



Российская Академия Наук

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**



RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**NUCLEAR SAFETY
INSTITUTE**

Препринт ИБРАЭ № IBRAE-2014-06

Preprint IBRAE-2014-06

Панченко С.В., Аракелян А.А., Гаврилина Е.А.

**ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОЙ
ОБСТАНОВКИ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ
ПУНКТЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ
АВАРИИ НА ЧАЭС В АПРЕЛЕ 1986 Г.**

УДК 504.064: 621.039.7

Панченко С.В., Аракелян А.А., Гаврилина Е.А. ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС В АПРЕЛЕ 1986 г. Препринт ИБРАЭ № ИБРАЕ-2014-06. Москва: ИБРАЭ РАН, 2014. — 35 с. — Библиогр.: 33 назв. — 62 экз.

Аннотация

В работе проведена систематизация эмпирических данных, характеризующих радиационную обстановку в селе Новые Бобовичи Новозыбковского района за период с 1986 по 2014 гг., сложившуюся после аварии на Чернобыльской АЭС. На основе выполненного анализа приведена динамика уровней мощности дозы внешнего облучения для различных типовых точек населенного пункта, выполнена оценка дозы облучения за исследуемый период.

Рассмотрено поведение изотопа ^{137}Cs в жилой среде, его миграция в почвенных горизонтах.

©ИБРАЭ РАН, 2014

Sergey Panchenko, Aram Arakelyan, Ekaterina Gavrilina. DYNAMIC OF RADIOLOGICAL PARAMETERS IN RURAL SETTLEMENTS CONTAMINATED BY THE CHERNOBYL ACCIDENT IN APRIL 1986. Preprint № ИБРАЕ-2014-06. Moscow: Nuclear Safety Institute of the Russian Academy of Sciences (IBRAE RAN), 2014. — 35 p.

Abstract

The systematization of empirical data on radiation situation in the village of Novye Bobovichy contaminated by the Chernobyl accident for the period from 1986 to 2014 is carried out. Based on the performed analysis, the dynamic of the levels of external radiation dose rates for various typical points of the settlement is considered. The radiation dose rates are estimated for the study period.

The isotope cesium-137 behavior in human environment and its migration in soils is observed.

©Nuclear Safety Institute, 2014

ДИНАМИКА ПАРАМЕТРОВ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ В СЕЛЬСКОМ НАСЕЛЕННОМ ПУНКТЕ, ЗАГРЯЗНЕННОМ В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ЧАЭС В АПРЕЛЕ 1986 Г.

Панченко С.В., Аракелян А.А., Гаврилина Е.А.

ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОГО РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
113191, Москва, ул. Б. Тульская, 52
тел.: (495) 955-23-21, факс: (495) 955-23-21, электронная почта:
panch@ibrae.ac.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
УРОВНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НАСЕЛЕННОГО ПУНКТА И ЕГО АРЕАЛА	6
Уровни загрязнения почвенного покрова в Новых Бобовичах	7
Уровни загрязнения почвенного покрова в ареале Новых Бобовичей	8
Подворные обследования в Новых Бобовичах	10
Краткая характеристика села Новые Бобовичи	11
Подворные обследования 1990, 2001 и 2008 годов	15
Подворные обследования в 2014 году	18
Измерения по заглублению ^{137}Cs на различных участках	21
АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ	26
ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	32
ЛИТЕРАТУРА	33
БЛАГОДАРНОСТИ	35

Предисловие

"Подумай о бедных, как сгибаются они над малым огнем, имея большую беду глазами от дыма, согревая лишь руки, когда плечи и все тело замерзает..."

Святослав киевский. "Изборник", 1076 год

Так повелось издревле: весь изъян — на крестьян. Не уродит земля — больше людей заберет к себе. Ударят жестокие холода — не защитят крытые тростником да соломой жалкие полуземляные курные лачуги. И так всякая беда: война ли, мор какой, пожар или наводнение — основное бремя лишений ложилось на этой земле на крестьян, тех, кто кормил и одевал всех остальных.

Эта работа, написанная в жанре научного трактата, посвящается крестьянам районов, попавшим под Чернобыльский радиоактивный след, потомкам живших здесь когда-то Радимичей. Новые времена, новые беды, неведомые раньше, но, как и всегда, страдают более всех крестьяне.

