

РАДИОАКТИВНОСТ

ПО СЛЕДИТЕ НА “БЕКЕРЕЛОВИТЕ ЛЪЧИ”

Основните научни работи на френския физик Антоан Анри Бекерел са посветени на магнитооптиката, фосфоресценцията и радиоактивността. През 1896г., изучавайки действието на различни луминесцирати върху фотопластинка, по-специално върху уранови соли, открива неизвестно излъчване от солите, което представлява радиоактивност. В последствие се оказало, че подобна способност притежават и други елементи. За откриването на явлениято естествена радиоактивност на урана, Бекерел е удостоен с Нобелова награда. През 1900г. Мария Кюри открива, че торият също излъчва радиоактивност. През 1903г. Бекерел получава половината от награда за физика “за изключителните му заслуги за откриването на естествената радиоактивност”. Другата половина от наградата получават Мария Кюри и Пиер Кюри за изучаването на естествената радиоактивност. Откритите от Анри Бекерел през 1896 г. лъчи, наречени впоследствие радиоактивни, се оказали смес от три вида лъчение (частици), които физиците, отдавайки за пореден път признание на своите учители от древността, означили с първите букви от гръцката азбука: алфа (α), бета (β) и гама (γ). Това разделяне първоначално било направено по външни белези – проникващата способност на тези лъчи и поведението им в електрични и магнитни полета.

Мария Кюри не е предполагала, че нагледната картина, която е показала в своята докторска дисертация (фиг. 1), прилагана и до днес във всички учебници по физика, има дълбоко съдържание. Няколко десетилетия по-късно се оказало, че зад това “формално” делене се крие фундаментална причина – трите вида излъчване са свързани с три фундаментални взаимодействия: силно, слабо и електромагнитно.

Фиг. 1

Трите струи на “радиоактивния фонтан” са обусловили появата на три потока изследователска дейност, всеки от които, в различно време с различна интензивност, е доставял важна информация за света на ядрото и субядрените частици. Без съмнение първите десетилетия на тези изследвания могат да бъдат наречени

ЕРА НА АЛФА-ЧАСТИЦИТЕ.

В подкрепа на това свидетелства историята на ядрената физика през първата третина на 20-и век. Нека припомним нейните основни жалони от онова време, свързани с изучаването на природата на α -частиците и използването им за изясняване на структурата и поведението на атомните ядра:

1903 г. Ръдърфорд идентифицира α -частиците и доказва, че те имат положителен електричен заряд;

1906 г. Ръдърфорд открива явлението “разсейване на α -частици”;

1909 г. Ръдърфорд доказва, че α -частиците са двукратно йонизирани хелиеви атоми;

1909-10 г. Гайгер и Марсден провеждат експерименти по разсейване на α -частици;

1911 г. Ръдърфорд създава теория за разсейване на α -частиците и доказва съществуването на атомното ядро;

1912 г. Чадуик открива принудено γ -излъчване, предизвикано от α -частици;

1919 г. Ръдърфорд осъществява ядрена реакция с α -частици и открива протона като съставна частица на ядрото;

1921 г. Лизе Майтнер предлага α -частичен модел на атомното ядро;

1925 г. П. Блакет доказва с помощта на Уилсънова камера, че в реакцията $\alpha + {}^{14}\text{N}$ се получават протони и ядра на изотопа

${}^{17}\text{O}$;

O ;

1929 г. Ръдърфорд и Чадуик изследват реакцията $\alpha + {}^{27}\text{Al} \rightarrow {}^{30}\text{Si} + \text{p}$;

1930 г. Боте и Бекер откриват проникващо лъчение при бомбардиране на берилиеви пластинки с α -частици;

1931 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри изучават същата реакция и откриват откатни протони. Погрешно тълкуват реакцията;

1932 г. На 17 февруари Чадуик съобщава за откриването на неутрона в реакции,

осъществявани с α -частици.

