

## NUTRITION PROBLEMS UNDER WIDE-SCALE NUCLEAR ACCIDENT CONDITIONS AND ITS CONSEQUENCES

### ПРОБЛЕМЫ ПИТАНИЯ В УСЛОВИЯХ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ЯДЕРНОЙ АВАРИИ И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЙ

V.N. Korzun

Scientific Centre for Radiation Medicine, Academy of Medical Sciences of Ukraine,  
WHO Collaborating Centre for Radiation Accidents Management  
53 Melnikov Street, Kyiv, 254050, Ukraine

В.Н. Корзун

Научный центр радиационной медицины АМН Украины,  
Сотрудничающий центр ВОЗ по крупномасштабным радиационным авариям  
Украина, 254050, Киев, ул. Мельникова 53

#### Abstract

The situation after the Chernobyl accident is characterised by high risk of internal irradiation among the surviving population. The nutritional source of radioactive substances intake is a leading risk among others. The methods of radioactivity intake decrease and the incorporated nuclides impact lowering are discussed. Among them: decrease of radionuclide migration into plants and animal bodies, improvement of technologies in the food industry, diet correction with respective second helpings and preparations. Results of several product studies for their radioprotective properties are presented. The efficiency of Prussian blue, alginate acid, calcium and fruit pectin was studied. The use of algae from the Black Sea as a source of food product with radioprotective properties have led to the launch of industrial production of the "Biostar. Zostera Product". The test study results of application in paediatric clinics indicated the favourable effect of the named product on the digestive, hemopoietic, immune systems function and the radio-protective properties presence. The actuality of optimal dietary balance in general for Chernobyl accident survivors is underlined.

**Keywords:** Chernobyl accident, internal irradiation, nutrition, diet, food industry, food supplements.

From the large number of nuclear fuel nuclides, nuclear fission fragments and decay products that contaminated the environment after the Chernobyl Nuclear Power Plant (ChNPP) accident, nuclides of iodine, caesium, strontium and rather less of plutonium were the most important ones. That was conditional on their radiotoxic and physical characteristics (outcome amount in decay, half-life period, irradiation type and energy, solubility and availability for the root system of plants, intestinal absorption, behaviour in the organism) (Kniznikov V.A. et al., 1988; Vasylenko I.Ya., 1989; Los I.P. et al., 1991, 1992; Kniznikov V.A., 1992). The alimentary way of radionuclide incorporation (besides inhalation and percutaneous incorporation) was and remains the leading one. Milk, vegetable garden greens and berries were the critical food products in first months after the accident. The iodine radionuclides first of all  $^{131}\text{I}$  represented the maximal radiation danger for human. The  $^{131}\text{I}$  content in milk (main "supplier" of the radio-nuclide to the human organism) reached 37–370 kBq•L<sup>-1</sup>. 1.5–2 months later the  $^{131}\text{I}$  quota of total radioactivity in milk was 30–40%, and radionuclides of caesium ranked first with their content in milk from Zhitomyr, Kyiv, Rivno and Chernigov provinces reaching 4 kBq (Kniznikov V.A. et al., 1988; Los I.P.

Из большого числа нуклидов ядерного топлива, ядерных осколков и их дочерних продуктов распада, попавших в окружающую среду вследствие аварии на Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС), наибольшую значимость по своим радиотоксическим и физическим характеристикам (величина выхода при делении, период полураспада, вид и энергия излучения, растворимость и доступность для корневой системы растений, всасываемость в пищеварительном тракте, поведение в организме и др.) представляют радионуклиды йода, цезия, стронция и, в меньшей мере, плутония (Книжников В.А. и соавт., 1988; Василенко И.Я., 1989; Лось И.П. и соавт., 1991, 1992; Книжников В.А., 1992). Среди трех основных путей поступления радионуклидов в организм (ингаляционный, алиментарный и через кожу) алиментарный имеет первостепенное значение. В первые месяцы после аварии критическими продуктами питания были молоко, огородная зелень, ягоды. В этот период наибольшую радиационную опасность для организма людей представляли радионуклиды йода, главным образом  $^{131}\text{I}$ , содержание которого в молоке (главном "поставщике" радионуклида в организм человека) достигало 37–370 kBк•л<sup>-1</sup>. Спустя 1,5–2 мес доля  $^{131}\text{I}$  в молоке составляла 30–40% общей радиоактивности, а на первое место вышли радионуклиды цезия, содержание которых в молоке в северных районах Житомирской, Киевской, Ривненской и Черниговской областей достигло 4 kBк (Книж-

et al., 1991). Radioactive iodine had decayed entirely by August 1996. From that time 95–96% of the internal irradiation dose of population residing within the contaminated territories was formed due to caesium radionuclides ( $^{134,137}\text{Cs}$ ), 3–4% —  $^{90}\text{Sr}$  and other radionuclides scaled no more than 1–2% of that dose.

According to the data of many authors (Kniznikov V.A. et al., 1988; Los I.P. et al., 1991; Kniznikov V.A., 1992) since 1987 the contribution of the food products to the internal irradiation dose constitutes 98–99%. Among them milk contributes nearly 80%, meat — 5–10%, potato — 5–6%, vegetables — 1–6%, fish — 1–2%, mushrooms — 2–12%, bread — 1–4%.

The first problem — how to decrease the level of contamination of food products and population diets. The problem is a diverse one. First of all — the problem of agricultural radiology: meadows and arable land amelioration, bringing in mineral salts and zeolites, selection of crops less absorbing of radioactivity, working out domestic animals feeding schemes, agricultural raw materials technological and technical working up for radio-nuclides content decrease in the finished commodity, etc. Among the medical aspects of the problem there are: the rationing of permissible contamination levels of food products and raw materials, prohibition of production and consumption of agricultural products of local origin, control of food products contamination levels. Aside from that the withdrawal from diets of the most highly contaminated food products (mushrooms, forest-berries, milk, meat) under the stipulation of their substitution with imported ones, and finally — the modes of working out technological and culinary treatment for radionuclide contamination decrease of food products.

However the deprivation of the possibility to use private plots and to keep house for rural population means breaking traditions existing for centuries and moral-psychological principles of population's life. The nutrition character here does not always satisfy the rational requirements.

Technological processing provides contamination level decrease of the finished commodity. So the processing of milk to sour cream and curd via homemade methods decrease the  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  incorporation by 63–82%, the same milk processing via industrial technology reduce the  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  content by 85–90%,  $^{131}\text{I}$  — for 70% (figure 1).

The method of milk decontamination from caesium radionuclides by means of filtration through special filters was worked out in the Scientific Centre for Radiation Medicine, Academy of Medical Sciences of Ukraine in collaboration with specialists from other institutes. The named method successfully passed the tests and can be applied in practice. But industrial production of the filters is not yet organised (table 1) (Korzun V.N. et al., 1992; Romanenko A.Ë. et al., 1993).

ников В.А. и соавт., 1988; Лось И.П. и соавт., 1991). К августу 1986 г. радиоактивный йод полностью распался. С этого времени 95–96% дозы внутреннего облучения населения, проживающего на загрязненных территориях, формировалось за счет радионуклидов цезия ( $^{134,137}\text{Cs}$ ), 3–4% —  $^{90}\text{Sr}$ , 1–2% — всех остальных радионуклидов.

По данным многих авторов (Книжников В.А. и соавт., 1988; Лось И.П. и соавт., 1991; Книжников В.А., 1992), после 1987 г. вклад продуктов питания в дозу внутреннего облучения составляет 98–99%, из них молока — около 80%, мяса — 5–10%, картофеля — 5–6%, овощей — 1–6%, рыбы — 1–2%, грибов — 2–12%, хлеба — 1–4%.

Возникла первая проблема — снижения уровней загрязнения пищевых продуктов и рационов питания населения. Проблема эта — многоотраслевая, и в первую очередь — сельскохозяйственной радиологии: улучшение лугов и пахотных земель, внесение минеральных солей, цеолитов, подбор сельскохозяйственных культур, в меньшем количестве накапливающих радионуклиды, составление рационов для животных, технологическая и техническая переработка сельскохозяйственного сырья в целях снижения уровней радионуклидов в готовой продукции и др. Медицинские аспекты этой проблемы — нормирование допустимого уровня загрязнения пищевых продуктов и сырья, запрещение производства и потребления местных сельхозпродуктов, контроль уровней загрязнения пищевых продуктов и изъятие из рационов наиболее загрязненных (грибов, лесных ягод, молока, мяса) при условии замены их привозными и, наконец, разработка способов технологической и кулинарной обработки пищевых продуктов в целях снижения загрязнения их радионуклидами.

Однако лишение сельского населения возможности пользоваться приусадебными участками и вести домашнее хозяйство ломает веками сложившиеся традиции, морально-психологические устои жизни населения. Характер питания при этом не всегда соответствовал канонам рационального.

Технологическая переработка предусматривает снижение загрязнения готового продукта. Так, переработка домашним способом молока в сметану и творог уменьшает поступление в организм  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  на 63–82%, заводским способом в творог и сыр снижает содержание  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  на 85–90%,  $^{131}\text{I}$  — на 70% (рисунок 1).

Разработанный в Научном центре радиационной медицины АМН Украины совместно со специалистами других институтов метод очистки молока от радионуклидов цезия путем применения специальных фильтров успешно прошел испытания и может быть внедрен в практику, однако до настоящего времени не налажен массовый выпуск фильтров (таблица 1) (Кorzun В.Н. и соавт., 1992; Романенко А.Е. и соавт., 1993).

FIGURE 1. CAESIUM TRANSITION TO THE PRODUCTS OF MILK PROCESSING

РИСУНОК 1. ПЕРЕХОД ЦЕЗИЯ В ПРОДУКТЫ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОКА

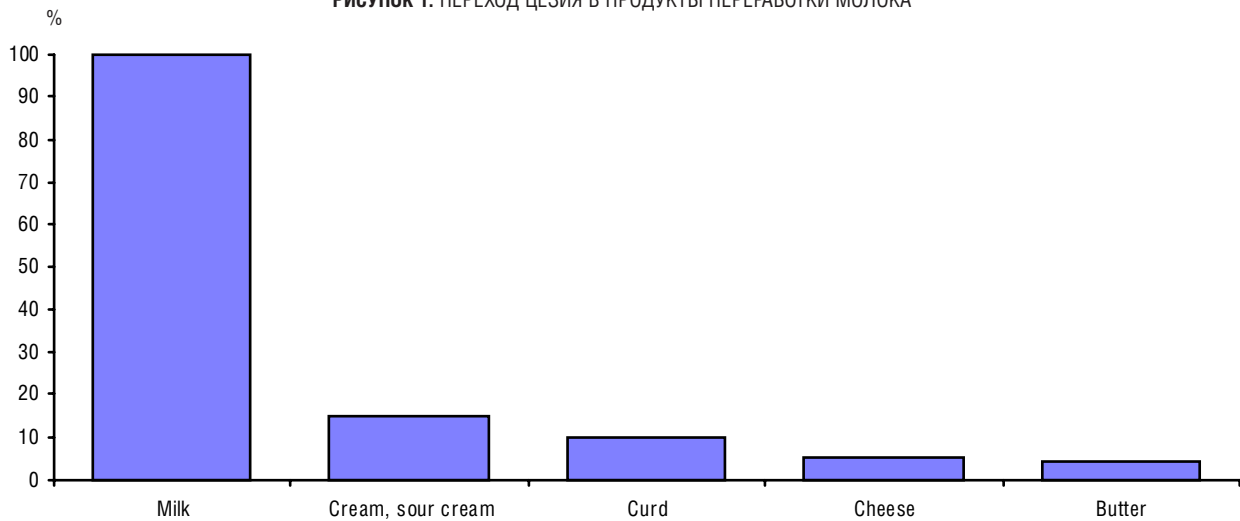


TABLE 1

DECONTAMINATION METHOD APPLICATION IN PRIVATE FARMS AND ITS EFFICIENCY

ТАБЛИЦА 1

ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДА ДЕЗАКТИВАЦИИ В ЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Province	Number of the Private Farms	Cesium Content in Milk		Decontamination Effectiveness	
		Before Decontamination	After Decontamination	%	Scale
Zhytomir	782	813±196	69.5±16.7	91.5	11.7
Rivno	176	2686±742	304±71	89.4	9.4
Gomel	451	876±317	85.8±31.1	90.2	10.2
Bryansk	147	2917±190	254±16.5	91.3	11.5
Total	1556			90.6	10.7

The technological processing of meat (smoked sausages, canned meat production) and fish (cool smoking, canned fish, preserves production) is based upon the availability of the finished commodity long-term storage for the complete decay of nuclides with short half-life period. The mentioned nuclides have decayed completely now so naturally the method is no longer topical.