Проблему оценки радиационного воздействия на население, проживающее на территории, загрязненной радиоактивными веществами, можно рассматривать под разными углами зрения. Но наиболее естественным способом анализа нам представляется изучение влияния радиации на жизнь в различных ее аспектах для некоторого типичного населенного пункта (НП). Конечно, при этом возникают многочисленные вопросы как гуманитарного, так и естественнонаучного толка о критериях выделения и самого НП и применяемых методах анализа различных факторов на жизнь жителей, и выбора факторов оценки самой жизни. И в этом смысле исследователю непросто определиться с набором того инструментария, который будет использован для последующего анализа. Тем более что зачастую такой исследователь является специалистом в одной (хорошо, если в нескольких) области знаний. При взгляде на поставленную проблему создается впечатление, что необходима комплексность исследований, объединенных системным подходом к проблеме, и необходима такая широта мировоззрения, которая позволит за совокупностью широкого спектра различной информации увидеть то зерно истины, которое прорастет, и собранный урожай ляжет в амбары наших знаний об этом мире.

Подходы к таким оценкам только прощупываются в научном сообществе, поскольку непросто соединять и противопоставлять интересы всего общества, жителей населенного пункта и отдельного человека. Критерии анализа на этом пути настолько зыбки, а оценки потенциальной пользы этим субъектам, получаемые из опыта ликвидации какого-либо негативного фактора, еще так расплывчаты. По-прежнему человечество учится преимущественно на своих ошибках, так что пока можно говорить только о постепенно формирующейся доктрине такого комплексного анализа. Тем не менее, авторы убеждены в необходимости движения в этом направлении и поэтому год за годом собирают по крупицам информацию о жизни людей, хозяйств, в целом таких образований как населенный пункт, живущих в конкретном историческом времени и отличающихся от других наличием фактора, значимость которого разными специалистами оценивается далеко неоднозначно. Собирают с тем, чтобы затем когда-то можно было бы взглянуть на всё происшедшее по-новому и заново расставить приоритеты и сверить сложившуюся когда-то стратегию с неким новым идеалом.

Объект нашего исследования — сельский населенный пункт, его люди и хозяйственная жизнь. В данной работе рассматривается небольшой частный вопрос, но нам представляется, что это необходимый смальт в той мозаике, которую мы собираемся сложить. Нам показалось интересным и важным посмотреть на полученные разными исследователями и в разные годы результаты натурных измерений прагматично и ответить главным образом всего на один вопрос, как ведет себя радиоактивный изотоп цезия, попавший в населенный пункт сельского типа и его ареал?

Введение

Предлагаемое исследование является также частью большой работы, посвящённой изучению путей миграции радионуклидов в жилой среде. Эта тема в силу ряда причин все ещё остаётся недостаточно изученной и крайне сложной для исследования. Даже после аварии на ЧАЭС, когда научный мир получил в своё распоряжение богатейший натуральный материал, за 25 с лишним лет не появилось ни одной отечественной монографии, посвящённой жилой среде. Общая канва такой обобщающей работы была прописана в книге, вышедшей под редакцией Ф. Уорнера и Р. Харрисона «Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде» [Пути, 1999]. Чтобы заполнить этот пробел, нами задумана серия публикаций, последовательно раскрывающая особенности проблемы и способы решения отдельных задач, с ней связанных.

Жилую среду можно в ряде случаев рассматривать как систему барьеров, уменьшающих воздействие факторов внешней среды, в том числе и антропогенного происхождения. С этой точки зрения задачей нашего исследования явилось определение роли отдельных барьеров по отношению к фактору радиоактивного загрязнения окружающей среды.

Поведение и пути распространения загрязняющих радиоактивных веществ в жилой среде имеют свои особенности по сравнению с другими ландшафтными формами. Важным является многообразие физических и химических процессов, регулирующих процессы фиксации и миграции радионуклидов в объектах жилой среды. Уже на этапе формирования загрязнения жилой среды в зависимости от физико-химических свойств радионуклидов, метеорологической обстановки и параметров собственно жилой среды условия, определяющие характер и величину облучения, заметно различаются. В дальнейшем эти особенности среды проявляются ещё более отчётливо.

Первые выборочные подворные обследования в населённых пунктах начали проводиться на юге Гомельской области с середины мая 1986 г. специалистами Института биофизики Минздрава СССР. В России чуть позднее такие исследования выполнялись специалистами Ленинградского Института Радиационной Гигиены (ЛИРГ) в Брянской и Тульской областях и научными организациями г. Обнинска (в первую очередь специалистами Медицинского радиологического научного центра РАМН и НПО «Тайфун») в Калужской области.