Върховите постижения през разглеждания период са: откриването на атомното ядро (1911 г.), първото изкуствено превръщане на елементи (1919 г.) и откриването на неутрона (1932 г.). И трите открития са направени с помощта на α -частиците. На историческата сцена в началото на 30-те години вече се е появило следващото главно действащо лице – неутрона. Но на α -частиците било съдено да участват в още едно епохално откритие, което ознаменува края на тяхната хегемония –

ОТКРИВАНЕТО НА ИЗКУСТВЕНАТА РАДИОАКТИВНОСТ.

Това откриване било обявено от Жан Перен на 15 януари 1934 г. на заседание на Парижката Академия на науките и принадлежало на Ирен и Фредерик Жолио-Кюри. То е било предхождано от двегодишни изследвания на ядрени реакции на α -частици с ядрата на леки елементи. Сега е известно, че в края на 1931 г. съпругеската двойка е получавала неутрони в своите експерименти, но не е могла да ги идентифицира правилно. Само седмица след тяхното съобщение Чадуик (достоеен последовател на “линията на Ръдърфорд”) повторил същите експерименти и стигнал до правилния извод за съществуването на неутрона.

Ирен Жолио-Кюри

Фредерик Жолио-Кюри

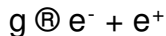
Френските учени изпуснали шанса за получаване на Нобеловата награда по физика. Тя била присъдена на Чадуик през 1935 г. Но (напук на привържениците на случайностите в науката) Ирен и Фредерик Жолио-Кюри показали, че птицата на щастието рядко греши мястото, където трябва да кацне. Разбира се, това те заслужили със всеотдайната си работа по изследване на ядрени реакции.

Не може да не се възхищаваме от изключителната изследователска активност на тази семейна двойка. Настрани от тяхното внимание не оставало нито едно важно събитие в ядрената физика (ще припомня, че по същото време, през 1932 г., се ражда техният син Пиер, отглеждането на който също изисквало грижи и внимание). Техните изследвания от 1933 г. представляват съществен принос за

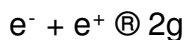
УТВЪРЖДАВАНЕТО НА РЕЛАТИВИСТКАТА КВАНТОВА МЕХАНИКА.

Както е известно, тази теория е била създадена през 1928 г. от английския физик Пол Дирак. Едно от забележителните следствия на теорията било допускането за съществуване на частица с маса и заряд, равни на масата и заряда на електрона, но с положителен знак. Тази частица била открита през 1932 г. от Андерсън в състава на космичните лъчи. Нарекли я позитрон. Както и трябва да се очаква, поведението на тази частица в електрични и магнитни полета било обратно на поведението на електрона (небезизвестният Макс Борн я нарекъл на шега “магарешки електрон” – магарето обикновено се дърпа в посока, обратна на желаната от стопанина му).

Паралелно с другите експерименти, съпрузите Жолио-Кюри провеждали и изследвания за изясняване на свойствата на позитроните. През 1933 г. те наблюдавали образуване на електронно-позитронни двойки от гама-кванти:



Няколко месеца по-късно те открили обратния процес, известен днес като аниhilация на електрони и позитрони:



Тези два процеса и днес се споменават и обсъждат във всички учебници по ядрена физика. Причината е, че те имат не само историческо и ядрено-физическо, а и методологично значение. Те са ярко доказателство за взаимното превръщане на различните форми на материята.

(Посочените процеси на времето са направили изключително силно впечатление. Руският учен Вавилов казал, че процесът на превръщане на γ -квантите в електронно-позитронна двойка е толкова удивителен, колкото ако биха ни показали, че

мелодията се превръща в цигулка).

