

УДК 614.39

## Средства выведения депонированных радионуклидов из организма.

Шепелева Ю.А. Симонова В.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> БПОУ ОО «Орловский базовый медицинский колледж», город Орёл, e-mail: shepeleva-iuliya2015@yandex.ru

---

### Аннотация (150-250 слов)

Человеческий организм, являясь сложной и гармоничной системой, подвержен воздействию радиации – феномена, лежащего в основе возникновения Вселенной. Естественная радиация окружает нас повсюду, но наибольшую опасность представляет антропогенное облучение, последствия которого могут быть катастрофическими, как показал опыт Чернобыльской аварии.

В статье рассматривается проблема накопления радионуклидов в организме человека, подчеркивается опасность их неравномерного распределения и концентрирования в жизненно важных органах. Отмечается, что стронций-90 и цезий-137 представляют наибольшую угрозу для здоровья.

Особое внимание уделяется поиску безопасных и эффективных способов выведения радионуклидов. Подчеркивается перспективность использования природных соединений, таких как альгинаты, получаемые из морских водорослей. Их способность к селективному связыванию радионуклидов и предотвращению их всасывания в желудочно-кишечном тракте делает их ценным инструментом для снижения радиационного воздействия.

В статье также рассматривается важность сбалансированного питания, богатого калием, кальцием и витаминами, для повышения устойчивости организма к радиации и выведения радионуклидов. Подчеркивается, что комплексный подход, сочетающий использование природных радиопротекторов и коррекцию питания, является наиболее перспективным направлением в профилактике и минимизации последствий радиационного воздействия.

Ключевые слова: Радиация, радионуклиды, организм человека, облучение, выведение радионуклидов, профилактика, защита от радиации

---

## Means of removing deposited radionuclides from the body.

Shepeleva Yu.A. <sup>1</sup>Simonova V.G.

<sup>1</sup>National BPOU NGO "Oryol Basic Medical College", the city of Oryol, e-mail: shepeleva-iuliya2015@yandex.ru

---

### Аннотация на английском языке (150-250 слов)

The human organism, being a complex and harmonious system, is exposed to radiation, a phenomenon underlying the origin of the Universe. Natural radiation surrounds us everywhere, but the greatest danger is anthropogenic exposure, the consequences of which can be catastrophic, as the experience of the Chernobyl accident showed.

The article considers the problem of radionuclide accumulation in the human body, emphasizes the danger of their uneven distribution and concentration in vital organs. It is noted that strontium-90 and cesium-137 pose the greatest threat to health.

Special attention is paid to the search for safe and effective ways of radionuclide elimination. The prospect of using natural compounds such as alginates derived from seaweed is emphasized. Their ability to selectively bind radionuclides and prevent their absorption in the gastrointestinal tract makes them a valuable tool for reducing radiation exposure.

The article also discusses the importance of a balanced diet rich in potassium, calcium, and vitamins to increase the body's resistance to radiation and eliminate radionuclides. It is emphasized that an integrated approach combining the use of natural radioprotectors and nutritional correction is the most promising direction in preventing and minimizing the consequences of radiation exposure.

Keywords: Radiation, radionuclides, human body, exposure, excretion of radionuclides, prevention, protection from radiation

**Введение** Загрязнение окружающей среды радионуклидами представляет серьезную угрозу здоровью человека. Особенную опасность представляют долгоживущие радионуклиды, способные накапливаться в организме, формируя депо и оказывая длительное лучевое воздействие. В связи с этим, поиск эффективных и безопасных способов выведения депонированных радионуклидов из организма является одной из приоритетных задач современной радиобиологии и медицины. Эта проблема особенно актуальна для жителей России и Украины, столкнувшихся с последствиями аварии на Чернобыльской АЭС, оставившей долгосрочные последствия для здоровья миллионов людей.

Традиционные методы декорпорации радионуклидов, такие как применение комплексообразователей, часто обладают побочными эффектами и ограничены в применении. Поэтому внимание исследователей все чаще привлекают альтернативные подходы, в частности, использование природных соединений с радиопротекторными свойствами.