Culinary working up of some products also decreases the prepared dishes' contamination. For example fish cleaned of scales, fins, head and internal organs, cut in pieces (of 50–100 g) and seasoning in a 4–6% solution of salt for 20–24 hours (to be replaced for several times) provides a radioactive caesium content decrease of 87–99% in the carcass.

The content of radionuclides in meat can be decreased several times by boiling because of their transition to the bouillon. Prolonged marination also lowers  $^{137}\text{Cs}$  contamination. But the unhandiness and duration of the described decontamination method prevents it from being used as a wide-scale application (Paculo A.G., 1981).

To lower the radioactive caesium level in fresh mushrooms they are to be thoroughly cleaned of soil and forest spreading, washed in running water (or in a

Технологическая переработка мяса (изготовление сырокопченых колбас, консервов) и рыбы (холодное копчение, изготовление консервов, пресервов) базируется на возможности длительного хранения готовых продуктов в целях распада короткоживущих радионуклидов. В настоящее время такие радионуклиды уже распались и, естественно, метод потерял свою значимость.

Кулинарная обработка некоторых продуктов также снижает загрязнение готовых блюд. Так, очистка рыбы от чешуи, удаление плавников, головы и внутренних органов, разделка на куски (по 50–100 г) и выдержка их в 4–6% растворе поваренной соли в течение 20–24 ч (несколько раз раствор следует менять) обеспечивают снижение содержания радиоактивного цезия в тушке на 87–99%.

Отварив мясо можно в несколько раз снизить концентрацию в нем радионуклидов, благодаря переходу их в бульон. Длительное засаливание мяса со сменой рассола также позволяет в 2–3 раза уменьшить содержание  $^{137}\text{Cs}$ . Однако громоздкость и длительность такого метода дезактивации не позволяют широко его использовать (Пакуло А.Г., 1981).

Для снижения уровня радиоактивного цезия свежие грибы следует тщательно очистить от земли и лесной подстилки, промыть в проточной воде (или в емкос-

vessel changing water 3–4 times) with further boiling for 45–60 min, changing water every 10–15 min. The described procedure of mushroom cooking can reduce their radioactivity 25–30 fold (figure 2).

Dried mushrooms are to be washed, then soaked for 10–12 hours in cool salted water. After soaking the mushrooms are to be boiled for 15–30 min with 2 changes of water. The radioactivity will lower not less than 100 times (figure 3).

ти, 3–4 раза меняя воду), после чего прокипятить в течение 45–60 мин, меняя каждые 10–15 мин воду. При таком способе приготовления грибов в 25–30 раз снижается их радиоактивность (рисунок 2).

Сухие грибы необходимо промыть, а затем вымочить в течение 10–12 ч в холодной подсоленной воде. Отжав грибы после вымачивания, их также необходимо прокипятить в течение 15–30 мин, дважды меняя воду. Радиоактивность грибов снизится не менее чем в 100 раз (рисунок 3).

FIGURE 2. THE  $^{137}\text{Cs}$  CONTENT IN FRESH MUSHROOMS WITHIN STAGES OF CULINARY WORKING UP

РИСУНОК 2. СОДЕРЖАНИЕ  $^{137}\text{Cs}$  В СВЕЖИХ ГРИБАХ НА ЭТАПАХ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ

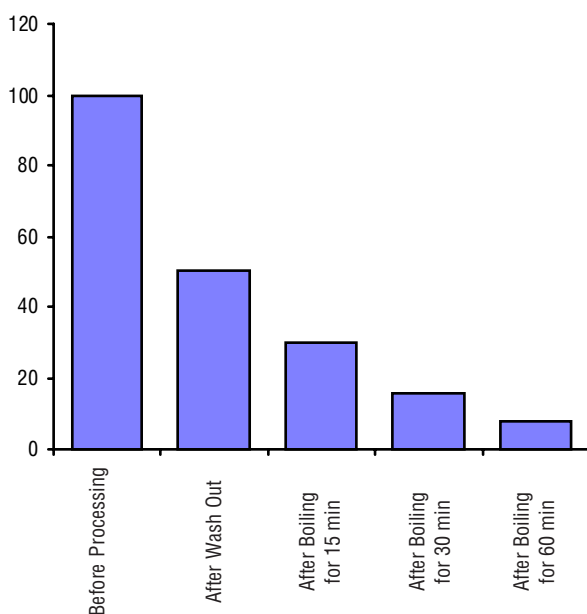
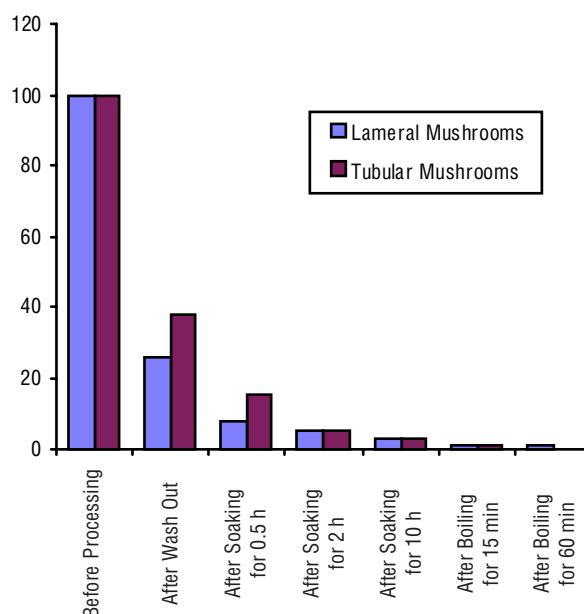


FIGURE 3. THE  $^{137}\text{Cs}$  CONTENT IN DRIED MUSHROOMS WITHIN STAGES OF CULINARY WORKING UP

РИСУНОК 3. СОДЕРЖАНИЕ  $^{137}\text{Cs}$  В СУХИХ ГРИБАХ НА ЭТАПАХ КУЛИНАРНОЙ ОБРАБОТКИ



To decrease the radioactive caesium content in vegetable dishes they are to be thoroughly washed, then peeled as the caesium concentration in peel is 2–3-fold higher than in tubers. During the boiling process nearly 50% of the radioactive caesium from tube's passes to bullion (Pakulo A.G., 1981).

The protective arrangements' complex held in agriculture enabled a 10–20-fold decrease of internal irradiation dose in population. But at the same time the information led to a rising feeling of strain, self-limitation in the consumption of products of local origin, diet transformation and created another problem — the optimal supplementation of the exposed regions' population with the imported "clean" products.

The problem of optimal supplementation of the exposed regions' population with imported "clean" products is rather more a social and national prob-

Для снижения содержания радиоактивного цезия овощи необходимо тщательно отмыть от грунта, очистить от кожуры, так как в ней концентрация цезия в 2–3 раза выше, чем в клубнях. При отваривании овощей в бульон переходит около 50% радиоактивного цезия, содержащегося в клубнях (Пакуло А.Г., 1981).

Комплекс защитных мероприятий, проводимых в сельском хозяйстве, позволил в 10–20 раз снизить дозу внутреннего облучения населения, однако он породил чувство тревоги, самоограничение в потреблении местных продуктов, трансформацию рационов питания и создал вторую проблему — проблему оптимального обеспечения населения пострадавших районов привозными "чистыми" продуктами.

Проблема оптимального обеспечения населения пострадавших районов привозными "чистыми" продуктами — не столько гигиеническая, сколько соци-

lem than a hygienic one. The hygienic points of the named problem are the identification of the products subject to replacement and the imported products' quality control. Unfortunately that problem was not solved everywhere in a good way. Only the radionuclide content in products was under control but the assortment, quality and interchangeability etc. of the products were considered much less. According to the study results of specialists from Moscow, Minsk and Kyiv and data from our observations the consumption of milk, dairy produce, meat, fish, fruits, vegetables and green-stuff decreased sharply after the introduction of restrictions in production and use of local products. The imported goods were not enough of good enough quality and required assortment (Kolesnikov V.S. et al., 1989; Kniznikov V.A., 1992; Istomyn A.V., 1994).

The analysis of protein, vitamin and mineral composition of diet indicated that the important components content is insufficient. This produced low vitamin and their metabolite levels in blood and urine, complaints of headaches, dizziness, nausea, elevated fatigue, frequent nasal bleeding, anxiety growth, population morbidity indices increase. By virtue of that the population further more and more consumed products of local origin that stipulated internal irradiation doses growth (Kniznikov V.A. et al., 1988; Kniznikov V.A., 1992; Popov D.K. et al., 1993; Korzun V.N., 1995).

In this connection a third problem has arisen — that of preparation, products and food supplements working out for decrease of absorption, accumulation of radionuclides and/or increase of organism resistance to radiation impact, as that will enable use of local foodstuffs. Experts from many ministries and departments in Ukraine are engaged in the named problem, among them — medical staff, technologists, radiobiologists and sometimes businessmen.

The arrangements for radionuclides absorption, accumulation decrease and acceleration of their excretion from the organism is a complex, sometimes ineffective last step in decreasing internal irradiation dose.

The arrangements are realised within two directions:

— providing balanced dietary content, first of all in proteins (especially of animal origin), carbohydrates (cellulose, pectin), minerals (calcium, phosphorus, potassium, iron, iodine, cobalt, copper, zinc) and vitamins (carotene, vitamins A, E, C, B<sub>12</sub>);

— use of preparation, foodstuffs and food supplements decreasing absorption and accumulation of radionuclides (i.e. sorbents, blocators) both with those accelerating excretion (decorporants). The named means is not to be uncontrolled. In constant use such substances are to satisfy several strict-

альная, государственная. Гигиенические аспекты этой проблемы — определение перечня подлежащих замене продуктов, контроль качества привозных продуктов. К сожалению, проблему эту повсеместно решали плохо. Контролировали лишь уровень радионуклидов в продуктах и мало внимания обращали на их ассортимент, качество, заменяемость и т.п. Как показали результаты исследований специалистов Москвы, Минска, Киева и данные наших наблюдений, с введением ограничений на производство и потребление местных продуктов и использованием привозных, не всегда в достаточном количестве, хорошего качества и нужного ассортимента, резко снизилось потребление населением молока и молочных продуктов, мяса, рыбы, фруктов, овощей, огородной зелени (Колесников В.С. и соавт., 1989; Книжников В.А., 1992; Истомин А.В., 1994).