Както вече споменахме, по същото време семейство Жолио-Кюри продължавало да работи по получаването на неутрони с помощта на α -частици. Изследванията били провеждани в Радиевия институт в Париж с полониев α -източник, приготвен от Мария Кюри. Алфа-излъчването от полоний е характерно с това, че не се съпровожда с γ -излъчване (както при други източници), което може да попречи за чистото провеждане на експерименти. Като се прибави и фактът, че “фамилният” източник бил с много голяма активност, може да се каже, че

МАРИЯ КЮРИ Е “БЛАГОСЛОВИЛА” ОТКРИВАНЕТО НА ИЗКУСТВЕНАТА РАДИОАКТИВНОСТ.

Процедурата в измерванията на Жолио-Кюри била следната. На разстояние 1 mm от α -източника поставили тънка алуминиева пластинка и я облъчвали в продължение на 10 минути. След това поместили тази пластинка срещу гайгер-мюлеров брояч и установили, че тя изпуска лъчение, интензитетът на което намалявал експоненциално с времето. Анализът на лъчението, проведен с Уилсънова камера, показал, че то се състои от позитрони.

Уредите, с които Ирен и Фредерик Жолио-Кюри са получили изкуствена радиоактивност

Някои историци сочат като дата на историческото откритие 11 януари 1934 г. (четвъртък). Само след четири дни за него е съобщено в Парижката Академия. Ще приведем извадки от съобщението на авторите.

“На нас ни се удаде, с помощта на Уилсъновата камера да докажем, че някои леки елементи (берилий, бор, алуминий) изпускат положителни електрони при бомбардирането им с α -частици от полоний ...”.

“Изпускането на положителни електрони от някои леки елементи, подложени на

облъчване с α -лъчи от полоний, продължава в течение на известно време и след отдалечаването на източника на α -лъчи”.

“Ние предполагахме, че в случая с алуминия реакцията протича по следния начин:

.

Изотопът на фосфора ^{30}P е радиоактивен. Той има период на полуразпадане 3 min и 15 s и изпуска положителни електрони, съгласно реакцията

”.

За да се потвърди тази схема, било необходимо по химичен път да се определи наличието на фосфор. Трудността се състои в това, че от огромно количество алуминиеви атоми се получава съвършено неизмеримо количество фосфорни атоми. С обикновените методи на химичния анализ не е възможно отделянето на новополучените атоми.

Съпрузите Жолио-Кюри се проявили като квалифицирани радиохимици (в тази професия ги била въвела самата Мария Кюри). С оригинални радиохимични методи те успели да открият наличието на фосфор.

По-нататък в съобщението се отбелязва:

“За бора и магнезия могат да се напишат аналогични реакции, които водят до образуване на неустойчиви ядра ^{13}N и ^{27}Si . Изотопите ^{13}N , ^{27}Si и ^{30}P не се наблюдават в природата, тъй като могат да съществуват само в продължение на много кратко време”.

В заключение авторите обобщават:

“По такъв начин в настоящата работа се удаде за пръв път с помощта на външно въздействие да се предизвика радиоактивност при някои ядра, която се запазва в продължение на измеримо време при отсъствие на принуждаващата причина”.

Този път (след “изпуснатото” откритие на неутрона) Жолио-Кюри се оказали на необходимата теоретична висота – те не само установили нови факти, но им дали и правилно физическо обяснение. Очевидно за това допринесла благоприятната научна атмосфера, която Мария Кюри била създала около себе си. Знаменитата Дама, носителка на две нобелови награди, имала щастието няколко месеца преди смъртта си да се порадва на откритието, което направили нейната дъщеря и зет ѝ. Тя собственоръчно държала епруветката с получения изкуствено радиоактивен фосфор и слушала “пукането” на брояча.

Откриването на изкуствената радиоактивност било веднага оценено като едно от най-големите открития на века. Още през следващата 1935 г. Ирен и Фредерик Жолио-Кюри получили Нобеловата награда по химия. Така те “догонили” английския си колега Чадуик, само че в съседната пътека на нобеловата “писта”.