Типовой схемой подворных обследований являлось измерение мощности дозы γ -излучения на характерных для большинства хозяйств локализациях (Sites): двор, огород, дом, хозяйственные постройки, улица и др. Над каждой поверхностью проводилось несколько измерений, и затем результат усреднялся. Так измерения в помещениях проводились в каждом угле и в середине комнаты. Кроме того, в первые годы, начиная с мая 1986 г., в ряде хозяйств отбирались пробы почвы с участков и выращиваемой продукции для проведения спектрометрических и радиометрических измерений.

С 1987 г. практика подворных обследований реализовывалась в реперных (наиболее загрязнённых) НП. Однако, такие исследования не охватывали все хозяйства данного НП, а ограничивались наиболее характерными точками: несколько личных хозяйств, детские учреждения, торговые точки, производственные площади. Основной целью исследований являлось получение и уточнение коэффициентов, позволяющих на основе ограниченной номенклатуры радиационных параметров (мощность экспозиционной дозы, средняя плотность загрязнения территории НП) получать оценки доз внешнего облучения для различных категорий населения и средние значения в целом для населённого пункта.

Спустя 4 года после радиационной аварии на ЧАЭС, когда масштабы загрязнённой территории уже в общих чертах были определены, а социальный накал вокруг этого события достиг своего пика, было принято решение о проведении сплошных подворных обследований каждого населённого пункта с уровнями загрязнения выше 555 кБк/м^2 (15 Ки/км^2). Целью такого пристального и дорогостоящего внимания было уточнение возможных дозовых нагрузок на население с последующим определением адресной помощи (компенсации) жителям. Целесообразность таких работ в то время никто не оценивал.

Работа методически и организационно легла на плечи Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, возглавляемого Ю.А. Израэлем, и подведомственной ему организации по наименованию ровеснику Чернобыльской аварии — научно-производственному объединению "Тайфун" (тогдашний ген. директор Волковицкий О.А.). Специалистами этой организации были разработаны и согласованы с заинтересованными ведомствами Методические рекомендации по

оценке радиационной обстановки в населённых пунктах [Методические, 1990]. В результате двухлетней работы (1990-91 гг.) в НПО «Тайфун» были собраны материалы по подворным обследованиям 126 населенных пунктов Российской Федерации, которые легли на архивные полки, не дождавшись их полноценного анализа и тем более выводов об их необходимости и эффективности. В России в это время создаётся в г. Новозыбкове филиал ЛИРГ'а, который, опираясь на районные и областные службы санитарно-эпидемиологического надзора, начинает проводить систематическую работу, направленную на уточнение первоначальных оценок дозовых нагрузок на население, определение текущих годовых доз и разработку прогнозов на будущее. Специалисты этой организации опирались в основном на собственные исследования в ряде населённых пунктов юго-запада Брянской области и методические разработки ЛИРГ'а.

Вскоре наступили тяжёлые времена не только для научных организаций, но и для всей страны.

Когда в 1996 г. правительства Германии и Франции выступили с инициативой поддержать организационно и финансово целый ряд проектов, связанных с оценкой ликвидации последствий аварии, появился небольшой подпроект №4 "**Жилая среда и контрмеры**" в разделе радиэкологических исследований. В рамках этой сравнительно небольшой работы при участии специалистов трех стран (республики Беларусь, России и Украины) было решено повторить подворные обследования в 6 населенных пунктах (по два в каждой стране). Для РФ в качестве таких пунктов были выбраны: село Новые Бобовичи Новозыбковского района и посёлок Мирный Гордеевского района, расположенные на юго-западе Брянской области [FGI, 2004].

Выполненные в 2001 г. исследования в Новых Бобовичах показали, что улучшение радиационной обстановки в населенном пункте идет значительно быстрее, чем на сельскохозяйственных угодьях и тем более в лесах [Urban, 2003; FGI, 2004]. При этом, как было показано, в данном сельском населенном пункте защитные мероприятия по снижению дозы внешнего облучения проводились в очень ограниченном количестве (точечно). С целью изучения дальнейшей динамики ^{137}Cs в населенном пункте специалисты ИБРАЭ РАН в 2008 г. провели дополнительные исследования в данном населенном пункте (результаты не были опубликованы).

Настоящее исследование ставило своей целью, сохраняя прежние методические приемы, провести повторное подворное обследование в селе Новые Бобовичи, выполнить анализ полученных за все годы экспериментальных материалов и оценить дозы внешнего облучения за 28 лет для той части населения, которая постоянно проживала в данном населенном пункте.