Анализ белкового, витаминного и минерального состава рационов питания показал, что содержание этих важных компонентов недостаточное. Это обусловило низкие уровни витаминов и их метаболитов в крови и в моче, жалобы на головную боль, головокружение, тошноту, повышенную утомляемость, частые носовые кровотечения, усиление чувства тревоги, возрастание заболеваемости населения. В силу этих причин увеличился объем потребления продуктов местного производства, что обусловило повышение доз внутреннего облучения (Книжников В.А. и соавт., 1988; Книжников В.А., 1992; Попов Д.К. и соавт., 1993; Корзун В.Н., 1995).

В связи с вышеизложенным возникла третья проблема — проблема разработки препаратов, продуктов и пищевых добавок, снижающих всасывание, накопление радионуклидов и (или) повышающих устойчивость организма к воздействию ионизирующих излучений, что позволит использовать местные продукты. Этим в последние годы в Украине занимаются специалисты многих министерств и ведомств — медики, технологи, радиобиологи, а иногда и бизнесмены.

Мероприятия по снижению всасывания, накопления радионуклидов и ускорению их выведения из организма, являются сложной, иногда малоэффективной, но последней мерой, уменьшающей дозу внутреннего облучения.

Мероприятия реализуются по двум направлениям:

— обеспечение сбалансированного рациона, в первую очередь белкового (особенно животного происхождения), углеводного (клетчатка, пектины), минерального (кальций, фосфор, калий, железо, йод, кобальт, медь, цинк) и витаминного (витамин А, каротин, витамины Е, С, В<sub>12</sub>);

— использование препаратов, пищевых продуктов и добавок, снижающих всасывание и накопление радионуклидов (сорбентов, блокаторов), а также ускоряющих их выведение (декорпорантов). Применение этих средств не должно быть бесконтрольным. При постоянном употреблении они должны отвечать более жест-

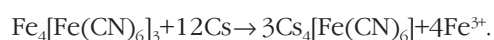
er requirements than in case of short-term application. They are to be sufficiently effective, convenient in application, economically profitable, not altering the normal mineral and other branches of metabolism in long-term use. The chosen remedy is not to be toxic in prolonged application or in any case the connected risk is to be less than that from possible consequences of excreted amount of radionuclides.

We studied the effectiveness of various preparations (Prussian blue, sodium and calcium alginate, polystibnite, adsobar, calcium phosphate), food substances (peptides, carbohydrates, vitamins; potassium, calcium, phosphorous salts, different pectin and edible (food) fibers), natural products (fruit and berry juices, bakery, products from *Laminaria* and *Mussels*, etc.). The special foodstuff with associated preparations — caesium and strontium absorption antagonists (Prussian blue, alginates, food fibers, pectin etc.). The assortment of such foodstuffs is rather numerous: canned meat, fruit and vegetables; bakery, confectionery, dairy products (Korzun V.N., 1980; 1995; Korzun V.N. et al., 1994; 1995).

Among all the tested preparations — antagonists of  $^{137}\text{Cs}$  absorption — Prussian blue (synonyms: ferrocyn, radiogardaze, ferro-cyanide iron etc.) is the most effective agent.

Preparation was tested in acute and chronic (during animal life span) experiments on rats and also in clinical and natural observations in humans. In bringing in the foodstuff content the effectiveness of preparation is not lowered but somewhat increased because of possible surface square growth of the Prussian blue contact with radioactive caesium. The preparation optimal dose of 50 mg per animal in rats and 3 g per human provides a 95–99% decrease of caesium intestinal absorption (prophylactic application) and 3-fold acceleration of radionuclide excretion (in curative application) (Korzun V.N., 1995).

The experimental and natural tests of created ferrocyn-containing foodstuffs indicated their high efficiency both in radioactive caesium excretion and its accumulation decrease. Prussian blue associated with preparations or products selectively binds caesium radionuclides that entered the alimentary canal both from environment (with food, water, air) and from inside the body (with bile and intestinal liquors) turning them into an insoluble compound:



Reverse absorption of the radionuclide from the intestines into the blood is blocked and its excretion with faeces is increased and therefore the overall elimination (figures 4, 5).

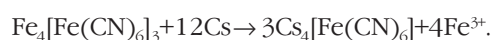
ким требованиям, чем при кратковременном их применении. Они должны быть достаточно эффективны, удобны в применении, экономичны, при длительном применении не нарушать нормального минерального обмена и обмена других веществ. Выбранное средство не должно быть токсичным при длительном применении или, во всяком случае, риск его использования должен быть меньше, чем от возможных последствий облучения выведенной частью радионуклидов.

Мы изучили эффективность различных препаратов (ферроцина, альгината натрия и кальция, полисурьмина, адсобара, фосфата кальция), пищевых веществ (белков, углеводов, витаминов, солей калия, кальция, фосфора, различных пектинов и пищевых волокон), натуральных продуктов (фруктовых и ягодных соков, хлебобулочных изделий, продуктов из морской капусты, мидий и др.), а также специальных пищевых продуктов, в состав которых введены препараты — блокаторы всасывания радионуклидов цезия и стронция (ферроцин, альгинаты, пищевые волокна, пектины и др.). Ассортимент таких продуктов весьма обширен: мясные и плодово-овощные консервы, хлебобулочные, кондитерские изделия, молочные продукты (Korzun V.N., 1980; 1995; Корзун В.Н. и соавт., 1994; 1995).

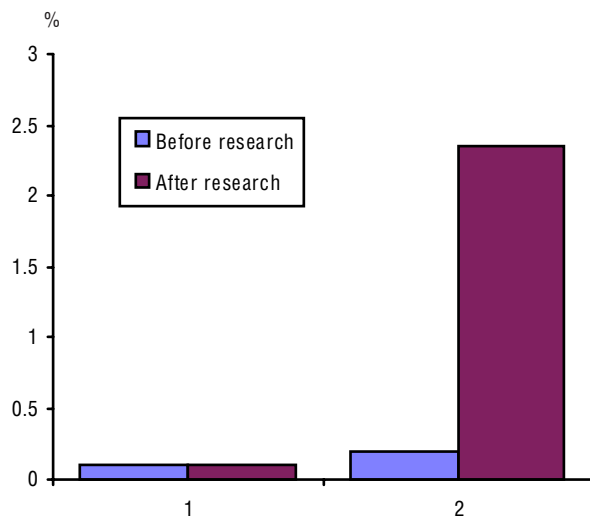
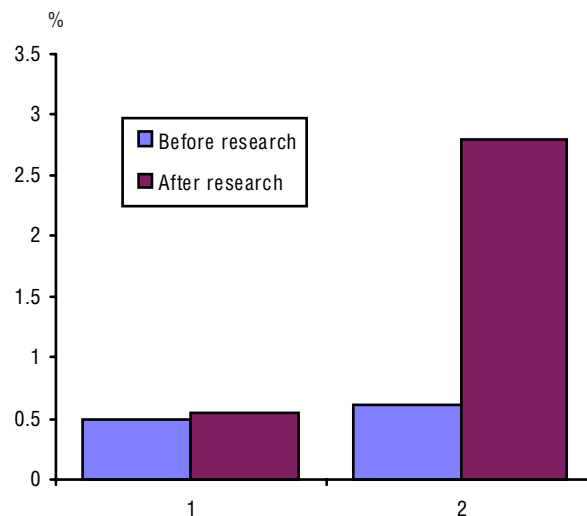
Установлено, что из всех испытанных препаратов — блокаторов всасывания  $^{137}\text{Cs}$  наиболее эффективным является ферроцин (синонимы: берлинская лазурь, прусская синь, радиогардазе, железисто-синеродистое железо).

Препарат испытан в острых и хронических (в течение всей жизни животного) экспериментах на крысах, а также в клинических и натуральных наблюдениях на людях. Эффективность препарата в составе пищевого продукта не только не снижается, а и несколько возрастает в связи с увеличением возможной площади контакта ферроцина и радиоактивного цезия. Оптимальная доза препарата — 50 мг на крысу и 3 г на человека — обеспечивает 95–99% снижение всасывания цезия (при профилактическом применении) и 3-кратное ускорение выведения радионуклида (при лечебном применении) (Korzun V.N., 1995).

Результаты экспериментальных и натуральных испытаний созданных ферроцин-содержащих пищевых продуктов показали их высокую эффективность как для выведения радиоактивного цезия, так и снижения его накопления. Берлинская лазурь в составе препаратов или продуктов питания избирательно связывает радионуклиды цезия, поступившие в пищеварительный тракт как экзогенно (с пищей, водой, воздухом), так и эндогенно (с желчью и соками кишечника), превращая их в нерастворимое соединение:



Блокируется обратное всасывание радионуклида из кишечника в кровь и увеличивается выведение его с калом и, следовательно, общее выведение (рисунки 4, 5).

**FIGURE 4.** EFFECT OF FOODSTUFFS WITH PRUSSIAN BLUE (2<sup>ND</sup> GROUP) ON <sup>137</sup>Cs EXCRETION WITH FAECES IN MAN (1<sup>ST</sup> GROUP — CONTROL)**РИСУНОК 4.** ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ С ФЕРРОЦИНОМ (2-Я ГРУППА) НА ВЫВЕДЕНИЕ <sup>137</sup>Cs С КАЛОМ У ЛЮДЕЙ (1-Я ГРУППА — КОНТРОЛЬ)**FIGURE 5.** EFFECT OF FOODSTUFFS WITH PRUSSIAN BLUE (2<sup>ND</sup> GROUP) ON <sup>137</sup>Cs OVERALL EXCRETION IN MAN (1<sup>ST</sup> GROUP — CONTROL)**РИСУНОК 5.** ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ С ФЕРРОЦИНОМ (2-Я ГРУППА) НА ОБЩУЮ ЭКСКРЕЦИЮ <sup>137</sup>Cs У ЛЮДЕЙ (1-Я ГРУППА — КОНТРОЛЬ)

Results of studies held in many countries throughout the world (Nielsen P. et al., 1990; Korzun V.N., 1995) give ground considering the long-term use of Prussian blue. Using the Prussian blue preparation marked with <sup>13</sup>C and <sup>59</sup>Fe P. Nielsen (1990) showed that it is not decomposed or absorbed in the digestive tract and therefore cannot affect the liver, kidneys and other viscera.

We also revealed no side effects of the substance in long-term experiments in rats receiving 25, 50 or 100 mg of Prussian blue (Korzun V.N., 1995).

The studies carried out with our participation by Prof. J.B. Levington (main opponent of ferrocyan) in the Institute of Nutrition revealed no disorders in rats receiving 50 mg•day<sup>-1</sup> of preparation for the yearly period. More than 50 parameters were investigated including body mass dynamics, external respiration status, that of gaseous exchange, acid-base balance, total protein content in blood serum, cholinesterase activity, kidney function; liver, kidneys, lien relative mass, histological structure of viscera etc. (Research Report, 1991).

Following the accident in Goiania (Brazil) to accelerate the <sup>137</sup>Cs excretion in 250 persons physicians applied high doses of Prussian blue (10–20 g•day<sup>-1</sup> for adults and 5–10 g•day<sup>-1</sup> in children). As data in literature were absent concerning the safety of such high preparation doses the medical teams (Farina R. et al., 1991) took measures for timely revelation of any side effects for 2 months. The potassium content in blood serum and urine, haemoglobin and methaemoglobin levels, ferrocyanide fragments presence and other clinical parameters were studied regularly. No toxic effects of the mentioned high preparation doses were revealed and radioactive caesium excretion increased by 2–3 times.

