

V.S. Novikov, V.N. Bortnovsky

PHYSIOLOGICAL AND HYGIENIC BASICS OF ALICAMENT UNDER LONG-TERM IONIZING RADIATION EXPOSURE

Vasily Novikov – vice-president of Russian Academy of Natural Sciences, chairperson of the section of Interdisciplinary problems of science and education of Russian Academy of Natural Sciences, member of Russian Academy of Natural Sciences, Honored Science Worker, a recipient of the State Prize in Science and Engineering, Doctor of Medicine, professor, St. Petersburg; **e-mail: raen.vsn@mail.ru**

Vladimir Bortnovsky – Head of the Department of General Hygiene, Ecology and Radiation Medicine of Gomel State Medical University, corresponding member of Russian Academy of Natural Sciences, laureate of the International Prize “Chernobyl Star”, PhD in Medicine, associate professor, Gomel; **e-mail: kafog2@mail.ru**.

In the article, we describe the modern concept of radiation protection nutrition as means of mass prevention in conditions of long-term low-intense internal irradiation as a result of large-scale radiation accidents. We consider principles of the organization of radiation protection nutrition, application of means of mass prophylactics from the point of view of the recently developed farmaconutritiology combining the nutrition science and pharmacology and studying the main patterns, degree and character of bioactive nutrients having treatment-and-prophylactic characteristics but not being drugs.

Keywords: ionizing radiation; radiation exposure; radiation protection nutrition, nutrients; biosphere factors; alimentation means; mechanism of radiation protection; resistance to radiation exposure; means of mass prophylactics.

В.С. Новиков, В.Н. Бортновский

ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПИТАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Василий Семенович Новиков – вице-президент РАЕН, председатель Секции междисциплинарных проблем науки и образования, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, Заслуженный деятель науки РФ, доктор медицинских наук, профессор, академик г. Санкт-Петербург; **e-mail: raen.vsn@mail.ru**

Владимир Николаевич Бортновский – зав. кафедрой общей гигиены, экологии и радиационной медицины Гомельского государственного медицинского университета, член-корреспондент РАЕН, лауреат международной премии «Звезда Чернобыля», кандидат медицинских наук, доцент, г. Гомель; **e-mail: kafog2@mail.ru**.

В статье изложена современная концепция радиопротекторного питания как средства массовой профилактики населения в условиях длительного низкоинтенсивного внутреннего облучения в результате широкомасштабных радиационных аварий. Авторами рассматриваются принципы организации радиопротекторного питания, применение средств массовой профилактики (СМП) с позиций сформировавшейся в недавнее время новой, объединяющей науку о питании и фармакологию, области знаний – фармаконутрициологии, которая изучает основные закономерности, степень и характер действия биологически активных нутриентов, обладающих лечебно-профилактическими свойствами, но не являющихся лекарствами.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, радиопротекторное питание, нутриенты; факторы биосферы; алиментарные средства; механизм радиозащиты; резистентность к радиационному воздействию; средства массовой профилактики.

Питание оказывает определяющее влияние на состояние здоровья и устойчивость к воздействию экологически вредных производств и условий среды обитания. В условиях радиационной аварии наряду с организационно-техническими мерами, позволяющими исключить или снизить дозовые нагрузки, необходимы меры лечебно-профилактического характера. Последние призваны уменьшить негативные для здоровья последствия радиационного воздействия. Проблема защиты от радиационного воздействия, особенно в случае радиационных аварий, весьма актуальна и разрабатывается на протяжении многих лет [1; 10]. Одно из важных направлений – массовая алиментарная профилактика последствий облучения, рассчитанная на длительную защиту населения в условиях обширного радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Касаясь научных основ питания при воздействии ионизирующего излучения следует иметь в виду, что они должны соответствовать современным требованиям к радиопротекторному питанию, потребностям в энергии и нутриентах, модифицированным по сравнению с общепринятыми нормами, с учетом воздействия на гомеостаз организма комплекса факторов биосферы, алиментарных и неинфекционных заболеваний, а также донозологических биохимических и структурных изменений вследствие проживания в антропогенно загрязненной окружающей среде [4].

Алиментарные средства различны по механизму действия и обеспечивают, в частности:

- снижение риска канцерогенеза на единицу дозы при уже имевшем место или продолжающемся облучении;

- снижение дозовых нагрузок внутреннего облучения путем уменьшения резорбции в желудочно-кишечном тракте и ускорение выведения радионуклидов, поступивших внутрь организма с пищей и водой.