За откриването на изкуствената радиоактивност И. и Ф. Жолио-Кюри написали кратки съобщения, представени в “*Comptes Rendus*” на Парижката Академия на науките и на лондонското списание “*Nature*” през януари 1934 г. През следващите месеци фронтът на събитията се преместил в Рим, в групата, съставена от

“МОМЧЕТАТА ОТ УЛИЦА ПАНИСПЕРНА”*

и ръководена от легендарния Енрико Ферми.

Енрико Ферми

На този фронт за бомбардиране на ядрата се използвали други “снаряди” – неутроните. Тук веднага проличава новаторския дух на Ферми. За него не било интересно да върви по пътеката, открита от френските учени, той търсил нови подходи. На пръв поглед използването на неутрони за възбуждане на ядрата изглеждало авантюра. По това време те се получават още в много малки количества, неутронните потоци били с няколко порядъка по-слаби от достигнатите интензитети на α -източници. Да се търсят ядрени превръщания с такива потоци изглеждало безперспективно. А Ферми бил вече наложил се теоретик, известен като автор на теорията на бета-разпадането и на нова квантова статистика (статистика на Ферми-Дирак). Кое накарало този голям физик да се увлече по авантюрите на “безнадеждните” експерименти? Очевидно, това е

“ДУХЪТ НА КОЛУМБ”,

онзи дух, който води най-смелите измежду хората по нови пътища, в търсене на нови територии. Енрико Ферми действително открива нови “територии” в микросвета. Не случайно неговият ученик Бруно Понтекорво казваше, че Ферми заслужава пет нобелови награди).

Интуицията на големия физик му подсказвала, че малкият брой неутрони може да се компенсира с липсата на електричен заряд у тях, следователно – с отсъствието на кулоновска бариера. Експериментите в Рим започнали още през март 1934 г. В началото използвали (Po-Be)-източник. Без резултат. През следващия месец вече използвали по-мощен (Rn-Be)-източник на неутрони. С него получили първите радиоактивни изотопи. За разлика от позитронното разпадане, създавано при бомбардирането на ядрата с α -частици, групата на Ферми регистрирала отрицателна β -радиоактивност (както и следва да се очаква от закона за запазване на електричния заряд.

След първите успешни опити, вече с помощта на много по-мощен неутронен източник, групата започнала масирано изследване на всички елементи от периодичната система. От всички 68 изследвани елементи при 47 била установена изкуствена радиоактивност.

Тази верига от открития на римската група завършила с откриването на влиянието, което водородосъдържащите среди оказват върху изкуствената радиоактивност, предизвикана от неутрони.

Резултатите били съвършено удивителни. Ето какво пишат авторите на това откритие (Е. Ферми, А. Амалди, Б. Понтекорво, Ф. Разети и Е. Сегре):

“При изпълнението на експерименти по изучаване на изкуствено радиоактивно сребро с неутрони ние забелязахме следната аномалия в процеса на активиране: слой парафин с дебелина няколко сантиметра, поставен между източника на неутрони и среброто, увеличава, а не намалява, активността. Продължавайки опитите, ние се убедихме, че наличието на големи блокове парафин, обкръжаващи неутронния източник и мишената, увеличава интензитета на активация от няколко десетки до няколко стотици пъти в зависимост от геометрията на опита”.

Резултатите от изследванията на римската група били високо оценени от научната общественост и през 1938 г. на Е. Ферми била присъдена Нобеловата награда по физика “за демонстрирането на нови радиоактивни елементи, получени чрез облъчване с неутрони и свързаното с тях откритие на ядрени реакции, причинени от бавни неутрони”.

Възможността за синтез на изкуствени елементи с неутрони веднага предизвикала желанието на изследователите да проникнат в областта на периодичната система, разположена след урана.

Още през 1934 г. Енрико Ферми със своите сътрудници, опитвайки се да получат с помощта на неутрони трансуранови елементи, открили цял набор неизвестни радиоактивни ядра. Неспособни да ги идентифицират, те ги приписали на хипотетични трансуранови елементи и на различни изотопи на радия. Тези работи положили начало на широко разгърнати се в редица страни изследвания по синтез на трансуранови елементи.