Особый интерес представляют исследования, направленные на выявление природных соединений, обладающих способностью к элиминации радионуклидов при регулярном употреблении в составе пищи. Такие соединения, интегрированные в привычный рацион, могут обеспечить долгосрочный профилактический эффект и снизить риски отдаленных последствий радиационного воздействия.

**Цель исследования** оценить эффективность и безопасность применения различных способов выведения депонированных радионуклидов из организма человека и снижения риска развития радиационно-индуцированных патологий.

#### **Материал и методы исследования**

Структура человеческого организма уникальна, органична и одновременно проста. Человек дышит не только лёгкими, но и всем телом, каждой своей клеткой. Соответственно, всякое вещество извне может попасть в организм человека не только через дыхательные пути, но и через открытые участки кожи.

Если говорить о таком явлении, как радиация, радиоактивность, излучение, то ни у кого нет сомнений, что она не только является опасной для жизни как человека, так и планеты в целом, но и послужившим для появления всей Солнечной системы. Большой взрыв, возникший в результате ионизирующего излучения, породил Вселенную более 20 миллиардов лет назад. Радиоактивные материалы являются непосредственной частью нашей Земли. До сих пор сама радиоактивная пыль наполняет космическое пространство. Каждый человек, как представитель, почти всей таблицы Д.И. Менделеева достаточно радиоактивен по своей сути, ведь его живая ткань содержит следы радиоактивных «космических» веществ.

Основным источником облучения населения Земли является естественная радиация, избежать которой полностью невозможно. Она представлена космическим излучением и радиоактивными веществами, присутствующими в земной коре. Человек подвергается как внешнему облучению от источников, находящихся вне организма, так и внутреннему – при попадании радионуклидов с воздухом, водой и пищей. Уровень облучения от естественных источников может варьироваться в зависимости от места проживания и образа жизни. Основную дозу облучения человек получает от земных источников радиации, причем преобладает внутреннее облучение. Космические лучи вносят меньший вклад в общую дозу, воздействуя, преимущественно, путем внешнего облучения.

Наш организм восприимчив к разного рода веществам, в частности к радиоактивным, причем последнее является особо опасным, когда скапливается в большом количестве, что может отразиться на здоровье, качестве жизни, а также привести к серьёзным заболеваниям и смерти. В своё время Беккерель столкнулся с самым неприятным свойством радиоактивного излучения на живой организм, когда положил пробирку с радием в карман и получил ожог кожи. Не безызвестная Мария Кюри достаточно часто подвергалась воздействию радиоактивного излучения, в результате чего и умерла. История знает, что в момент открытия различных радиоактивных материалов около 400 человек, кому удалось впервые с ними соприкоснуться, умерли из-за облучения, которое, в свою очередь, было открыто позже. Тем не менее, в попытках открыть тайну радиоактивных материалов, учёные открыли опаснейшее оружие – атомную бомбу. В результате чего всё человечество столкнулось с рядом проблем, устранением необратимых последствий атомной бомбы. [1, с. 69-71]

После взрыва на Чернобыльской АЭС человечество поняло, что атом может быть абсолютно не мирным, а его последствия предстоит устранять долгие годы спустя. Пострадали не только те люди, которые участвовали в ликвидации последствий на ЧАЭС, но и те, кто проживали в зоне действия радиации. Учеными было обнаружено, что наш организм способен накапливать различные вещества в организме, включая депонированные радионуклиды.

Следует упомянуть, что атом похож на Солнечную систему в миниатюре, вокруг которого движутся по орбитам электроны. Здесь следует разобраться в строении атома, как такового, включающего протоны. Если электрон несет отрицательный заряд, то протон – положительный. В целом же сам атом нейтрален. Однако в ядре самого атома присутствуют и частицы другого типа – нейтроны. Атомы, имеющие ядра с одинаковым числом протонов, но различающиеся по числу нейтронов, относятся к разным разновидностям одного и того же химического элемента, называемым изотопами данного элемента. Нуклиды, составляющие ядра, зачастую нестабильны и превращаются в другие нуклиды.