Результаты исследований, проведенных во многих странах мира (Nielsen P. et al., 1990; Корзун В.Н., 1995), дают основание считать безвредным длительное применение берлинской лазури. Используя меченный <sup>14</sup>C и <sup>59</sup>Fe препарат берлинской лазури, P. Nielsen (1990) показал, что она не разлагается и не всасывается в пищеварительном тракте и, значит, не может влиять на состояние печени, почек и других внутренних органов.

Нами (Корзун В.Н., 1995) в длительных опытах на крысах, получавших по 25, 5 или 100 мг берлинской лазури, также не выявлено побочных эффектов.

Исследования, проведенные с нашим участием основным оппонентом ферроциана проф. Ж.Б. Левингтон в Институте питания, не показали каких-либо нарушений у крыс, получавших по 50 мг•сут<sup>-1</sup> препарата в течение года. Изучено более 50 показателей, в том числе динамика массы тела, состояние внешнего дыхания, газообмена, кислотно-основное равновесие, содержание общего белка в сыворотке крови, активность холинэстеразы, функциональное состояние почек, относительная масса печени, почек, селезенки, гистологическая структура внутренних органов и др. (Отчет о НИР, 1991).

При аварии в Гойянии (Бразилия) врачи в целях ускорения выведения <sup>137</sup>Cs у 250 человек применяли берлинскую лазурь в больших дозах (10–20 г•сут<sup>-1</sup> — у взрослых и 5–10 г•сут<sup>-1</sup> у детей). Поскольку в литературе не было данных о безвредности таких высоких доз препарата, медицинской бригады, как указывает R. Farina и соавторы (1991), на протяжении 2 мес принимали все меры для своевременного выявления любых побочных эффектов. Регулярно исследовали содержание калия в сыворотке крови и моче, уровень гемоглобина и метгемоглобина, наличие осколков ферроцианида и другие клинические показатели. Токсического эффекта указанных высоких доз препарата не обнаружено, а выведение <sup>137</sup>Cs увеличилось в 2–3 раза.

The alginate acid salts (sodium alginate from *Laminaria* (White Sea, Sea of Japan), from rhizoid of *Laminaria Japonica*, *Costaria Costata*, *Cystosira*, *Zostera* (Black Sea), calcium alginate from *Laminaria* (White Sea, Sea of Japan, Equatorial) were investigated comprehensively as antagonists and(or) decorporants of strontium and caesium radionuclides. At the preparation dose of 400 mg per rat the sodium alginate from rhizoid of *Laminaria Japonica* and calcium alginate from *Laminaria Japonica* were found the most effective (the radioactive strontium accumulation up to the 31<sup>st</sup> day of experiment decreased by 76% and 87,3% respectively). In case of dose elevation up to 600–800 mg per animal the radioactive strontium accumulation decreased by 75–90% (table 2).

Всесторонне изучены соли альгиновой кислоты (альгинат натрия из ламинарии беломорской, японской, из ризоидов ламинарии японской, костарии костата, цистозиры, зостеры черноморской, альгинат кальция из ламинарии беломорской, японской, экваториальной) как блокаторы и (или) декорпоранты радионуклидов стронция и цезия. При дозе препарата 400 мг на крысу наиболее эффективными оказались альгинат натрия из ризоидов ламинарии японской (накопление радиоактивного стронция к 31-му дню опыта снижалось на 76%) и альгинат кальция из ламинарии японской (на 87,3%). При повышении дозы до 600–800 мг на животное накопление радиоактивного стронция уменьшалось на 75–90% (таблица 2).

SODIUM ALGINATE EFFECT ON ORDER AND RATE PER CENT OF <sup>85</sup>Sr ACCUMULATION DECREASE IN RAT (M±m)

TABLE 2

ВЛИЯНИЕ АЛЬГИНАТА НАТРИЯ НА КРАТНОСТЬ И ПРОЦЕНТ СНИЖЕНИЯ НАКОПЛЕНИЯ <sup>85</sup>Sr У КРЫС (M±m)

ТАБЛИЦА 2

Sodium alginate from seaweed	Dose per rat g	Order of accumulation	Percentage of decrease
Control	—	9.74±0.36	—
<i>Laminaria Japonica</i>	0.6	1.59±0.43	83.7
<i>Laminaria Japonica</i>	0.4	2.59±0.43	73.4
<i>Costaria Coatata</i>	0.4	2.82±0.37	71.0
<i>Cystosira</i>	0.4	2.96±0.30	69.6
Rhizoid of <i>Laminaria Japonica</i>	0.4	2.29±0.40	76.5
<i>Laminaria Digitalia</i> (White Sea)	0.6	1.70±0.31	82.5
<i>Laminaria Digitalia</i> (White Sea)	0.4	2.91±0.39	70.1
<i>Zostera</i> (Black Sea)	0.4	2.67±0.41	72.6

Alginates added to dough (0.5–2% to flour mass), dairy produce, confectionery, canned meat, vegetables and fruits (0.5–2.5%) improve the physical-chemical properties of the finished commodity and provide 2–3-fold decrease of radioactive strontium absorption.

Внесение альгинатов в тесто (0,5–2% к массе муки), молочные, кондитерские изделия, мясные, овощные, фруктовые консервы (0,5–2,5%) улучшает физико-химические свойства готового продукта и обеспечивает 2–3-кратное снижение всасывания радиоактивного стронция.

The results of studies held earlier here (Korzun V.N., 1995) together with other authors' results (Hesp R., Romsbottom B., 1965; Car T.E.F et al., 1968; Ajgik-hin I.S. et al., 1988) testify that optimal dose of sodium alginate not disturbing the metabolism of calcium (as strontium analogue) for adults constitutes 6–8 g•day<sup>-1</sup>. Such a quantity of sodium alginate decreases <sup>90</sup>Sr absorption 3–3.5 times and a dose of 20 g•day<sup>-1</sup> results in 5–7-fold protection. We consider that under the long-term radioactive strontium incorporation (both with optimal consumption of stable calcium) the production of several foods with sodium or calcium alginate is advisable, which will provide the daily preparation dose of 6–8 g level. For example with consumption of 300 g of bread with added 2% of sodium alginate (related to flour weight) the organism will receive more than 4 g of preparation. If we bring for instance 0.5 l of kefir (0.6% alginate) and 100 g of juice with pulp (1% respectively) into the diet that will give the 4 g more of sodium alginate. Other combinations (compositions) application is available.

Результаты выполненных нами ранее исследований (Корзун В.Н., 1995), а также других авторов (Hesp R., Romsbottom B., 1965; Car T.E.F et al., 1968; Ажгихин И.С. и соавт., 1988), свидетельствуют о том, что оптимальная доза альгината натрия, не нарушающая обмен аналога стронция кальция, для взрослого человека составляет 6–8 г•сут<sup>-1</sup>. Такое количество альгината натрия снижает всасывание <sup>90</sup>Sr в 3–3,5 раза, а доза 20 г•сут<sup>-1</sup> дает 5–7-кратную защиту. Мы считаем, что в условиях длительного поступления в организм радиоактивного стронция (наряду с оптимальным потреблением стабильного кальция) целесообразен выпуск нескольких продуктов с альгинатом натрия или кальция, что обеспечит суточную дозу препарата на уровне 6–8 г. Так, при потреблении 300 г хлеба с двухпроцентным (по отношению к массе муки) содержанием альгината натрия в организм поступит более 4 г препарата. Если в рацион человека внести, к примеру, 0,5 л кефира (0,6% альгината) и 100 г сока с мякотью (1%), — то это еще 4 г альгината натрия. Можно применять и другие сочетания (композиции).



The viscosity, propensity to jellification, radionuclide and heavy metal absorption, perfect technological effectiveness of alginates predetermine their use in foodstuffs of populations, resident in ecologically dangerous territories.

It is well known that lack of calcium both in animal and human diets leads to increased absorption and accumulation of strontium radionuclides in the organism (Iljyn L.A., 1977; Korzun V.N., 1980; Annenkov B.N., Yudinseva E.V., 1991). Thus if with the experimental animals' normal provision of calcium the strontium absorption degree is 20–30% from that entered the intestines, the deficiency of calcium gives that of 60–70%.

The mentioned element brought into the diet (1.5–2-fold over the norm) promotes strontium absorption lowering and excretion increase by 30–40%. Milk and dairy produce are main sources of calcium especially for children. Not less than 500 ml of cow's milk or sour milk products is required to cover the daily requirements of man in calcium. But according to the results of a study carried out by experts from Moscow, Minsk and Kiev (Kolesnikov V.S. et al., 1989; Kultchitskaya V.P. et al., 1990; Kniznikov V.A., 1992; Korzun V.N., 1995) milk consumption by residents of contaminated regions decreased 2–3 times, in this connection the calcium income to organism is only 52–65% of essential needs. That is why in the new foodstuffs such sources of calcium were added to their compounding as milk, sea kale, blood, liver, buckwheat etc. Apart from this, the additional calcium was brought in the present compounding of dairy produce (ripe and blue cheese, curds, "Lactogerovit" etc.) and they were recommended for the daily diets. Such products' (enriched with calcium) consumption decreased the  $^{85}\text{Sr}$  assimilation in our experiments. At the same time these products enrich the diet with valuable protein that increases organism general resistance and lowers radionuclide accumulation.

The radio-protective properties of pectin were studied here: citric, apple, red beet, that from *Zostera* and modified ones — high-, intermediate- and low-etherified. Under optimal doses of 400 mg per rat the radioactive strontium accumulation decrease is from 13% to 40%, caesium — from 10% to 30% depending on pectin type. The modified low-etherified pectin came to be the most effective (isotopes accumulation decrease for 42% and 32% respectively) (figure 6). The same results were received by other experts (Iljyn L.A., 1977; Ajmukhamedova G.B., 1984; Altukhova G.A. et al., 1989).

The worked out and(or) studied canned fruit and vegetables (paste, juices, jams) containing potassium and pectin also decrease radionuclide accumulation. We proceeded from the point that pectin consumption by children is not to exceed 2–

Вязкость, способность к гелеобразованию, абсорбция радионуклидов и тяжелых металлов, хорошая технологичность альгинатов определяют использование их в продуктах питания населения, проживающего на экологически опасных территориях.

Известно, что недостаток кальция в рационе как животных, так и человека, приводит к повышению всасывания и накопления в организме радионуклидов стронция (Ильин Л.А., 1977; Корзун В.Н., 1980; Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В., 1991). Так, при нормальном обеспечении лабораторных животных кальцием всасывание стронция составляет 20–30% от поступившего в кишечник, при его дефиците — 60–70%.

Внесение в рацион избыточных количеств этого элемента (в 1,5–2 раза выше нормы) способствует снижению всасывания и увеличению выведения стронция на 30–40%. Основные источники кальция, особенно для детей, — молоко и молочные продукты. Для обеспечения суточной потребности человека в кальции необходимо не менее 500 мл коровьего молока или кисломолочных продуктов. Однако, как установлено в исследованиях, проводимых учеными Москвы, Минска и Киева (Колесников В.С. и соавт., 1989; Кульчицкая В.П. и соавт., 1990; Книжников В.А., 1992; Корзун В.Н., 1995), в рационах жителей загрязненных районов потребление молока снижено в 2–3 раза, в связи с чем поступление кальция в организм составляет лишь 52–65% от необходимого. В связи с этим при разработке новых пищевых продуктов в их рецептуру мы вносили такие источники кальция как молоко, морскую капусту, кровь, печень, гречневую крупу и др. Кроме того, вводили дополнительно кальций в существующие рецептуры молочных продуктов (сыры твердые и мягкие, сырки, кефир, лактогеровит и др.) и рекомендовали их в рацион. Использование таких (обогащенных кальцием) продуктов снижало в наших экспериментах усвоение  $^{85}\text{Sr}$ . В то же время эти продукты обогащают рацион полноценным белком, что повышает общую резистентность организма и снижает накопление радионуклидов.