Тук ми се иска да направя още едно отклонение, което ще посветя на

“БЪЛГАРСКАТА СЛЕДА” В ЯДРЕНАТА ФИЗИКА ПРЕЗ 30-те ГОДИНИ.

Тя е оставена от д-р Елисавета Карамихайлова – “първата дама” на българската физика. В края на 20-те и началото на 30-те години на 20-и век тя е работила в Радиевия институт във Виена. Като снаряди използвала вездесъщите по онова време α -частици. Особено интересни са изследванията, които е провеждала в началото на 30-те години. Това личи от статията ѝ, публикувана през 1931 г. “Върху проникващото лъчение на полоний”. По-късно излиза статията ѝ “Върху проникващо лъчение, възбудено чрез алфа-частици в берилий”. Както се вижда, Карамихайлова е изучавала същите реакции, с които са се занимавали Боте и Бекер, след това семейство Жолио-Кюри и накрая Чадуик. Безспорно тя е наблюдавала ефектите, предизвикани от неизвестните дотогава неутрони, но както споделя в писмото си до проф. Майер, “те са имали повече късмет”.

Не е безинтересно също и това, че през 1934-35 г., веднага след откритието на Ферми, д-р Карамихайлова заедно с австрийски колеги е изследвала ядрени реакции на неутрони с тежки ядра. През 1935 г. тя публикува статия “Към въпроса за изкуственото превръщане на тория с помощта на неутрони”. Нашата сънародничка, макар и със скромно присъствие, е била на предния фронт на ядрената физика през първата половина на 30-те години. (Още “по-скромно” е принудена тя да “присъства” в българската физическа колегия след завръщането си в родината. Д-р Карамихайлова получи признание много по-късно, отколкото значително по-младите си колеги, които тя изпреварваше и с научните си приноси).

Както е известно, в края на 1938 г. О. Хан и Ф. Щрасман с помощта на забавените неутрони откриха едно фундаментално явление – делене на ядрата. Правилната му интерпретация даде Лизе Майтнер, а Н. Бор, Дж. Уилър и Я. Френкел създадоха теоретичния модел на процеса делене.

ТРАНСУРАНОВАТА ЕПОПЕЯ

Започва през 1940 г., когато Е. Макмилън от Калифорнийския университет открива неизвестен дотогава радиоактивен излъчвател с период на полуразпадане 2,3 денонощия. Източникът е идентифициран като елемент с пореден номер 93 и е наречен нептуний. Следващите елементи – плутоний, америций, кюриум, берклий и калифорний за пръв път са получени от Г. Сиборг и неговата група при облъчване на уран и трансуранови ядра с ускорени в циклотрон деутрони и α -частици.

В получаването на свръхтежките елементи през 60-те години на миналото столетие се включи интернационалната група в Дубна (Русия), а през 80-те години и група, работеща в Дармщадт (Германия). В трите ядрени центъра – Бъркли, Дубна и Дармщадт досега са синтезирани над сто различни изотопа на елементите от втората стотица на периодичната система (до $Z = 118$).

Заедно с получаването на нови елементи и изотопи тези изследвания стимулираха развитието на методите и техниката за ускоряване на тежки йони, с което поставиха начало на ново направление в изучаването на атомните ядра – физика на тежките йони. Това направление на свой ред предизвика “бум” в откриването на нови видове радиоактивни превръщания: протонна, двупротонна, двунейтронни, кластерна и др. радиоактивности.

Изследванията на изкуствената радиоактивност съществено увеличиха броя на изучаваните ядра, като включиха в тях неутроннообогатени и неутроннодефицитни изотопи. Понастоящем са известни над 2500 изотопа. Теоретиците предсказват възможността за получаване на около 6000 вида изотопа. Търсенето на нови изотопи се провежда по всички посоки на изотопната карта.