Нестабильный нуклид оказывается настолько возбужденным, что испускание частицы не приводит к полному снятию возбуждения; тогда он выбрасывает порцию чистой энергии, называемую гамма-излучением (гамма-квантом). Как и в случае рентгеновских лучей (во многом подобном гамма-излучению), при этом не происходит испускания каких-либо частиц (например, при распаде **урана-238**). Весь процесс самопроизвольного распада нестабильного нуклида называется радиоактивным распадом, а сам такой нуклид радионуклидом.

Радионуклид - нуклид, подверженный спонтанному радиоактивному распаду; радиоактивный нуклид, радиоизотоп или радиоактивный изотоп - это атом, обладающий избыточной ядерной энергией, что делает его нестабильным. [4, с. 21] Более четырех десятилетий ученые ведут активные поиски безопасных и эффективных средств для выведения данных веществ организма. Многочисленные исследования, проведенные в различных странах, продемонстрировали высокую эффективность альгинатов - природных полисахаридов, получаемых из морских водорослей – в данном процессе. Их применение как средства мы рассмотрим более подробно в разделе «Результаты исследования».

Так, использование промышленных отходов с повышенной радиоактивностью в строительстве привело к ряду серьезных проблем. В прошлом кирпич из отходов алюминиевого производства, доменный шлак, зола и даже отходы урановых рудников применялись для возведения жилых домов. Это приводило к значительному радиационному фону в помещениях и, как следствие, к неоправданному облучению жителей. В ряде случаев для решения проблемы требовалось вмешательство государства и привлечение виновных к ответственности. Несмотря на важность контроля строительных материалов, основным источником радона в помещениях является грунт, особенно если дома построены на месте старых отвалов горнодобывающих предприятий. Просачивание радона сквозь пол представляет наибольшую опасность с точки зрения облучения людей в повседневной жизни.

В Хельсинки максимальные концентрации радона, более чем в 5000 раз превосходящие его среднюю концентрацию в наружном воздухе, были обнаружены в домах, где единственным сколько-нибудь значительным его источником мог быть лишь грунт. Даже в Швеции, где при строительстве домов использовали глиноземистые цементы, главной причиной радиации, как показали недавние исследования, является эмиссия радона из земли. Концентрация радона в верхних этажах многоэтажных домов, как правило, ниже, чем на первом этаже. [2]

Еще один, как правило менее важный, источник поступления радона в жилые помещения представляют собой вода и природный газ (рис. 1). Концентрация радона в обычно используемой воде чрезвычайно мала, но вода из некоторых источников, особенно из глубоких колодцев или артезианских скважин, содержит очень много радона (рис. 2). Такое

высокое содержание радона было обнаружено, например, в воде артезианских колодцев в Финляндии и США, в том числе в системе водоснабжения Хельсинки, и примерно в той же концентрации в воде, поступающей в город Хот-Спрингс (шт. Арканзас). Наибольшая зарегистрированная удельная радиоактивность воды в системах водоснабжения составляет 100 млн. Бк/м<sup>3</sup>, наименьшая равна нулю. По оценкам НКДАР ООН, среди всего населения Земли менее 1% жителей потребляет воду с удельной радиоактивностью более 1 млн Бк/м<sup>3</sup> и менее 10% пьют воду с концентрацией радона, превышающей 100000 Бк/м<sup>3</sup>.