Нами изучены радиозащитные свойства пектинов: цитрусового, яблочного, свекловичного, из зостеры, а также модифицированных — высоко-, средне- и низкоэтерифицированных. При оптимальных дозах — 400 мг на крысу — снижение накопления радиоактивного стронция составляет от 13 до 40%, а цезия — от 10 до 30% в зависимости от вида пектина. Наиболее эффективным оказался модифицированный низкоэтерифицированный пектин (снижил накопления изотопов на 42 и 32% соответственно) (рисунок 6). Такие же результаты получены и другими исследователями (Ильин Л.А., 1977; Аймухамедова Г.Б., 1984; Алтухова Г.А. и соавт., 1989).

Разработанные нами и (или) изученные плодоовощные консервы (икра, соки, джемы) какносители калия и пектинов также снижают накопление радионуклидов. Мы исходили из того, что потребление пектинов детьми не должно превышать 2–3 г•сут<sup>-1</sup>. Повышение дозы пектинов до

3 g•day<sup>-1</sup>. Pectin dose elevation up to 10–15 g•day<sup>-1</sup> (for radionuclide absorption lowering effect amplification) is undesirable. It is noteworthy that natural juices with pulp, ground fruit (as a paste) also affect the radioactive caesium metabolism because of high potassium (caesium analogue) content. Therefore we recommend natural fruit, berries, vegetables with products of their processing enriched with low-molecular pectin.

From the 5 types of studied edible (food) fibers (from bran, beet oilcake, orange peel, lemon peel and from alfalfa) the most effective decrease of radionuclide content (strontium for 37%, caesium for 16%) was exerted by food fibers from alfalfa (Korzun V.N., 1980; 1995) (figure 7).

10–15 г•сут<sup>-1</sup> (для увеличения эффекта снижения всасывания радионуклидов) нежелательно. Натуральные соки с мякотью, измельченные (в виде икры) плоды также влияют на метаболизм радиоактивного цезия, что объясняется высокой концентрацией в них аналога цезия калия. Поэтому мы рекомендуем для питания населения, проживающего на загрязненных территориях, как натуральные фрукты, ягоды, овощи, так и продукты их переработки, обогащенные низкомолекулярным пектином.

Из 5 видов изученных нами пищевых волокон (из отрубей, свекловичного жома, кожуры апельсина, кожуры лимона и из люцерны) самое высокое снижение накопления радионуклидов (стронция — на 37%, цезия — на 16%) оказали пищевые волокна из люцерны (Корзун В.Н., 1980; 1995) (рисунок 7).

FIGURE 6. RADIONUCLIDES ACCUMULATION DECREASE (%) IN RAT DEPENDING ON PECTIN TYPE

РИСУНОК 6. СНИЖЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ (%) В ОРГАНИЗМЕ КРЫС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ПЕКТИНА

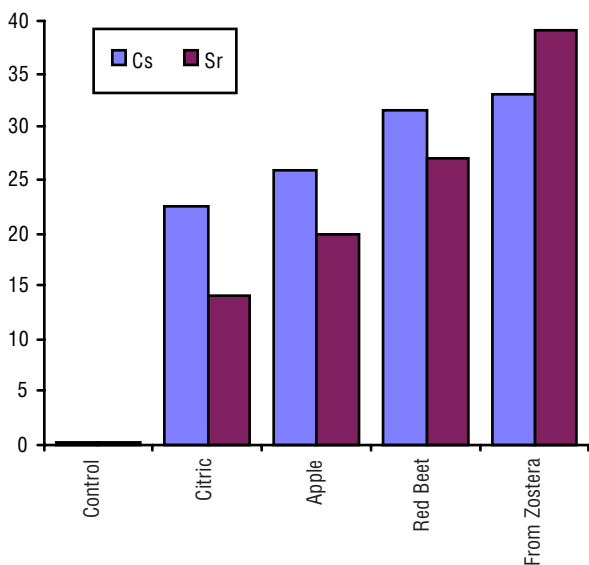
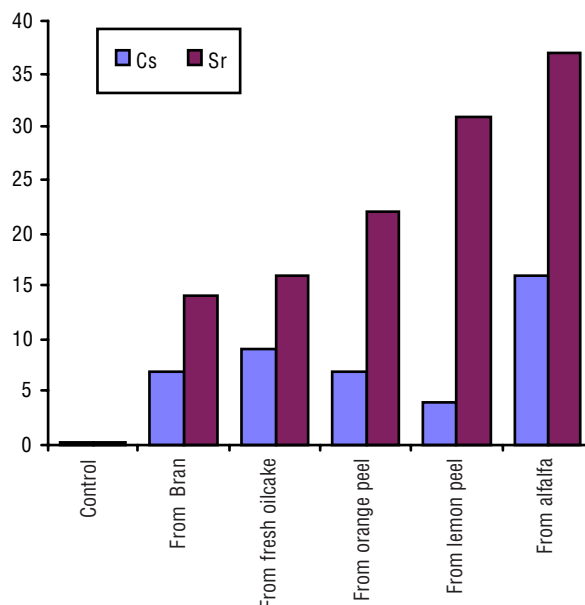


FIGURE 7. RADIONUCLIDES CONTENT DECREASE (%) IN RAT DEPENDING ON TYPE OF FOOD FIBERS

РИСУНОК 7. СНИЖЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ (%) В ОРГАНИЗМЕ КРЫС В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА ПИЩЕВЫХ ВОЛОКОН



As is well known potassium salts have an important role in intracellular metabolism, water-salt metabolism, osmotic pressure, acid-base balance regulation, are necessary for normal muscular function in particular myocardial. Potassium promotes water and sodium excretion from the organism, activates several enzymes (Korzun V.N. et al., 1994). With potassium lack caesium radionuclide accumulation in the organism is elevated. Our studies revealed that fruit-vegetable dishes in the diet prevent caesium accumulation and accelerate its urine excretion. Therefore a sufficient amount of products containing potassium, vegetables, fruits, dried fruits, juices with pulp, sea kale, peas, haricot, potato is to be present in the diet of residents of contaminated regions. The potassium content in daily diet is to be no lower than 4 g in any level of

Соли калия, как известно, играют большую роль во внутриклеточном обмене, в регуляции водно-солевого обмена, осмотического давления, кислотно-основного равновесия, необходимы для нормальной деятельности мышц, в частности, сердца. Калий способствует выведению из организма воды и натрия, активизирует ряд ферментов (Корзун В.Н. и соавт., 1994). При его недостатке увеличивается накопление в организме радионуклидов цезия. Наши исследования показали, что использование в рационе плодоовощных блюд препятствует накоплению этого радионуклида и ускоряет его выведение с мочой. Поэтому в рационе жителей загрязненных регионов в обязательном порядке должны быть в достаточном количестве продукты, содержащие калий, овощи, фрукты, сухофрукты, соки с мякотью, морская капуста, горох, фасоль, картофель. Содержание калия в суточном рационе не дол-

foodstuffs' contamination with radioactive caesium.

During working out of the foodstuffs compound we determined that it is impossible to bring in the optimal dose of alginate, Laminaria, pectin in the same product without changes in its organoleptic and physical-chemical properties. Apart from for long-term consumption a number of products is required to minimize the dishes' reiteration, exclude palling on and not to disturb the optimal set of food substances.

Whereas the radiometric and dosimetric issues of foodstuffs with alginates, Prussian blue, pectin, food fibers etc. working out and application are technologically solved, the question of their application expediency among the whole world is not unambiguously solved. According to many experts (Eoll E.J., 1989; Kolesnikov V.S. et al., 1990; Krasnopevtsev V.M., Istomyn A.V., 1993; Istomyn A.V., Krasnopevtsev V.M., 1994) any excess of the long-living radionuclides content in diet requires protective preparations and products application. Experts from the Institute of Biophysics (Moscow) follow a more careful approach in this issue. Thus L.A. Buldakov in his monograph "Radioactive substances and man" (1990) says that the question of any direct or indirect tools and means application expediency for incorporated radioactive substances elimination acceleration or their deposition averting under chronic oral or inhalation entry is to be solved individually. The type and amount of radioactive substance, way, time and duration of its entry, exposed person status and external irradiation dose value, number of affected persons and estimated consequences of radionuclides incorporation are to be taken into account. One can not disagree with that. But the theory that one of the best modes of protection is to be considered as "exclusion and limitation of the contaminated foodstuffs consumption up to the moment of radioactivity recession to acceptable levels providing human complete safety" is not quite clear. What is to be considered "an acceptable level" and for how long one is to expect the mentioned "recession"?

From our point of view such radioprotective tools as alginates, pectin, food fibers, calcium salts (within reasonable limits), sea kale all with comprehensive studied safety both in animal experiments and observations on humans, traditionally eating them during all life, application expediency is not in doubt. The food fibers, pectin, alginates are able not only to decrease radionuclide incorporation but also lower the risk of constipation, diverticula, colon and rectum polyposis and cancer, piles, atherosclerosis, diabetes mellitus and cholelithiasis. At the same time excess consumption of food fibers and pectin calls forth colon fermentation, increased gassing with meteorism symptoms, proteins, fats, calcium, iron and other minerals assim-

жно быть ниже 4 г при любом загрязнении пищевых продуктов радиоактивным цезием.

При разработке рецептур пищевых продуктов мы убедились в том, что без изменения органолептических и физико-химических свойств продукта, невозможно внести оптимальную дозу альгината, ламинарии, пектинов в один продукт. Кроме того, для условий длительного потребления необходимо иметь набор продуктов, чтобы минимизировать повторяемость блюд, исключить приедаемость, а также не нарушать оптимального набора пищевых веществ.

Если радиометрические, дозиметрические вопросы разработки и использования пищевых продуктов с альгинатами, берлинской лазурью, пектинами, пищевыми волокнами и др. технологически решены, то вопрос целесообразности их применения во всем мире однозначно не решен. По мнению многих исследователей (Эолл Э. Дж., 1989; Колесников В.С. и соавт., 1990; Краснопеvtsev В.М., Истомин А.В., 1993; Истомин А.В., Краснопеvtsev В.М., 1994), любое превышение в пищевом рационе содержания долгоживущих радионуклидов требует применения защитных препаратов, продуктов. Более осторожно подходят к этому вопросу ученые Института биофизики (Москва). Так, Л.А. Булдаков в монографии "Радиоактивные вещества и человек" (1990) пишет о том, что вопрос о целесообразности применения любых косвенных или прямых средств и способов ускорения выведения из организма инкорпорированных радиоактивных веществ или предотвращения депонирования их при хроническом пероральном или ингаляционном поступлении решается индивидуально с учетом вида и количества радиоактивного вещества, пути, времени и длительности его поступления, состояния пострадавшего и дозы внешнего облучения, количества пострадавших и предполагаемых последствий от инкорпорированных радионуклидов. С этим нельзя не согласиться. Однако не совсем ясно положение о том, что одним из лучших способов защиты следует считать "исключение и ограничение потребления "загрязненных" пищевых продуктов до тех пор, пока радиоактивность не спадет до приемлемых уровней, обеспечивающих полную безопасность человека". Что же считать "приемлемым уровнем" и сколько ждать этого "спада"?