Уменьшение всасывания радионуклидов в желудочно-кишечном тракте может происходить за счет:

- изотопного обмена (обогащение

диеты стабильным аналогом или близким по свойствам химическим элементом, например, обогащение диеты кальцием для защиты от радиоактивного стронция);

- поглощение радионуклидов в желудочно-кишечном тракте и последующей элиминации их из организма путем назначения соответствующих веществ и соединений, обладающих сорбционными свойствами (альгинаты, пектины, ферроцин и т.п.).

Говоря о снижении всасываемости радионуклидов за счет сорбции необходимо учитывать ее сопряженность с опасностью выведения из организма жизненно важных эссенциальных микронутриентов.

Радиопротекторное питание на фоне сопутствующего комплексного поступления в организм тяжелых металлов, пестицидов и других ксенобиотиков должно соответствовать основным положениям концепции профилактического питания [3].

Радиопротекторный эффект нутриентов проявляется на разных уровнях метаболизма, что обусловлено существованием дифференцированных пусковых механизмов [8]. Согласно точке зрения авторов, первый механизм радиозащиты формируется на уровне системы пищеварения, где могут связываться радионуклиды; второй – на субклеточном и клеточном уровнях; третий – направлен на ликвидацию или уменьшение свободнорадикального окисления; четвертый – предусматривает с помощью нутриентов раннее формирование комплекса антиканцерогенной защиты; пятый – обеспечивает уменьшение выраженности мутагенных эффектов в половых клетках.

При составлении рационов лечебно-профилактического радиопротекторного питания следует учитывать следующие направления их биологического действия: устранение метаболических нарушений, нормализации иммунного статуса, выведение радионуклидов и прочих токсических веществ из организма, радиопротекторное действие.

Исходя из приведенных положений сформулированы принципы питания населения, пострадавшего вследствие ава-

рии на Чернобыльской АЭС. Они включают три основных элемента: максимальное снижение содержания радионуклидов в продуктах питания, торможение процессов их всасывания и накопления, рационализация дието-профилактики [2; 7].

Современная концепция радиопротекторного питания обуславливает необходимость внесения изменений в рацион относительно потребления белков, жиров и углеводов. Следует указать на необходимость достаточной обеспеченности организма полноценными белками – источниками незаменимых, в том числе серосодержащих аминокислот. Последние являются носителями сульфгидрильных групп, которые легче окисляются активными радикалами. Высокое содержание белка в рационе способствует увеличению выведения радиоцезия не только из мышечной ткани, но из внутренних органов и крови [12]. При выборе мясных продуктов целесообразно отдавать предпочтение мясу птицы и кролика, в которых содержится меньше жира.

Рекомендуется включать в рацион продукты моря (морскую рыбу, кальмаров, морскую капусту и др.) как источник белков, витаминов, микроэлементов, минеральных и других биологически активных веществ. Среди круп следует выбирать гречневую и овсяную крупы, т.к. доказано их радиозащитное действие. В обеих крупах содержится большое количество белка, незаменимых аминокислот, а в овсяной крупе – еще и значительное количество полифенолов, оказывающих радиозащитное действие. Из молочных продуктов предпочтительнее употреблять творог, содержащий много полноценного белка и легкоусвояемого кальция, который обладает аналогичными с ^{90}Sr свойствами и поэтому может предотвращать его накопление в костях.

Важным принципом организации радиопротекторного питания является адекватность его минерального компонента. При этом особое внимание должно уделяться нормализации обмена кальция, магния, фосфора, йода, селена, цинка, железа и меди. Установлены протекторные свойства кальция в отношении не только

цезия, но и других ксенобиотиков, в частности свинца [6]. Обогащение рациона биодоступным кальцием способствует неспецифической стимуляции адаптационных систем организма, снижению степени неблагоприятного воздействия и вместе с тем частоты и тяжести метаболических нарушений, обуславливающих наследственную и неопластическую патологию [13].