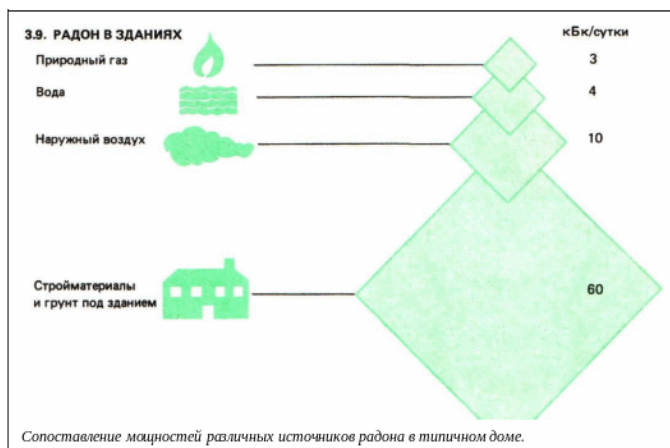


Рисунок 1 – Радон в зданиях

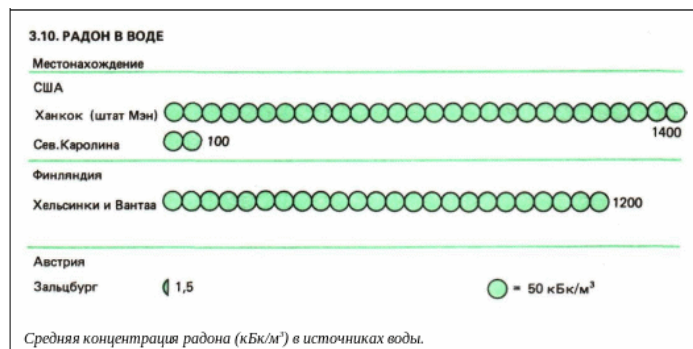


Рисунок 2 – Радон в воде

Радон может проникать в жилые помещения не только из грунта, но и поступать с водой и природным газом, хотя эти пути, как правило, менее значимы. Вода из некоторых источников, например, глубоких колодцев, может содержать высокие концентрации радона. Однако питье такой воды не представляет большой опасности, поскольку большая часть радона улетучивается при кипячении или приготовлении пищи. Гораздо более существенным с точки зрения облучения является вдыхание паров воды, богатой радоном, например, во время принятия ванны. Исследования показывают, что концентрация радона в ванной комнате может в разы превышать его содержание на кухне или в жилых комнатах. [2]

Природный газ также может содержать радон, поступающий из земных пластов. Хотя в процессе добычи и хранения газа большая часть радона улетучивается, его концентрация в помещении может возрасти при использовании газовых плит, колонок и других нагревательных приборов без вытяжной вентиляции. Таким образом, даже при относительно невысоком содержании радона в воде и природном газе, необходимо принимать меры предосторожности, чтобы минимизировать его поступление в жилые помещения и снизить риск облучения.

Распределение и накопление радионуклидов в организме человека – важный аспект оценки рисков внутреннего облучения. Различные радионуклиды накапливаются в определенных зонах организма и ведут себя там также по-разному [1, с. 35-48]:

1. Скелетный тип, включающий в себя щелочноземельные элементы (стронций, радий) и трансураниевые элементы, накапливающиеся в костной ткани.

2. Ретикуло-эндотелиальный тип, характеризующийся накоплением церия, прометия, америция, которые концентрируются в печени, селезенке и лимфатических узлах.

3. Диффузный тип, при котором накопленные калий, натрий, цезий распределяются равномерно по всему организму.

Первые два типа накопления радионуклидов представляют наибольшую опасность из-за высокой локальной дозы облучения для человеческого организма. К вопросу выведения данных веществ следует обратить особое внимание. В данном аспекте важно учитывать неравномерность распределения радионуклидов даже в пределах одного органа. Например, стронций формирует «горячие точки» в зонах роста костей. Особую опасность представляет накопление радионуклидов в небольших, но важных органах, например, избыточное накопление йода ( $I-131$ ) в щитовидной железе, что может привести к серьезным патологиям данного органа.

Стронций-90 и цезий-137 представляют наибольшую опасность для человека среди радионуклидов, попадающих в организм. [3] Стронций накапливается в костной ткани, облучая ее и костный мозг, что приводит к развитию анемии и другим проблемам со здоровьем. Цезий, в свою очередь, преимущественно оседает в мышцах. Несмотря на то, что цезий выводится из организма гораздо быстрее стронция, его содержание в организме напрямую зависит от поступаемого качества и количества пищи в организм.

