profile of the final product.

Extrusion process generally includes the operations: mixing the components, thermal treatment, shaping and transportation that occur in a machine. The prepared feedstock, which is usually in the form of powder or granules, enters the extruder under pressure. The extruder auger moves the raw material in the hull. In the working camera the product moves in a complex trajectory, thus increasing the degree of shrinkage. It is

което се увеличава степента на свиване. Тя се определя от отношението на площта на работния канал и площта на изхода на продукта на формообразуващата матрица. По този начин, в хода на процеса, суровините съдържащи нишесте се подлагат на топлинно-механическа деструкция. От насипно състояние, продуктът преминава в състояние на гъвкава пластична маса (гел), характерна за високо концентрирани нишестени клейстери и денатурирани белтъци. Тези преобразувания протичат при обработка на суровината с необходимото количество влага (до 20 %), високи температури (до 200 °C) и голямо налягане (до 25 MPa) за няколко секунди (Остриков и съавт., 2004; Павловская, 1992).

Образуващата се маса се премества посредством шнек към матрицата и при определено налягане се пресова през нейния отвор. Силата на налягането в значителна степен се обуславя от съпротивлението на отвора на матрицата и структурно-механичните свойства на обработваната маса.

След излизането на продукта през отвора на матрицата, в резултат на рязко падане на температурата и налягането протича мигновено изпаряване на влага, натрупаната в продукта енергия се освобождава със скоростта на „взрив“, което довежда до образуване на пореста структура и увеличаване обема на екструдата (Остриков и съавт., 2004; Best, 1989; Pollini, 1994).

### **3. Заключение**

От направения анализ можем да отчетем, че екструзията е съвременен, ефективен, перспективен, прогресивен и сравнително нов метод за преработка

determined by the proportion of the working channel area and the area of the outcome of product shaping matrix. Thus, during the process the raw materials containing starch are subject to thermal-mechanical destruction. Powdery product changes into a flexible plastic mass (gel), which is characteristic of highly concentrated starch kleysters and denatured proteins. These transformations proceed during processing of the raw material with the required amount of moisture (up to 20 %) and high temperatures (up to 200 °C) and high pressure (up to 25 MPa) for a few seconds (Остриков и съавт., 2004; Павловская, 1992).

The forming mass is moved through auger to the matrix and at a specified pressure it is compressed in its hole. The power of pressure is largely determined by the resistance of the matrix hole and the structural mechanical properties of the treated mass.

After the release of the product through the matrix hole, resulting in rapidly fall in the temperature and the pressure, evaporating the moisture occurs instantaneously, the accumulated in the product energy is released with the speed of "explosion", that leads to the formation of porous structure and increases the volume of the extrudate (Остриков и съавт., 2004; Best, 1989; Pollini, 1994).

### **3. Conclusion**

From the analysis we can report that the extrusion is a modern, efficient, viable, progressive and relatively new method of processing



на суровини, съдържащи основно нишесте.

Екструдирането на зърнени суровини открива перспективи за създаването на нови храни, в т.ч. и функционални, и възможности за използването на нетрадиционни, но ценни добавки.