Радиопротекторный рацион должен удовлетворять суточную потребность в минеральных веществах, базирующуюся на общепринятых нормах. Дополнительное потребление микроэлементов, участвующих в процессах кроветворения (железо, медь, марганец, кобальт), как и ряд витаминов, является крайне необходимым для предупреждения широко распространенной, особенно среди детей и женщин, железодефицитной анемии. Кроме того, следует иметь в виду, что нарушение питания детей, проживающих на радиоактивно загрязненных территориях, носит стойкий и длительный характер, являясь одним из факторов риска, снижающих устойчивость их к воздействию малых доз ионизирующего излучения и стресса [5].

Согласно основным принципам составления рациона для населения, подвергшегося воздействию экологических риск-факторов вследствие аварии на ЧАЭС, особое внимание должно уделяться алиментарному поступлению пектинов, растительных фенолов, полисахаридов, альгиновой кислоты.

Пектины – органические соединения, способные образовывать в присутствии органических кислот и сахаров гель (желе) и связывать трехвалентные металлы (или их соединения), улучшая при этом вместе с пищевыми волокнами перистальтику кишечника и способствуя быстрому выведению металлов из кишечника.

Пектиновые вещества содержатся в плодах, овощах, корнеплодах и других продуктах растительного происхождения. Высоким содержанием пектинов отличаются фруктовые и овощные соки с мякотью, протертые овощи, фрукты и ягоды, которые следует употреблять в натуральном виде или готовить из них салаты.

Промышленностью выпускается сухой пищевой пектин, представляющий собой порошок сероватого или буроватого цвета, без запаха, набухающий в воде с образованием студенистой массы.

Рекомендуемая суточная профилактическая доза пектина составляет для взрослых 2–4 г, для детей – 1–2 г. В ежедневный рацион питания пектин может быть включен либо в виде натуральных овощей и фруктов (2–4 г пектина содержится примерно в 300 г яблок), либо в готовых пектиносодержащих продуктах промышленного изготовления, либо в виде сухого порошка, который добавляется в блюда после его набухания. Суточная доза пектина рассчитывается на однократный или двухкратный прием. Пектин разводят кипяченой водой комнатной температуры и после набухания в течение 1 ч. добавляют в первые блюда, кисели, компоты без последующего кипячения.

Растительные фенолы оказывают антиоксидантное, сосудукрепляющее, противовоспалительное действие и таким образом влияют на течение восстановительных процессов при радиационном воздействии.

Растительные полисахариды обладают детоксицирующим и комплексообразующим действием, что способствует выведению радионуклидов из организма.

Наиболее эффективными средствами для уменьшения радионуклидов цезия и стронция являются альгиновая кислота и ее соли: альгинат кальция и натрия. Пищевой альгинат широко используется в пищевой промышленности, его получают из бурых морских водорослей. В составе мясных консервов он уменьшает накопление радиостронция более чем в 2 раза. В целом альгинат натрия на 60–70% снижает всасывание стронция и в 3–4 раза уменьшает его отложения в организме. На 70–80% способны уменьшить всасывание радиоцезия ферроцианиды (в частности, ферроцин).

В настоящее время разработаны рецептуры большого числа пищевых продуктов, в которые включены ферроцины (0,1–0,5%), альгинат натрия пищевой

(1–5%), отдельные аминокислоты (лизин, метионин), комплексы витаминов, соли кальция, морская капуста. Ассортимент продуктов включает различные виды хлеба, печенья, мармелада, конфет, колбасных изделий, масло растительное, концентрат киселя, плавленные сыры, мясные консервы и ряд других.

Дубящие вещества, богатые танином, – активированный уголь, яичный белок, крахмал, агар, карбоксиметилцеллюлоза – практически не влияют на резорбцию стронция и ряда других радионуклидов из желудочно-кишечного тракта.

Алкоголь не обладает специфическими радиозащитными свойствами и не является радиопротектором. Как и некоторые другие токсические вещества, он вызывает гипоксию тканей (прежде всего головного мозга), что иногда неправильно трактуется как способность алкоголя повышать радиоустойчивость. При этом алкоголь вызывает существенные отрицательные изменения как в центральной нервной системе, так и в других органах. Длительное употребление крепких алкогольных напитков ведет к поражению слизистой оболочки пищеварительного тракта, что нарушает процессы всасывания многих пищевых веществ, особенно витаминов, и приводит к снижению радиорезистентности организма в целом. Употребление в небольших количествах красного натурального вина может приводить к некоторому повышению радиоустойчивости организма, что объясняется влиянием содержащихся в нем флавоноидов и витаминов. Однако флавоноиды в значительно больших количествах содержатся во многих растительных продуктах (особенно в чае, винограде). Кроме того, натуральные вина содержат кислоты, которые могут увеличивать биологическую доступность радионуклидов.