### **Результаты исследования и их обсуждение**

В ходе исследования темы выведения радионуклидов из организма мы выяснили, что эта проблема крайне актуальна, особенно для жителей регионов, пострадавших от радиационных аварий. Традиционные методы, хоть и эффективны, но часто имеют побочные эффекты. Поэтому особое внимание уделяется поиску природных соединений, способных безопасно и эффективно связывать, и выводить радионуклиды. Например, такие соединения, как альгинаты, получаемые из морских водорослей, обладают выраженным радиопротекторным действием.

Альгинаты представляют собой соли альгиновой кислоты и характеризуются уникальной структурой, включающей длинные цепи полиуроновых кислот (D-маннуроносовой и L-гулууроносовой), способных образовывать трехмерные матрицы. Благодаря наличию карбоксильных групп, альгинаты обладают способностью к ионному обмену и избирательно связывают ионы двухвалентных металлов, в том числе радионуклидов, таких как стронций, свинец, барий и др. Механизм действия альгинатов основан на вытеснении ионов кальция из их соединений с альгиновой кислотой и образовании прочных связей с ионами тяжелых

металлов. Этот процесс, называемый селективным связыванием, препятствует всасыванию радионуклидов в желудочно-кишечном тракте и способствует их выведению из организма с калом.

Экспериментально подтверждено, что альгинаты способны значительно снижать всасывание и накопление радиоактивного стронция в организме. Например, исследования на добровольцах показали, что прием альгината натрия перед введением изотопа стронция практически полностью блокирует его попадание в кровь и ускоряет выведение с мочой. В исследовании

В ходе исследования 1967 г. изучалась эффективность различных препаратов альгиновой кислоты и ее солей в снижении отложения радиоактивных изотопов стронция и кальция в организме крыс. [6] Было установлено, что альгиновая кислота и альгинат натрия способны значительно снижать усвоение стронция, причем эффективность зависит от дозы препарата и его чистоты. Отечественные препараты показали себя менее эффективными, чем аналогичный препарат иностранного производства, что может быть связано с наличием в них балластных примесей.

Помимо этого, альгинаты и другие биологически активные компоненты морских водорослей, такие как ламинарин, обладают способностью снижать мутагенное воздействие ксенобиотиков, защищая генетический аппарат клеток от повреждений. Также установлено, что альгинаты способны модулировать состав и активность кишечной микрофлоры, что способствует снижению метаболической активности канцерогенов в организме.

Снизить накопление цезия-137 в организме помогает потребление продуктов, богатых калием. К ним относятся сухофрукты (изюм, курага, чернослив, урюк), орехи, морковь, картофель, а также чай. Калий играет важную роль в регуляции функций печени, почек и мышц. [5]

Для того, чтобы защитить щитовидную железу от воздействия радиоактивного йода необходимо обеспечить поступление в организм достаточного количества стабильного йода. Его источниками служат морепродукты, морская капуста (также источник альгиновой кислоты), черноплодная рябина, гречка, бобовые, а также йодированная соль, которую следует добавлять в пищу в конце приготовления. [5]

Повысить устойчивость организма к воздействию радиации помогает сбалансированное питание, богатое витаминами. Особое значение имеют витамины А, С, Е и витамины группы В. [5] Витамин А содержится в шиповнике, моркови, петрушке, томатах, сладком перце, печени, сливочном масле, яичном желтке. Витамин С – в шиповнике, черной смородине, облепихе, винограде, петрушке, сладком перце, цитрусовых. Витамины группы В

– в мясе, молочных продуктах, хлебе, дрожжах, крупах, овощах и фруктах. Витамин Е – в нерафинированных растительных маслах, облепихе, бобовых, зелени, моркови, капусте.