Целесообразность применения таких радиозащитных средств, как альгинаты, пектины, пищевые волокна, соли кальция (в разумных пределах), морская капуста, безвредность которых изучена как в опытах на животных, так и в наблюдениях на людях, традиционно потребляющих их в пищу на протяжении всей жизни, не вызывает сомнений. Пищевые волокна, пектины, альгинаты способны не только снизить инкорпорирование радионуклидов, но и риск возникновения запоров, дивертикулов, полипоза и рака толстой и прямой кишки, геморроя, атеросклероза, сахарного диабета, желчнокаменной болезни. В то же время избыточное потребление пищевых волокон и пектина обуславливает брожение в толстой кишке, усиленное газообразование с явлениями метеоризма, ухудшение усвоения белков, жиров, кальция, железа и других ми-

ilation deterioration. Therefore we consider food fibers daily consumption is not to exceed 25–30 g, pectin — 2–3 g, alginates — 6–10 g.

The Prussian blue use issue both as pharmacological preparation (ferrocyn) and in content of foodstuffs is to be settled individually in every specific case. Our studies (Astashov N.P., 1990; Korzun V.N., 1995) and works of other authors (Ilyazov R.G. et al., 1990; Romanov L.M., Kostuk D.M., 1993) made conditional its use in livestock food for more purified production (milk, meat). Concerning the population we consider possible (necessary) Prussian blue application in regions where foodstuffs include caesium radionuclides in amounts exceeding permissible levels and where respective product consumption leads to internal irradiation dose values over the permissible level. At the same time other methods (replacement of contaminated products with “clean” ones, culinary processing) are ineffective. At present such territories are the northern regions of Rivno province where the population uses products (milk, meat, cranberries, potato, mushrooms etc.) with sizable content of  $^{137}\text{Cs}$ .

The agrochemical arrangements being carried out for radionuclides transition decrease from soil to plants (soil liming, land-reclamation, increased doses of fertilizers application) lower foodstuff contamination levels 2–4 times. However not only is radionuclide transition decreased but also that of biologically important macro- and microelements — cobalt, copper, zinc, iron, manganese etc. (Prister B.S. et al., 1991; Popov D.K. et al., 1993; Korzun V.V., 1995). The last one is followed by plants, animals and in all probability human morbidity elevation. Apart from this, the self-restrictions and economic dislocation redoubled the nutrition defects that were marked in the pre-accidental period too.

A fourth problem is emerging here — the issue of population actual nutrition study in contaminated regions and arrangements for its correction.

The protective arrangements held within the contaminated territories (local food production and consumption restrictions, liming of soils, land-reclamation), different way of radiation risk perception by population, contaminated regions supplementation with foodstuffs problem, and finally — economic ruin in the state have led to two unfavorable factors summarization. The radiation factor (external and internal irradiation at present, doses received in preceding period) was joined by one of unbalanced, inferior nutrition i.e. excessive consumption of carbohydrates (bread, cereals, macaroni, sugar), animal proteins, vitamins, microelements shortage.

According to the study results of experts from Moscow, Kyiv, Minsk (Kolesnikov V.S. et al., 1990; Kniznikov V.A., 1992; Istomyn A.V., Krasnopevtsev V.M.,

неральных веществ. Поэтому мы считаем, что суточное потребление пищевых волокон не должно превышать 25–30 г, пектинов — 2–3 г, альгинатов — 6–10 г.

Вопрос о применении берлинской лазури как в виде фармпрепарата (ферроцина), так и в составе пищевых продуктов должен решаться индивидуально в каждом конкретном случае. Наши исследования (Асташев Н.П., 1990; Корзун В.Н., 1995) и работы других авторов (Ильязов Р.Г. и соавт., 1990; Романов Л.М., Костюк Д.М., 1993), обусловили возможности использования ее в рационе продуктивных животных для получения более чистой продукции (молока, мяса). Что же касается населения, то мы считаем возможным (необходимым) использовать берлинскую лазурь в тех регионах, где пищевые продукты содержат радионуклиды цезия в количествах, превышающих допустимые уровни, и при потреблении которых население получает дозу внутреннего облучения выше допустимой, а другими методами (замена “грязных” продуктов на “чистые”, кулинарная обработка) не удается избежать этого. На сегодняшний день такими регионами являются северные районы Ривненской области, где население потребляет продукты (молоко, мясо, клюкву, картофель, грибы и др.) со значительным содержанием  $^{137}\text{Cs}$ .

Проведение агрохимических мероприятий по снижению перехода радионуклидов из почвы в растения (известкование почв, внесение мелиорантов, повышенных доз минеральных удобрений) в 2–4 раза снижает уровни загрязнения пищевых продуктов. Однако при этом снижается переход не только радионуклидов, но и биологически значимых макро- и микроэлементов — кобальта, меди, цинка, железа, марганца и др. (Пристер Б.С. и соавт., 1991; Попов Д.К. и соавт., 1993; Корзун В.Н., 1995), что влечет за собой повышение заболеваемости растений, животных и, по всей видимости, человека. Кроме того, самоограничения, экономическая разруха усугубили пороки питания, которые отмечались и в доаварийный период.

Возникает четвертая проблема — изучение фактического питания населения загрязненных районов и разработка мероприятий по его коррекции.

Защитные мероприятия, проводившиеся на загрязненных территориях (ограничение производства и потребления местных продуктов, известкование почв, внесение мелиорантов), различное восприятие населением риска радиации, проблемы обеспечения продуктами питания пострадавших районов и, наконец, экономическая разруха в стране привели к тому, что ключевому фактору (внешнее и внутреннее облучение в настоящее время, дозы, особенно на щитовидную железу, полученные в предыдущие годы) присоединился еще и фактор разбалансированного, неполноценного питания — избыточное поступление в организм углеводов (хлеба, круп, макаронных изделий, сахара), недостаток белков животного происхождения, витаминов, микроэлементов.

Как показали результаты исследований ученых Москвы, Киева, Минска (Колесников В.С. и соавт., 1990; Книжников В.А., 1992; Истомин А.В., Краснопевцев В.М.,

1994; Korzun V.N., 1995) the vegetable content of contaminated territories population diet is decreased 1.6–2.2 times. That of fruit and berries is 2.5–3-fold, milk and dairy produce — 2–3-fold, meat — 1.3–1.5-fold, fish and non-fish seafood — 1.7–3.5-fold decrease.

Taking into account the lack of microelements in soils of Polesye that is redoubled by liming, background of numerous publications about the biological effect of seafood (fish, Crustacea and especially sea kale) we studied in animal experiments and clinical observations in man the radioprotective and general-therapeutic effects of products made from sea kale (“Dalnevostochny”, “Zdorovje” salads, salad from Cucumaria, piquant sticks, jam, etc.). These products are industrially manufactured and worked out in our collaboration with the technologists. We have established that the mentioned products’ inclusion in daily food of animals lowers the  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{85}\text{Sr}$  incorporated accumulation. These products’ application in nutrition of children among the contaminated regions promotes more intensive excretion of radionuclides with excrement. Moreover a positive therapeutic effect is noted in 80% of the examined children: stomach aches ceased in 72%, dyskinetic phenomena — in 68%. Intestinal cavitary digestion normalized in 64%, gastric mucosa status improved in children with gastroduodenal pathology, hemoglobin level and red blood cell count normalized in children suffering mild iron deficiency anemia. The laboratory and clinical studies results enabled us to recommend sea kale products for nutrition of population in the exposed regions (Korsun V.N. et al., 1994; Korsun V.N., Nedourov S.I., 1995; Korsun V.N., 1995).

After the Soviet Union disintegration Laminaria (sea kale) has become an unavailable sea product. That is why we, in collaboration with “Fortune” Co. (city of Kahovka) during 1996–1997, carried out tests of sea algae from the Black and Azov Seas. From them *Zostera* was found to be the most perspective and health-giving one. Its chemical content is only a bit different from that of Laminaria and polysaccharide zosterin has property of lowering radioactive strontium. Not getting into detailed analysis of *Zostera* chemical content it is worth noting that 2 tablets (1 g) of this substance provides the daily requirement of iodine, manganese and selenium. The Ministry of Public Health of Ukraine issued permission for production of food supplement “Biostar. *Zostera* product”.

Our research held in the Dispensary Endocrinology Department of Ternopol Central Clinical Hospital data results testify that the food supplement “Biostar. *Zostera* product” gives pronounced therapeutic effect in patients with digestive, hemopoietic and immune systems pathology, normalizes selenium and iodine metabolism (table 3) that provides proper thyroid function and also have radioprotective properties. It can be recom-

1994; Корзун В.Н., 1995), в рационе населения загрязненных территорий снижено содержание овощей в 1,6–2,2 раза, фруктов и ягод — в 2,5–3 раза, молока и молочных продуктов — в 2–3 раза, мяса — в 1,3–1,5 раза, рыбы и нерыбных продуктов моря — в 1,7–3,5 раза.

Учитывая недостаток в почвах Полесья многих микроэлементов, который усугубляется проведением известкования почв, а также многочисленные публикации о биологическом действии продуктов моря (рыбы, ракообразных и, особенно, морской капусты), мы в экспериментах на животных и в клинических наблюдениях на людях изучили радиозащитное и общетерапевтическое действие выпускаемых промышленностью и разработанных нами совместно с технологами продуктов из морской капусты (салаты “Дальневосточный”, “Здоровье”, салат из кукумарии, палочки пикантные, джем и др.). Установлено, что включение этих продуктов в рацион животных снижает накопление в их организме  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{85}\text{Sr}$ . Использование этих продуктов в питании детей из загрязненных районов способствовало более интенсивному выведению радионуклидов с экскрементами. Кроме того, отмечен положительный терапевтический эффект у 80% обследованных детей: боль в животе исчезла у 72%, дискинетические явления — у 68%, полостное пищеварение нормализовалось у 64%, улучшилось состояние слизистой оболочки желудка у детей с гастродуоденальной патологией, нормализовался уровень гемоглобина и эритроцитов у детей с железодефицитной анемией легкой степени. Данные лабораторных и клинических исследований позволили рекомендовать продукты из морской капусты для питания населения пострадавших районов (Корзун В.Н. и соавт., 1994; Корзун В.Н., Недоуров С.И., 1995; Корзун В.Н., 1995).

После распада Советского Союза ламинария стала для нас недоступным импортным продуктом. Поэтому мы при содействии фирмы “Фортуна” (г.Каховка) в течение 1996–1997 г. провели испытания морских водорослей Азовского и Черного морей. Из них наиболее перспективной и полезной оказалась зостера, которая по химическому составу мало чем отличается от ламинарии, а полисахарид зостерин обладает свойством снижать всасывание радиоактивного стронция. Не вдаваясь подробно в анализ химического состава зостеры, отметим, что 1 г (2 таблетки) этого вещества обеспечивают суточную потребность человека в йоде, марганце и селене. Минздрав Украины дал разрешение на выпуск пищевой добавки “Биостар. Продукт из зостеры”.

Данные наших исследований, проведенных в диспансерном эндокринологическом отделении Тернопольской областной клинической больницы, свидетельствуют о том, что пищевая добавка “Биостар. Продукт из зостеры” дает выраженный терапевтический эффект у больных с патологией пищеварительной, кровяной и иммунной систем, нормализует обмен селена, йода (таблица 3), что обеспечивает хорошую функцию щитовидной железы, а также обладает радиозащитными свойствами.