К настоящему времени предложен ряд алиментарных средств для предотвращения накопления радионуклидов в организме, профилактики отдаленной радиационной патологии и повышения резистентности к радиационному воздействию. Наибольший интерес представляют вещества (компоненты рациона питания –

некоторые микро- и макроэлементы, витамины и др.) безвредные, недорогие и в связи с этим пригодные для длительного применения большими группами населения. Такие средства соответствуют термину «средства массовой профилактики» [11].

Средства массовой профилактики (СМП) – это привычные компоненты рациона питания человека, биологически активные добавки к пище и другие так называемые нутрицевтики, некоторые сорбенты, в том числе вносимые в пищевые продукты.

Применение СМП целесообразно рассматривать с позиций сформировавшейся в недавнее время новой, объединяющей науку о питании и фармакологию, области знаний – фармаконутрициологии, изучающей основные закономерности, степень и характер действия биологически активных нутриентов (компоненты рациона, пищевые добавки и др.), которые обладают лечебно-профилактическими свойствами, но лекарствами не являются. Материалы, накопленные в этой области, доказывают роль биологически активных добавок как высокоэффективных средств коррекции пищевого статуса человека и как средств профилактики многих заболеваний [9].

СМП приобретают значение в случае необходимости проведения массовой профилактики у населения, которое подверглось или подвергается аварийному облучению. Для повышения неспецифической резистентности к облучению, снижению доз внутреннего облучения за счет ограничения резорбции радионуклидов из желудочно-кишечного тракта и ускорения их выведения из организма могут быть

использованы как специфические средства защиты организма (некоторые сорбенты), так и неспецифические (биологически активные добавки к диете) (см. таблицу).

Из анализа возможных основных вариантов радиационной обстановки вытекает, что СМП должны отвечать следующим основным требованиям:

1. Выбор СМП должен быть направлен на ограничение всасывания радионуклидов из желудочно-кишечного тракта и ускорение выведения их из организма (использование методов изотопного разбавления – KI и ^{131}I , ионного антагонизма – Ca и $^{89,90}\text{Sr}$, сорбентов, в том числе растительных волокон и др.).

2. СМП, применяемые с целью профилактики отдаленных последствий облучения, должны обладать адаптогенными свойствами (повышение неспецифической резистентности, иммуномодулирующее, антимуtagenное действие). За счет вхождения в состав СМП оптимальных количеств жизненно необходимых минеральных веществ, микроэлементов, витаминов, а также стимулирующих биологических комплексов, они способны положительно влиять на общую резистентность организма.

3. СМП должны быть нетоксичными или обладать малой токсичностью в случае применения их в экстремальных условиях, особенно при длительном применении в целях снижения инкорпорации радионуклидов. Принципиально важно, чтобы весовые дозы СМП были минимальными (в рационе питания), но высокоэффективными.

4. СМП должны быть безвредными (по микробиологическим, аллергологиче-

Средства массовой профилактики

Средства, повышающие устойчивость и снижающие риск возникновения радиационно-индуцированных опухолей	Средства (в том числе сорбенты), снижающие усвоение и ускоряющие выведение радионуклидов	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Кальций, фтор, селен (органическая и неорганическая формы: «Селена», «Биоселен», селенат натрия), ламинария, «Штамм хлореллы Момотаро Е-25», «Хлосекар», пектины, витамины (А, С, бета-каротин) и др.	Ферроцин Дигидрокверцитин Пищевые волокна Пектины	Альгисорб Адсобар Полисурьмин Альгинаты Кальций Фтор

ским и другим показателям) в эффективных концентрациях при длительном применении. Желательно, чтобы безвредность основывалась не только на экспериментальных данных, но и на длительном опыте потребления соответствующих продуктов человеком. Это обстоятельство позволяет использовать нутриенты широко и длительно, что необходимо и важно для случаев массовой профилактики отдаленных последствий.

5. Сорбенты должны отвечать требованиям, предъявляемым к фармакологическим препаратам в отличие от СМП, являющихся привычными составными частями рациона человека, т.е. пищевыми добавками, а не лекарственными средствами.