Важное значение имеет правильно скорректированный рацион питания. Продукты, богатые калием, способствуют выведению цезия, а кальцийсодержащие продукты помогают снизить накопление стронция в костной ткани. Например, перепелиные яйца представляются эффективным средством против последствий облучения.

Перечисленные нами средства являются универсальными как способ выведения практически любого депонированных радионуклидов из организма. Повысить устойчивость организма к радиации помогает и достаточное потребление витаминов А, С, Е и группы В. В этой связи, комплексный подход, включающий в себя использование природных радиопротекторов и коррекцию питания, представляет собой перспективное направление в области профилактики и снижения негативных последствий воздействия радиации на организм человека.

### **Выводы или заключение**

В рамках данной статьи следует подчеркнуть необходимость стимулирования дополнительных исследований, направленных на глубокое понимание механизмов транспорта и депонирования радионуклидов в организме, а также на выявление новых биологически активных соединений, способных избирательно связывать и выводить радионуклиды.

Важно развивать трансляционные исследования, которые позволят быстро внедрять полученные научные знания в клиническую практику и в теоретический аспект данного вопроса. Это подразумевает создание и усовершенствование препаратов для декорпорации радионуклидов, разработку новых методов диагностики и терапии радиационно-индуцированных патологий.

Необходимо также активно внедрять принципы функционального питания в повседневную жизнь населения, проживающего на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Это предполагает разработку и широкое распространение продуктов питания, обогащенных природными радиопротекторами.

Важную роль играет информирование населения о мерах профилактики и снижения рисков воздействия радиации. Необходимо повышать уровень грамотности в области радиационной безопасности и формировать ответственное отношение к собственному здоровью.

Только совместные усилия ученых, медиков и государственных структур позволят успешно решать проблемы, связанные с воздействием радиации на организм человека.

### **Список литературы**



1. Егоров Ю.В. Методы концентрирования и разделения радионуклидов: учебно-методическое пособие / Ю.В. Егоров, Н.Д. Бетенеков, В.Д. Пузако.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 128 с. ISBN 978-5-7996-1834-6 (дата обращения: 11.06.2024).
2. Илларионова Е. А. Загрязнение окружающей среды радионуклидами: учебное пособие / Е. А. Илларионова, И. П. Сыроватский; ГБОУ ВПО ИГМУ Минздрава России, Кафедра фармацевтической и токсикологической химии. – Иркутск: ИГМУ, 2014. – 33 с. - URL: [https://irkgmu.ru/src/downloads/ccff3491\\_zagryaznenie\\_okruzhayuscheiy\\_sredy\\_radionulidami.pdf](https://irkgmu.ru/src/downloads/ccff3491_zagryaznenie_okruzhayuscheiy_sredy_radionulidami.pdf) (дата обращения: 10.06.2024).
3. Маркитанова Л. И. Защита от радиации : учебно-методическое пособие / Л. И. Маркитанова. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2015. — 39 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/91504> (дата обращения: 12.06.2024).
4. Основы радионуклидной диагностики: учебно-методическое пособие / С. Л. Качур [и др.]. – Минск: БГМУ, 2019. – 39 с. ISBN 978-985-21-0417-3 (дата обращения: 10.06.2024).
5. Шаронова К.Ю., Клинцева Н.В., Гумеров Т.Ю., Решетник О.А., Хисматова А.Т. ОСОБЕННОСТИ ПИТАНИЯ С РАДИОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ // Научное обозрение. Фундаментальные и прикладные исследования. – 2019. – № 2. URL: <https://scientificreview.ru/ru/article/view?id=60> (дата обращения: 12.06.2024).
6. О защитном действии альгиновой кислоты и альгината натрия при поступлении радиоактивных элементов через желудочно-кишечный тракт. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zaschitnom-deystvii-alginovoy-kisloty-i-alginata-natriya-pri-postuplenii-radioaktivnyh-elementov-cherez-zheludочно-kishechnyy> (дата обращения: 14.06.2024).