#### 4. Литература

1. Велчев, Н., З. Велчев, (1988). Приложение на екструзията в хранителната промишленост (Обзор). ЦНТИИ. ССА. София.
2. Гамаюнов Н. И., С. Н. Гамаюнов, (1996). Изменение структуры, коллоидных капиллярно-пористых тел в процессе тепломассопереноса, ИФЖ т. 69, № 6, с. 954 – 957.
3. Голтвяница Л. Ф., (1986). Производство продуктов на основе экспандированных зерновых за рубежом, АгроНИИТЭИПП, с. 20.
4. Гловинковска М., Б. Ястижембара, Б. Ратайчак, (1987). Экструзионная обработка продуктов крахмало-поточного производства, Обзорная информация, Международная отраслевая система научной и технической информации по пищевой промышленности МОС, Пищепроминформ.
5. Дунаев А. Н., (1992). Производство зерновых завтраков в США, Пищ. пром-сть., № 6, с. 29 – 31.
6. Жушман А. И., Н. Д. Лукин, (1992). Опыт производства крахмалопродуктов для детского, лечебного и диетического питания. АгроНИИТЭ-ИПП, с. 28.
7. Карабуля Б. В., (1989). Экструзионная технология – перспективный способ создания новых пищевых продуктов. Кишинев: МолдНИИТИ, с. 26.
8. Кашкавалджиев, И., (1987). Съобщение за екструдирани продукти, производство на ЦЕХП гр. Карлово, Доклади и съобщения на национално съвещание по „Екстудиране на хранителни продукти”.
9. Краус С. В., В. Т. Линиченко, В. Г. Карпов, (1988). Влияние параметров экструдирования крупяного сырья на качество продукта. Хлебопродукты, № 9, с. 47 – 49.
10. Масларска Т. Й., (1992). Технология за екстудиране на многокомпонентни смеси на зърнена основа, обогатени с естествени биологично-активни вещества, Дисертация, УХТ.
11. Медведев Г. М., М. А. Василева, (1994). Использование рисовой дробленой крупы для производства макаронных изделий и других видов экструдированных пищевых продуктов. М:ЦНИИТЭИ Хлебопродуктов, с. 22.
12. Остриков, А. Н., О. В. Абрамов, А. С. Рудометкин, (2004). Экструзия в пищевых технологиях, Санкт Петербург, ГИОРД.
13. Павловская О. Е., (1992). Применение экструзии при производство диетических подуктов, обогатенных пищевыми волокнами. АгроНИИТЭИПП, с. 20.

raw materials containing mainly starch.

Extrusion of grain raw materials opens up prospects for the creation of new food, including functional, and opportunities for using nontraditional but valuable nutritional supplements.

#### 4. References

14. Пенев Н. Д., Т. В. Петрова, М. М. Рускова, (2012). Екструзията – съвременна и ефективна технология за производство на храни. Международна научно-практическа конференция „Храни, технологии и здраве”. Сборник доклади. Пловдив. с. 43 – 48.
15. Bailey L. N., B. W. Hauck, E. S. Severson, R. E. Singer, (1991). Systems for manufacture of ready-to-eat breakfast cereals using twin-screw extrusion. Cereal Foods World, № 10, pp. 863 – 869.
16. Best D., (1989). Formulating for extruders. Prep. Foods, № 10, pp. 94 – 98.
17. Guy R., (2001). Extrusion cooking – Technologies and applications. Woodhead Publishing Limited. Cambridge. England. pp. 206.
18. Harper, J. M., (1978). Extrusion processing of food. Food Technology. 32 (7): 67 – 72.
19. Harper, J. M., (1986). Extrusion texturization of foods. Food Technology. 40 (3): 70 – 76.
20. Pollini C. M., (1994). Problematice inerenti alle lavorazioni industriali di sistemi acquasfarinati di cereal. Tech. molit, Vol. 45, № 10, 1037 – 1042.
21. Riaz, M., (2000). Extruders in Food Applications. CRC Press. Taylor & Francis Group LLC. USA. pp. 225.
22. Seibel W., K. Seiler, N. Jancic, (1979). Veränderungen des Nährwertes bei Extruderprodukten, Getreide Mehl und Brot, 33, pp. 240 – 243.
23. Zeidler G., H. M. Sterner, M. M. Sterner, (1980). New engineering trends in developing low cost cooking extruders. Food Process Eng. Proc. 2nd. Int. Congr. Eng. and Food and 8th Eur. Food Symp., Helsinki. 1: 827 – 838.
24. <http://www.engineering-review.bg/bg/ekstrudirane>.

**Контакти**

**гл. ас. д-р Иван Енчев Димов**  
Тракийски университет – Стара Загора,  
Факултет „Техника и технологии”  
гр. Ямбол, 8600  
ул. „Граф Игнатиев” № 38  
е-mail: [ivendi\\_81@abv.bg](mailto:ivendi_81@abv.bg)

**Contacts:**

**Assist. Prof. PhD Ivan Enchev Dimov**  
Trakia University – Stara Zagora  
Faculty of Technics and Technologies,  
8600, Yambol, Bulgaria  
38, Graf Ignatiev Str., e-mail:  
[ivendi\\_81@abv.bg](mailto:ivendi_81@abv.bg)