DYNAMICS OF IODINE EXCRETION WITH URINE IN CHILDREN

TABLE 3

ДИНАМИКА ВЫВЕДЕНИЯ ЙОДА С МОЧОЙ У ДЕТЕЙ

ТАБЛИЦА 3

Group	Age, years	Average body weight, kg	Q of body, kBq			Amount of iodine, $\mu\text{g} \cdot 100\text{mL}^{-1}$ of urine per day		
			1 <sup>st</sup> day	14 <sup>th</sup> day	28 <sup>th</sup> day	1 <sup>st</sup> day	14 <sup>th</sup> day	28 <sup>th</sup> day
1 <sup>st</sup> (15 children)	11–14	31.3	11.50	8.14	5.55	3.6±0.41	8.4±0.72	12.2±0.83
2 <sup>nd</sup> (14 children)	11–14	32.6	12.11	10.3	8.22	3.5±0.39	3.9±0.42	4.2±0.40

mended for inclusion in the diet of populations resident in endemic and radionuclide contaminated regions.

The ecologically safe foodstuffs' elaboration and providing all the surviving population after the ChNPP accident at present in economic dislocation situation is unreal. Therefore in our opinion the experts, medical staff and public are to endeavor on sanitary, hygienic competence of population various groups and execution of arrangements for population nutrition real improvement in controlled regions.

Nutrition correction as irradiation risk factor decrease is to be executed by dint of:

— the most contaminated foodstuffs withdrawal from diet — some forest berries, mushrooms, milk and meat (on the assumption of replacement with imported ones);

— providing the population with products containing potassium, calcium, food fibers, pectin substances, iodine, iron, cobalt and selenium microelements;

— working out and population provision with foodstuffs decreasing radionuclide accumulation (seafood, bakery, fruits and vegetables, canned meat, dairy produce);

— working out and application of products elevating organism resistance to ionizing radiation i.e. containing radioprotectors —  $\beta$ -carotene, methionine, taurine; vitamin E, natural antioxidants (black currant, apple powder, greens, Zostera, sea kale etc.).

Furthermore the contaminated regions population nutrition correction is to foresee the organism resistance increase towards also other detrimental non-radiation, non-ionizing factors.

Organism resistance increase to unfavorable factors including ionizing radiation is an important and effective component of survival complex program under ecological disaster conditions caused by environment contamination with heavy metals salts, pesticides, industrial and transport releases, radionuclides. As it was mentioned above the full value protein optimal content in diet increases organism resistance to many factors including ionizing radiation. Thus after animals' exposure to high  $\gamma$ -radiation doses (6–8 Gy) their life

ми. Она может быть рекомендована для включения в рацион питания населения, проживающего в эндемичных и загрязненных радионуклидами районах.

Создание экологически чистых продуктов питания и обеспечение ими всего пострадавшего вследствие аварии на ЧАЭС населения в сегодняшней экономической ситуации нереально. Поэтому усилия ученых, медицинских работников, общественности должны быть направлены на повышение санитарно-гигиенической грамотности различных групп населения и проведение мероприятий по улучшению фактического питания населения контролируемых районов.

Коррекция питания как фактор снижения риска облучения должна осуществляться путем:

— изъятия из рациона наиболее загрязненных пищевых продуктов — некоторых лесных ягод, грибов, молока и мяса (при условии замены их привозными);

— обеспечения населения продуктами — носителями калия, кальция, пищевых волокон, пектиновых веществ, микроэлементов йода, железа, кобальта, селена;

— разработки продуктов, снижающих накопление радионуклидов (продукты моря, хлебопродукты, плодоовощные, мясные консервы, молочные продукты), и снабжение ими населения;

— разработки и внедрения продуктов, повышающих устойчивость организма к ионизирующему излучению, т.е. включающих радиопротекторы —  $\beta$ -каротин, метионин, таурин; витамин E, природные антиоксиданты (черную смородину, яблочный порошок, огородную зелень, зостеру, морскую капусту и т.п.).

Кроме того, коррекция питания населения пострадавших районов должна учитывать повышение устойчивости организма и к другим, вредным нерадиационным, неионизирующим факторам.

Повышение устойчивости организма к неблагоприятным факторам, в том числе ионизирующим излучениям, — важный, эффективный компонент комплексной программы выживания в условиях экологической катастрофы, обусловленной загрязнением окружающей среды солями тяжелых металлов, пестицидами, выбросами промышленного производства и транспорта, радионуклидами. Оптимальное содержание полноценного белка в рационе питания повышает устойчивость организма ко многим факторам, в том числе к ионизирующему излучению. Так, при облучении животных большими дозами  $\gamma$ -излучения (6–8 Гр) продол-

span was higher and mortality with tumor genesis — lower in study groups with more protein content in diet. The separate amino-acids (methionine, isoleucine, tryptophan, threonine etc.) have the same properties. Vitamins increase organism resistance to ionizing (and toxic) factors. They inactivate free radicals, inhibit lipid peroxidation processes. The effect is most expressed in ascorbic acid (vitamin C), tocopherol (vitamin E), carotene and retinol (vitamin A).

Ascorbic acid stimulates the immune system, increases blood vessels' durability and also has a pronounced radioprotective quality of free oxygen forms inactivation, maintains the SH-groups of proteins reduced. According to one theory, ascorbic acid blocking the hyaluronidase enzyme inhibits cell division, decreasing respectively tissues' radio-sensitivity.

Bioflavonoids are an important part of the radioprotective complex. These compounds strengthen the vascular wall and intracellular membranes, express antioxydative properties, mitigate energy balance disorders, jointly with ascorbic acid and carotene provide the lowering of "breakage" extent in organism under the irradiation.

To provide all the necessary food components consumption, the nutrition is to be multifarious with obligatory inclusion of fruit, vegetables (fruit and vegetables to a certain extent can be replaced by juices, especially with pulp, or puree), milk, meat and fish dishes in the diet. Within the present economical situation the recommendations for products' variety can hardly be done with expectation of their fulfilment. But still we recommend as far as possible to include the following in the daily diet: 200–250 g of non-fat meat, meat and fish products, 300–350 g of bread including 200–250 g of that from coarse ground flour, 300–350 g of potatoes, 50–100 g of cheese or curd, 0.5 l of milk or sour dairy produce (kefir, ryazhenka, curdled milk, yoghurt), 400–500 g of vegetables (first of all sea algae, carrot, cabbage, red beet, garden radish, tomatoes), 20–25 g of animal fats (lard preferable), 20–25 g of vegetable fat, 40–45 g of buckwheat or oatmeal, 150–200 g of fruits or juices from them.

Such a daily diet will provide the daily consumption of main food substances and thus increase the resistance of the organism towards unfavorable environmental factors including radiation.

жительство их жизни была больше, а смертность и развитие опухолей меньше в тех группах, где в рационе было больше белка. Такими же свойствами обладают отдельные аминокислоты — метионин, изолейцин, триптофан, треонин и др. Повышают устойчивость организма к ионизирующему (и токсическому) фактору витамины. Они инактивируют свободные радикалы, тормозят процессы перекисного окисления липидов. Наиболее выражен такой эффект у аскорбиновой кислоты (витамина С), токоферола (витамина Е), каротина и ретинола (витамина А).

Аскорбиновая кислота, стимулируя иммунную систему, укрепляя прочность кровеносных сосудов, обладает также выраженным радиопротекторным свойством — инактивирует свободные формы кислорода, поддерживает в восстановленном состоянии SH-группы белков. Согласно одной из теорий, аскорбиновая кислота, блокируя фермент гиалуронидазу, тормозит деление клеток, снижая тем самым радиочувствительность тканей.

Важная роль в радиозащитном комплексе принадлежит биофлавоноидам. Они укрепляют стенки сосудов и внутриклеточные мембраны, проявляют антиоксидантные свойства, смягчают нарушения энергетического баланса, вместе с аскорбиновой кислотой и каротином обеспечивают снижение "поломки" в организме при облучении.

Чтобы обеспечить поступление всех важных пищевых веществ в организм, питание должно быть разнообразным, с обязательным включением в рацион фруктов, овощей (фрукты и овощи можно до некоторой степени заменить соками, особенно с мякотью, или пюре), молочных, мясных и рыбных блюд. В сложившейся экономической ситуации трудно давать рекомендации по продуктовому набору и надеяться на их выполнение. И все же мы рекомендуем, по возможности, в суточный рацион включать: 200–250 г нежирного мяса, мясных и рыбных продуктов, 300–350 г хлеба, в том числе не менее 200–250 г из муки грубого помола, 300–350 г картофеля, 50–100 г сыра или творога, 0,5 л молока или кисломолочных продуктов (кефира, ряженки, простокваши, йогурта), 400–500 г овощей (в первую очередь морских водорослей, моркови, капусты, свеклы, редиса, томатов), 20–25 г животных жиров (лучше сала), 20–25 г растительных жиров, 40–45 г круп (желательно гречневой или овсяной), 150–200 г фруктов или соков из них.

Такой рацион питания обеспечит суточное поступление основных пищевых веществ и, таким образом, повысит устойчивость организма к неблагоприятным факторам внешней среды, в том числе радиационному.

## REFERENCES

*Ажгихин И.С., Аразашвили А.И., Аракелова Н.Н. и др.* Особенности действия и перспективы применения в медицине деградированных альгинатов. Фармация, 1988, 37 (1): 77–85.

[*Azbbibin I.S., Arazasvili A.I., Arakelova N.N. et al.* Characteristics of action and aspects of use degraded alginates in medicine. Farmacia, 1988, 37(1): 77–85]

*Аймухамедова Г.Б., Алиева Д.Е., Шелухина Н.П.* Свойства и применение пектиновых сорбентов. Фрунзе: Илим, 1984, 130 с.

[*Aimubamedova G.B., Alieva D.E., Sbelubina N.P.* Features and usage of pectin's sorbents. Frunze: Ilim, 1984, 130 p.]

[*Алтухова Г.А., Иванников А.Т., Морозов И.А. и др.* Влияние пищевых волокон на всасывание радионуклидов стронция и цезия из пищеварительного тракта. В кн.: Метаболизм и биологическое действие радионуклидов при оральном поступлении в организм. Сб. науч. тр., Москва, 1989, с. 65–73.]

[*Altukhova G.A., Ivannikov A.T., Morozov I.A. et al.* Impact of food fibers on caesium radionuclides absorption from digestive tract. In: Metabolism and biological effects of radionuclides under organism oral uptake. Coll. Art., Moscow, 1989, p. 65–73]

[*Анненков Б.Н., Юдинцева Е.В.* Основы сельскохозяйственной радиологии. Москва: Агропромиздат, 1991, 290 с.]

[*Annenkov B.N., Yudinseva Ye.B.* Principles of agricultural radiology. Moscow: Agropromizdat, 1991, 290 p.]

[*Асташиева Н.П., Романов Л.М., Костюк Д.М., Корзун В.Н.* Влияние ферроцина на экскрецию радиоцезия у коров и свиней. В кн.: 3-я Всесоюз. конф. по сельхозрадиологии. Тез. докл., Обнинск, 1990, т. 2, с. 194–195.]

[*Astasheva N.P., Romanov L.M., Kostuk D.M., Korzun V.N.* Effect of ferrocyn on radiocaesium excretion in cows and pigs. In: 3<sup>rd</sup> All-Un. Conf. for agricultural radiology. Proc. Rep. Obninsk, 1990, Vol.2, p. 194–195]

[*Булдаков Л.А.* Радиоактивные вещества и человек. Москва: Энергоатомиздат, 1990, 160 с.]