Уровни загрязнения населенного пункта и его ареала

Как это ни удивительно, но одно из основополагающих понятий: уровень загрязнения населённого пункта (НП) до настоящего времени не имеет чёткого определения. Возможно, это объясняется тем, что такое определение представляется вполне очевидным. В самом деле, каждый населённый пункт имеет вполне конкретные границы, а значит и известную площадь. Количество выпавшей активности радионуклида на эту площадь и могло бы быть мерой загрязнения населённого пункта. А отношение активности к площади — оценкой средней плотности загрязнения.

Но на практике все оказалось не таким простым делом. Маленькие деревеньки и села, которые и оказались главной «мишенью» для чернобыльских радионуклидов, были столь многочисленны, что собрать о них нужную информацию оказалось непростым делом. Конечно, главное, чем интересовались в первое время исследователи, была численность населения. Размеры же населённого пункта мало кто знал, да это и не казалось важным параметром. Оценки загрязнения делали по измерениям мощности дозы, затем по результатам спектрометрии проб почвы, отобранных либо в самом населённом пункте, либо «за околицей», т.е. в непосредственной близости от него. Хотя пробы отбирались с очень небольшой площади: от $3,8 \text{ см}^2$ в наиболее загрязнённых НП на юге Гомельской области до примерно 170 см^2 , согласно рекомендациям Государственного Комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, молчаливо предполагалось, что они наиболее точно отражают уровень загрязнения территории. Вышедшие Методические указания по оценке радиационной обстановки в населённых пунктах [Методические, 1990] совместно с действующей Инструкцией [Инструкция, 1987] предполагали отбор не менее 5 проб почвы в населенном пункте: в центре НП, а также на севере, юге, западе и востоке. На деле мало кто фиксировал места отбора проб, записывая лишь название НП. Результаты всех

измерений, выполненные специалистами различных ведомств СССР, а также порою и случайными людьми, в спешке назначенными «дозиметристами» в отдельных населённых пунктах, стекались в НПО «Тайфун», где перед специалистами вставала непростая задача, определения достоверности измерений и, в конечном счёте, приписывания некой средней плотности загрязнения каждому НП. Какое-то количество проб отбраковывалось, по остальным же вычислялась средняя величина, она и становилась основой для официальных справочников. Все последующие годы не раз вставала задача уточнения этой средней плотности загрязнения по ^{137}Cs , поскольку от этого зависел социальный статус, а значит и размер дотаций, компенсаций и других льгот, определённых законом [Закон, 1991]. В подобных случаях в такой НП выезжала бригада из НПО «Тайфун», специалисты брали дополнительные пробы и пересчитывали с учётом новых измерений среднее значение плотности загрязнения. Подобная процедура, несмотря на её значимость для конкретного НП не имела под собою чёткого регламента. Его разработка и внедрение могли привести к полному пересмотру ранее полученных значений, которые бы утратили свою легальность. Пойти на такой неразумный шаг спустя много лет после аварии не могло ни одно здравомыслящее правительство. Возможно именно поэтому сегодня под уровнем загрязнения НП по-прежнему понимается некое характерное для данного НП значение плотности выпадений ^{137}Cs , приведённое к текущей дате. Для специалистов физиков, радиологов и радиоэкологов эта производная величина вполне понятна и они примерно представляют, как от неё отталкиваться при проведении собственных исследований. Для юристов же существуют официальные справочники, и им, как правило, этого вполне достаточно.

Что же касается определения такого понятия как «загрязнение ареала НП», то оно оказалось куда более расплывчатым даже для специалистов. В практике оно не нашло применения, а вот в описаниях встречается достаточно часто, и, как правило, не имеет при этом чётких границ для описываемого ареала. Часто это загрязнение земель того хозяйства, которое находится под управлением жителей НП, нередко сюда включают и близлежащие леса, где жители НП пополняли и пополняют свои запасы лесными дарами. Иногда это просто окраина НП.

В период начала проводимых исследований под населённым пунктом в отечественных рекомендациях понималась "территория, включающая жилую, административно-производственную и общественную зоны и непосредственно прилегающую к ним местность до 0,5 км. Под ареалом населенного пункта понималась прилегающая к нему 2,5 км зона" [Методические, 1990]. Однако это определение не использовалось на практике в связи с определением средних уровней загрязнения НП. Так, площадь Новых Бобовичей в соответствии с таким определением должна была составлять около 8 км², а площадь села с ареалом — около 45 км².