Измежду най-мощните направления на използването на изкуствените радионуклиди може да се посочат: радиационната технология в промишлеността и селското стопанство, ядренофизичните методи за анализ, радиационната дефектоскопия на метали, радиационната терапия и диагностика в медицината, радиационната генетика и селекция на селскостопанските култури, радиоизотопната енергетика и т.н. Понастоящем в различните области на науката, техниката и медицината се използват над 200 радионуклида. От посочените направления ще се спрем на едно, прогресивно развиващо се през последните години (смятам, че другите направления са по-познати) –

ПРИЛАГАНЕТО НА РАДИОНУКЛИДИТЕ В МЕДИЦИНАТА.

Възможностите за такова приложение започват да се изучават веднага след откриването на изкуствената радиоактивност.

Сега в света действат над 200 специализирани малогабаритни циклотрона и около 30 други типа ускорители на заредени частици, предназначени за производство на радионуклиди за медицински цели. На тези ускорители се получават изотопи в количества достатъчни за произвеждане на диагностични изследвания на няколко хиляди пациента в година.

Известна представа за областите на приложение на някои от радионуклидите може да даде приложената Таблица 1.

Таблица 1

НАЗНАЧЕНИЕ

НУКЛИДИ

ОБЛАСТ НА ПРИЛОЖЕНИЕ

11 C, 13 N, 15 O,

Позитрон-емисионна томография

52 Fe

Хематология

67,68 Ga

Онкология

73,75 Se

Метаболизъм, Онкология

ДИАГНОСТИКА

82 Rb, 128 Cs, 201 Tl

Кардиология

97 Ru

Онкология, Линфоангиография

111 In

Онкология, Нефрология

123 J

Кардиология, Онкология, Ендокринология

127 Xe

Пулмология

178 Ta

Кардиология, Неврология

195m Au

Ангиография

26 Al, 237 Pu

Метаболизъм

ТЕРАПИЯ

67 Cu, 97 Ru, 85 Sr

Онкология

167 Tm, 211 At и др.

В Таблица 2 са посочени характеристиките на няколко изотопа, които изпълняват изключително важна роля в ядрената медицина. Заради техните ядрено-физични характеристики (малки периоди на полуразпадане и ниски енергии) те се смятат за “идеалните” радионуклиди за медицински цели.

Таблица 2

НУКЛИД

T_{1/2} часа

E_g , keV

ПРЕДНАЗНАЧЕНИЕ

(адсорбиращ орган)

123 J

13,2

195

Диагностика на щитовидна жлеза

201 Tl

73,1

135,3

Сърце – кардиология

67 Ga

78,3

90 , 300

Стомах

111 In

67,2

245

За разпространение на инфекции

Интересен метод представлява позитронно-емисионната томография. В определен орган на човека се въвежда краткоживущ изотоп: ^{11}C ($T_{1/2} = 20 \text{ min}$) ^{13}N (10 min) или ^{15}O (2 min). Разпадайки се, тези изотопи изпускат едновременно два гама-кванта с енергии 511 keV. Тези γ -кванти се регистрират със специални детектори, разположени около човешкото тяло. След обработка на получените снимки, те се преобразуват в пространствено изображение на органа. Напоследък започна използването и на изотопи на тежките елементи. В това отношение представлява интерес приложението на изотопа

237

Pu. Той се използва за изследване метаболизма на трансурановите елементи в организма, което е изключително важно при профилактика на заболяемостта на жертвите при големи екологични катастрофи от рода на Чернобилската.

Някога Ланжвен беше писал, че откриването на естествената радиоактивност е изиграло същата роля, както откриването на огъня. Продължавайки това сравнение, може да кажем, че именно откриването на изкуствената радиоактивност даде този огън в ръцете на човека. Свидетелство за това са огромните постижения на ядрената физика, химия и техника през 20-и век.