[*Buldakov L.A.* Radioactive substances and man. Moscow: Energoatomizdat, 1990, 160 p.]

[*Василенко И.Я.* Радиоактивный стронций (стронций-89, 90) в продуктах питания. Вопр. питания, 1989, 5: 4–10.]

[*Vasylenko I.Ya.* Radioactive strontium (strontium-89,90) in foodstuffs. Nutrition problems, 1989, 5: 4–10]

[*Ильин Л.А.* Основы защиты организма от воздействия радиоактивных веществ. Москва: Атомиздат, 1977, 256 с.]

[*Ilyin L.A.* Principles of organism protection from radioactive substances impact. Moscow: Atomizdat, 1977, 256 p.]

[*Ильязов Р.Г., Карпенко А.Ф., Купчинов Б.И.* Пути снижения поступления радионуклидов в продукты животноводства на территории радиоактивного загрязнения. В кн.: 3-я Всесоюз. конф. по сельхозрадиологии: Тез. докл. Обнинск, 1990, т. 2, с. 181–182.]

[*Ilyazov R.G., Karpenko A.F., Kupchinov B.I.* Ways of radionuclides transition decrease in animal husbandry products within territory of radioactive contamination. In: 3<sup>rd</sup> All-Un. Conf. for agricultural radiology. Proc. Rep. Obninsk, 1990, vol.2, p.181-182]

[*Истомин А.В., Краснопевцев В.М.* Фактическое питание школьников в районе, пострадавшем от аварии на ЧАЭС. Вопр. питания, 1994, 3: 22–24.]

[*Istomyn A.V., Krasnopevtsev V.M.* Actual nutrition of schoolchildren in region affected by the ChNPP accident. Nutrition problems, 1994, 3: 22–24]

[*Колесников В.С., Енишина А.Н., Кедрова И.И.* Структура питания населения контролируемых районов Гомельской и Могилевской областей. В кн.: Материалы I науч.-практ. конф., Минск, 26–27 декабря, 1989 г. Минск, 1990, с.142–146.]

[*Kolesnikov V.S., Yenshyna A.N., Kedrova I.I.* Nutrition structure in people of controlled regions from Gomel and Mogilev provinces. In: Proc. 1<sup>st</sup> Sci.-Pract. Conf., Minsk, December 26–27, 1989, Minsk, 1990, p. 142–146]

[*Книжников В.А.* Радиационная безопасность на территориях, загрязненных в результате Чернобыльской аварии: порочный круг проблем. Мед. радиология, 1992, 1: 4–8.]

[*Kniznikov V.A.* Radiation safety in territories contaminated after the Chernobyl accident: vicious circle of problems. Med. Radiol., 1992, 1: 4–8]

[*Книжников В.А., Бархударов Р.М., Брук Г.Я. и др.* Поступление радионуклидов по пищевым цепям как фактор облучения населения СССР после аварии на Чернобыльской АЭС. В кн.: Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. Материалы науч. конф., Киев, 11–13 мая 1988 г. Киев, 1988, с. 66–76.]

[*Kniznikov V.A., Barkhudarov R.M., Bruk G.Ya. et al.* Radionuclides incorporation through food chains as USSR population irradiation factor after the Chernobyl NPP accident. In: Chernobyl NPP accident medical aspects. Proc. Sci. Conf., Kyiv, May 11–13, 1988, Kyiv, 1988, p. 66–76]

[*Корзун В.Н.* Гигиеническая проблема профилактики внутреннего облучения организма при хроническом алиментарном поступлении радионуклидов цезия и стронция: Дис. ... д-ра мед. наук, Киев, 1995, 289 с.]

[*Korzun V.N.* Organism internal irradiation prophylactics hygienic problem under chronic alimentary uptake of caesium and strontium radionuclides: Dissertation for a Doctor's degree, Kyiv, 1995, 289 p.]

[*Корзун В.Н., Лось И.П., Честнов О.П.* Чернобыль: радиация и питание. Київ: Здоров'я, 1994, 64 с.]

[*Korzun V.N., Los I.P., Chestnov O.P.* Chernobyl: radiation and nutrition. Kyiv: Zdorov'ya, 1994, 64 p.]

[*Корзун В.Н., Недоуров С.И.* Радиация: защита населения. Київ: Наук. думка, 1995, 112 с.]

[*Korzun V.N., Nedourov S.I.* Radiation: population protection. Kyiv, Naukova Dumka, 1995, 122 p.]

[*Корзун В.Н.* Роль пищевых веществ в накоплении цезия-137 и стронция-90 в организме. Врач. дело, 1980, 2: 99–101.]

[*Korzun V.N.* Role of food substances in cesium-137 and strontium-90 accumulation in the body. Vrach. Delo, 1980, 2: 99–101]

[*Корзун В.Н., Сагло В.И., Гальбрайтх Л.С.* Дезактивация продуктов питания, загрязненных радионуклидами цезия. В кн.: Авария на Чернобыльской АЭС: Радиационный мониторинг, клинические проблемы, социально-психологические аспекты, демографическая ситуация, малые дозы ионизирующего излучения. Информ. бюл. Киев, 1992, вып. 2, т. 1, с. 271–285.]

[*Korzun V.N., Saglo V.I., Galbrajtkh L.S.* Foodstuffs contaminated with caesium radionuclides decontamination. In: Chernobyl NPP accident: Radiation monitoring, clinical problems, social-psychological aspects, demographic situation, low ionizing radiation doses. Inf. Bull. Kyiv, 1992, Iss.2, Vol.1, p. 271–285]

[*Краснопевцев В.М., Истомин А.В.* Гигиенические аспекты разработки пищевых продуктов и рационализации питания населения. Вопр. питания, 1993, 3: 61–63.]

[*Krasnopevtsev V.M., Istomyn A.V.* Hygienic aspects of foodstuffs working out and population nutrition rationalization. Nutrition problems, 1993, 3: 61–63]

[*Кульчицкая В.П., Карповец П.М., Шулярченко В.П.* Фактическое питание и состояние здоровья детей и подростков Народического района Житомирской области и Полесского района Киевской области. В кн.: Состояние здоровья населения Народического района Житомирской области, а также других контролируемых по радиационному фактору районов УССР. Материалы науч.-практ. конф., Киев, 1990, с. 42–51.]

[*Kulchitskaya V.P., Karpovets P.M., Shularenko V.P.* Actual nutrition and health status in children and adolescents in Narodichi region from



Zhitomyr province and Poleskoye region Kiev province. In: Population health status in Narodichi region of Zhitomyr province and other regions controlled for radiation factor in USSR. Proc. Sci.-pract. Conf., Kyiv, 1990, p. 42–51]

*Лось И.П., Комариков И.Ю., Федосенко Г.В., Шевчук В.Е.* Авария на Чернобыльской АЭС: прогноз радиоэкологической обстановки по результатам четырехлетнего изучения ее динамики. В кн.: Проблемы радиационной медицины. Сб. науч. тр. УНЦРМ, Киев, 1992, с. 131–136.

[*Los I.P., Komarikov I.Yu., Fedosenko G.V., Shevchuk V.Ye.* Chernobyl NPP accident: radioecological situation prognosis according to its dynamics four-years-long study results. In: Problems of radiation medicine. Coll. Sci. Art. USCRM, Kyiv, 1992, p. 131–136]

*Лось И.П., Комариков И.Ю., Корзун В.Н. и др.* Переход радиоцезия и радиостронция, выпавших на почвы СССР в результате аварии на ЧАЭС, в растения и молоко. Вестн. АМН СССР, 1991, 8: 50–52.

[*Los I.P., Komarikov I.Yu., Korzun V.N. et al.* Radiocaesium and radiostrontium deposited in soils of USSR after ChNPP accident transition into plants and milk. Vestn. USSR AMS, 1991, 8: 50–52]

Отчет о НИР “Гигиеническое изучение препарата ферроцин в связи с его использованием при дезактивации молока”. Институт гигиены питания МЗ Украины, Киев, 1991, 14 с.

[Scientific Project Report “Ferrocyn preparation hygienic study in connection with its use in milk decontamination”. Institute of nutritional hygiene, Ministry of Public Health of the Ukraine, Kyiv, 1991, 14 p.]

*Пакуло А.Г.* Способы приготовления пищи и поступление цезия-137 в рацион человека. Гигиена и санитария, 1981, 7: 86.

[*Paculo A.G.* Food preparation methods and caesium-137 entry in human diet. Hygiene and sanitation, 1981, 7: 86]

*Попов Д.К., Евсеенко О.Е., Кадука М.В. и др.* Микроэлементы в организме жителей юго-западных районов Брянской области. В кн.: Проблемы смягчения последствий Чернобыльской катастрофы. Материалы междунар. семинара, Брянск, 1993, Минск, 1993, ч.1, с. 135–136.

[*Popov D.K., Yevseyenko O.Ye., Kaduka M.V. et al.* Microelements in organism of Bryansk province Southern-Western regions residents. In: Chernobyl disaster consequences reduction problems. Proc. Int. Sem. Bryansk, 1993, Minsk, 1993, Part 1, p.135–136]

*Пристер Б.С., Лоцилов Н.А., Немец О.Ф., Поярков В.А.* Основы сельскохозяйственной радиологии. Киев: Урожай, 1991, 470 с.

[*Prister B.S., Loschilov N.A., Nemetz O.F., Poyarkov V.A.* Principles of agricultural radiology. Kyiv: Uroжай, 1991, 470 p.]

*Романенко А.Е., Корзун В.Н., Ильин Л.А. и др.* Способ дезактивации молока, загрязненного радионуклидами цезия. Гигиена и санитария, 1993: 34–36.

[*Romanenko A.E., Korzun V.N., Ilyin L.A., Borisov V.P., Galbraikh L.S., Kononovich N.G., Nazarina L.A., Popov B.A., Saglo V.I., Arzhanova E.V.* Method for deactivation of milk contaminated with cesium radionuclides. Gig Sanit, 1993, 9: 34–36]

*Романов Л.М., Костюк Д.М.* Снижение поступления радионуклидов в организм основных видов сельскохозяйственных животных под влиянием ферроцианидов. В кн.: Радиобиологический съезд. Тез. докл. Пушкино, 1993, ч.3, с. 868.

[*Romanov L.M., Kostuk D.M.* Radionuclides incorporation decrease by means of ferrocyanides in organism of main agricultural animals. In: Radiobiological Congress. Proc. Rep. Puschino, 1993, Part 3, p.868]

*Эолл Э.Дж.* Радиация и жизнь. Москва: Медицина, 1989, 189 с.

[*Aoll A.J.* Radiation and life. Moscow: Medicina, 1989, 189 p.]

*Car T.E.F., Harrison G.E., Humphrey E.R., Sutton A.* Reduction in the absorption and retention of dietary strontium in man by alginate. Int. J. Rad. Biol., 1968, 14 (3): 225–233.

*Farina R., Brando-Melo C.E., Oliveira A.R.* Medical aspects of Cs-137 decorporation: The Goiania radiological accident. Health Phys., 1991, 60 (1): 61–66.

*Hesp R., Romsbottom B.* Effect of sodium alginate in inhibiting uptake of radiostrontium by the human body. Nature, 1965, 208 (5017): 109–110.

*Nielsen P., Dresew B., Fishier R.* Bioavailability of iron and cyanide from Fe-59 and C-14 labelled hexacyanoferrates (II) in rats. Z. Naturforsch., 1990, 45 (6): 681–690.