Опыт отечественных ученых-медиков и специалистов показал, что при крупномасштабных радиационных авариях осуществляемые защитные меры могут быть недостаточными, чрезмерными (избыточными) или адекватными. Для реализации последних применение СМП должно вестись с учетом реальной радиационной обстановки, т.е. необходимы четкие рекомендации и контроль за осуществлением лекарственной и санитарно-гигиенической профилактики внешнего и внутреннего облучения больших контингентов населения, вовлеченного в аварию. Результативность защитных мер на ранней и в меньшей степени в промежуточной фазе аварии определяет масштабы возможных стохастических последствий облучения. Опыт Чернобыльской аварии показал, что строго дифференцированные показания для массового применения соответствующих лекарственных препаратов и предлагаемых средств (например, в виде разнообразных пищевых добавок) имели основания только на ранней и частично в промежуточных фазах аварии. В восстановительный период, когда дозовые нагрузки в подавляющем большинстве случаев не превышают регламентных значений, нет показаний к длительному применению радиопротекторов – неэффективных, как известно, при низких мощностях доз, тем более в условиях хронического облучения.

Не следует стремиться к необоснованным пищевым ограничениям. Полноценное питание крайне важно, поскольку способствует поддержанию высокой устойчивости к неблагоприятным воздействиям среды, включая и облучение. Недостаточное или несбалансированное питание (например, с дефицитом животных белков или витаминов) ведет к развитию различных болезненных состояний, в том числе к снижению противоинфекционного и противоопухолевого иммунитета. Это может нанести здоровью более значительный вред, чем облучение, которое воздействует на человека, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бортновский В.Н.* Пути и способы повышения радиорезистентности организма участников ликвидации последствий крупномасштабных радиационных аварий // Чернобыль: 30 лет спустя: материалы междунар. науч. конф. Гомель, 21–22 апр. 2016 г. Гомель: Ин-т радиологии, 2016. С. 34–37.

2. *Гребеньков С.В.* Принципы рационального питания населения, проживающего на радиоактивно загрязненной местности // Проблемы рационального питания детского и взрослого населения, проживающего на территориях, пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС: материалы науч. конференции. Брянск, 1993. С. 43.

3. *Захарченко М.П., Маймулов В.Г., Шабров А.В.* Диагностика в профилактической медицине. СПб.: Изд-во МФИН, 1997. 516 с.

4. *Ильин Л.А., Иванов А.А., Шандала Н.К. [и др.]*. Алиментарная профилактика отдаленных медицинских последствий Чернобыльской катастрофы: сб. работ междунар. науч. конф. Минск: НАНБ, 1998. С. 96–97.

5. *Конь И.Я., Абрамова Е.И.* Питание и состояние здоровья школьников Брянской области, проживающих на территориях, загрязненных радионуклидами // Вопросы питания. 1996. № 2. С. 17–21.

6. *Королев А.А., Суханов Б.П.* Влияние

алиментарного кальция на уровень адаптации организма в условиях нагрузки цезием-137 и свинцом // Вопросы питания. 1996. № 3. С. 34–37.

7. Новиков В.С., Лызиков А.Н., Бортновский В.Н., Вартамян К.Г. Радиационная безопасность и здоровье населения Беларуси: монография. СПб., Гомель: АНО ЛА Професионал, 2014. 264 с.

8. Смоляр В.И., Салий Н.С. Дифференцированные механизмы радиозащитного действия нутриентов // Эколого-гигиенические проблемы питания населения: материалы респуб. науч. конференции. Киев, 1992. С. 27–28.

9. Тутельян В.А. Биологически активные добавки к пище: прошлое, настоящее, будущее // Питание и здоровье: биологически активные добавки к пище. М.:

Миннауки, 1996. С. 164–166.

10. Шандала Н.К. Алиментарные средства уменьшения лучевых нагрузок организма радионуклидами цезия и стронция // Гигиена и санитария. 1993. № 10. С. 51–55.

11. Шандала Н.К. Методологические принципы применения средств массовой профилактики последствий облучения человека // Гигиена и санитария. 1999. № 2. С. 33–37.

12. Якименко Д.М., Мороз Г.З. Поступление и выведение из организма человека цезия-137 (обзор литературы) // Врачебное дело. 1993. № 8. С. 16–21.

13. Simons T.J. Lead-calcium interactions in cellular lead toxicity // Neurotoxicology. 1993. № 14 (2-3). P. 77–85.