*Използвано е заглавието от статията на Карло Бернадини в “Светът на физиката”, № 2, 2003 г.

Разпространение на радиоактивните вещества по хранителните вериги

В почвата поведението на радиоактивните вещества зависи от тяхната разтворимост. Неразтворимите остават в почвата. Разтворимите - йод¹³¹, цезий¹³⁷, стронций⁹⁰ - могат да преминат в подземните води или да се всмучат от растенията. В глинените и черноземните почви цезият и стронцият по-трудно преминават в растенията, отколкото в пясъчливите. Замърсяването на почвите с йод¹³¹ няма голямо значение тъй като бързо се разпада. Във водоемите радиоактивните вещества бързо се утаяват на дъното. Във водата остават малки количества, кои то обикновено не надвишават пределно допустимите норми. Дъното играе роля на резервоар за изотопи. От водните организми най-силно поглъща радиоактивни вещества планктонът. Чрез него се заразяват рибите, а от тях - и човекът.

Растенията поглъщат радионуклиди с корените или с листата си. В тях най-много се натрупва цезий¹³⁷. От домашните растения най-големи количества радионуклиди са открити в картофите, а от диворастящите - в гъбите. Прибавянето на фосфорно-калиеви соли в почвата подтиква всмукването на цезий¹³⁷. Всмукването на стронций⁹⁰ се подтиква от прибавянето на калций. Замърсяването на растенията с йод¹³¹ е кратковременно - периодът на полуразпад е средно пет денонощия.

Животните се заразяват с тревата по пасища, с въздуха и по други начини, напр. с почвата, когато изскубват тревата заедно с корените. Стронций⁹⁰ се натрупва главно в костите и се изхвърля с урината и изпражненията. Йод¹³¹ се отделя с млякото.

Даването на 2 г стабилен йод за денонощие намалява два пъти йод 131 в млякото. Цезий 137 се разпределя в целия организъм, но най-голямо значение има натрупването му в мускулите.

Предпазване на хранителните продукти от заразяване

Предпазването на хранителните продукти от отлагане и полепване на радиоактивни частици се осъществява с механична защита - съхраняване в закрити помещения /мазета, килери/ и в затворени съдове. Готвенето и храненето се извършват на закрито. Ако е имало продукти на открито по време на радиоактивно отлагане, горният им слой се отстранява. Брашно в чували, например, се намокря така, че водата да попие няколко сантиметра в брашното. След като изсъхне, получената кора се отстранява и изхвърля. Трябва да се внимава да не се внесе в жилището радиоактивен прах. При влизане обувките трябва да се избърсват върху влажна изтривалка, връхните дрехи - да се събличат. Помещенията не бива да се проветряват дълго време и при вятър. За да не се допусне проникване на радиоактивни вещества в растенията и животните, се извършват редица мероприятия в селското стопанство. Чрез дълбока оран отлаганията се прехвърлят в долните слоеве на почвата. Внасят се естествени и изкуствени торове и гасена вар. Върху най-силно замърсените почви се засяват технически култури, а върху средно замърсените - фуражни. Трябва да се има предвид, че черноземните и глинестите почви задържат по-силно радиоактивните вещества и по-трудно ги отдават на растенията. Затова тези почви ги предпочитат за засяване на житни и други култури. Животните не бива да пасат на открито. Прозорците и вратите на помещенията се уплътняват. Почистването става след овлажняване. Изхранването се извършва с фуражи, съхранявани на закрито - предимно концентрирани и груби.

Ако се наложи хранене със замразени фуражи, то горният им слой се отстранява. Предпочитат се смески от замърсени и незамърсени фуражи, така че дневната дажба да не съдържа и да не надвишава определено допустимите норми радиоактивни вещества. Осигуряват се по-големи количества минерални съставки, особено калций - калиев фосфат, клиноптилолит, глина. Телетата, яретата и агнетата трябва да се хранят с млекозаместители.

Обеззаразяване на хранителни продукти

Обеззаразяването на хранителни продукти цели извличането на радиоактивни

вещества от тях. При повърхностно замърсяване това се постига с измиване и обелване, а при

проникване на радионуклиди в продуктите - чрез изкисване и чрез варене. Обезвреждането на кратко живеещия изотоп йод 131 се извършва чрез преработка на млякото в трайни продукти - сирене, кашкавал. Консумацията им е позволена след около два месеца, когато радиойодът се разпада почти напълно. През това време се използва сухо мляко, произведено преди радиоактивното замърсяване. Приема се по една таблетка калиев йодин /по 0,125 г/ дневно, а за деца до две години - по 0,04 г дневно в продължение на една седмица.

Повърхностно замърсени плодове и зеленчуци се измиват обилно с вода и се обелват, което намалява замърсяването наполовина. Вътрешно замърсените се киснат продължително време /около един час/ във вода с прибавяне на 0,1%-ов разтвор на "Веро" и 1%-ов разтвор на солна киселина а след това се измиват обилно с вода. Намаляване на радиоактивността се постига и чрез продължително варене в солена вода, след което бульонът се изхвърля. Избягва се употребата на зеле, магданоз и други зеленчуци, чийто листа поради формата си задържат повече радиоактивни вещества. Преработването в консерви и туршии също намалява замърсяването.

Говеждото месо е по-слабо заразено от свинското и от овчето. Месото на животни отглеждани в планините, е по-силно замърсено от месото на животни, отглеждани в равнините, месото на дивите животни е по-замърсено от месото на домашните животни. Самото месо е замърсено с цезий-137, а костите - със стронций-90. Преди обработката месото се обезкостява. След това се нарязва на късове и се вари в солена вода, при което се отделя до половината от радиоактивния цезий. Бульонът се изхвърля.

Продължителното изкисване в 25%-ов солен разтвор и последващо сваряване намаляват с около 90% съдържанията на цезий. Овчето месо се кисне в 10%-ов разтвор на оцет едно денонощие или се вари два часа в оцетен разтвор. Птичето месо се бланшира в 10%-ов оцетен разтвор. При преработка в местни изделия месото се кисне продължително време /24 часа/ в солен разтвор /8 г готварска сол на литър вода/. Млякото може значително да се очисти от цезий 137 и стронций 90 като се смеси с клиноптилолит /минерал, който се добавя към храната на добитъка/ или като се прекара през колонка, запълнена с препарата. Рибата натрупва в себе си цезий-137 и стронций 90 изключително силно, особено хищните риби. След прекратяване на замърсяването цезият бързо се извежда от нея и рибата може да се използва за храна. Стронцият се извежда бавно, но той се натрупва главно в люспите и костите, и поради това е опасен

само при преработка на рибата в костно брашно.

Предпазване на водата от радиоактивно замърсяване

В застоялите водоеми радиоактивните отлагания се утаяват за няколко дена, а реките се очистват още по-бързо. Временно увеличаване на радиоактивността може да настъпи след дъжд от води, отмили от почва радиоактивни вещества. В градове с централно водоснабдяване, разполагащи с пречиствателни станции, водата е най-чиста, тъй като филтрите задържат радиоактивните частици. Употребата на вода от посочените източници е практически безопасна, като е желателно в първите няколко дни да се пие бутилирана минерална вода или вода, съхранявана в закрити съдове.

Сравнително по-лесно се замърсяват кладенците. За да се избегне това кладенецът се обгражда с еднометрова стена, затваря се с капаци и отгоре се поставя покрив. В кръг около два метра около кладенеца се настила глина с дебелина 20 см. Върху нея се поставя циментов пласт с лек наклон навън. В кръг около кладенеца се изкопава канавка за разлетите води. Водата може да бъде обеззаразена с коагуланти или с йонообменни смоли.