Уровни загрязнения почвенного покрова в Новых Бобовичах

Радиоактивное загрязнение большей части территории России (и в том числе Брянской области) было обусловлено, в основном, поступлением радионуклидов из разрушенного реактора в атмосферу 27 - 29 апреля 1986 г. при их последующем переносе в северо-восточном направлении. В первый месяц после аварии отмечались еще два временных интервала 7 - 10 мая и 15 - 19 мая, когда метеоусловия способствовали переносу радиоактивности на территорию России¹ [Седунов, 1993]. Однако основное загрязнение её западной части было сформировано с большой вероятностью во второй половине дня 28 апреля, и в существующей литературе нет разногласия по этому поводу, сошлемся только на наиболее авторитетный источник [Орлов, 1996].

До настоящего времени нет экспериментальных подтверждений по интенсивности дождя и количеству выпавших осадков над территорией Новобобовического сельсовета. В ближайших населенных пунктах, где количество осадков в вечерние часы 28 апреля было измерено, уровни выпадения ^{137}Cs связаны с осадками следующим образом (табл. 1).

¹ По значительному числу параметров, на которые придётся ссылаться в данной работе, существует обширная библиография. В случае отсутствия принципиальных противоречий будем давать ссылку либо на первую публикацию, либо на работу, опирающуюся на более обстоятельное исследование.

Табл. 1. Выпадения осадков и ¹³⁷Cs в ряде населенных пунктов

НП	Удаление от Н.Бобовичей, км	Направление	Кол-во осадков, мм	Плотность выпадения, ¹³⁷ Cs, кБк/м ²
Новозыбков	16	юго-восток	11	697
Мирный	20	север	14,3	1289

Плотность выпадения ¹³⁷Cs на НП Новые Бобовичи по официальным источникам [Ежегодники НПО «Тайфун» за различные годы²], взятым из Банка Обобщенных Данных ИБРАЭ, составляла на момент формирования загрязнения 1095 кБк/м². С большей вероятностью предполагается, что радиоактивные выпадения были сформированы за счет мокрого осаждения. Количество осадков находилось в интервале 11-14 мм, а интенсивность дождя составляла ≈15÷20 мм/час. Количество проб и некоторые статистические параметры годовых выборок приведены в таблице 2.

Табл. 2. Некоторые параметры статистических выборок из базы данных НПО «Тайфун», кБк/м²

Параметр	1986	1987	1988	1989	1990	1986-90	1986-2013
число проб	4	6	6	4	54	74	94
минимум	938	905	820	1013	688	688	392
среднее	960	1043	965	1248	1160	1121	1121
среднее геометрическое	960	1035	952	1238	1128	1095	1095
максимум	978	1219	1307	1451	2030	2030	2292
стандартное отклонение	17	138	181	180	281	261	-

В таблице 2 приводятся официальные сведения (число проб, минимальные, средние и максимально измеренные плотности загрязнения), полученные в результате аналитической работы специалистов НПО «Тайфун», с результатами первичных определений уровней загрязнения территории НП, выполненными различными организациями в разные годы после аварии. В результате такого анализа часть проб была (13 за период 1986-1990 гг.) отбракована, хотя учет этих проб не менял общую картину, а только незначительно увеличивал дисперсию. После 1990 г. отбор проб производился эпизодически силами самой организации НПО «Тайфун». В силу естественных изменений, связанных в первую очередь с человеческой деятельностью, минимальное загрязнение в локальной точке снизилось почти вдвое. При этом средние значения остались неизменными. С хорошей точностью можно полагать, что среднее значение для данного НП определено достаточно хорошо, и оно находится в интервале: 1050÷1140 кБк/м². В наших дальнейших оценках было использовано значение первоначальной плотности загрязнения территории НП Новые Бобовичи как 1095 кБк/м² (на 28 апреля 1986 г.).

Уровни загрязнения почвенного покрова в ареале Новых Бобовичей

Вышеприведенное значение начального загрязнения ¹³⁷Cs 1095 кБк/м² относится к территории собственно населенного пункта (площадью 1,9 км²). В отношении загрязнения ближайшего ареала можно выделить два исследования. В одном из них, выполненным в рамках подпроекта "Жилая среда и контрмеры" [архив ИБРАЭ РАН³], проведена систематизация ранее измеренных проб почвы, отобранных вокруг села и имеющих хотя бы приблизительную географическую привязку. Эти результаты, приведенные к дате начального загрязнения (28.04.1986), представлены на рисунке 1. Следует отметить, что в этих исследованиях, границы рассматриваемого ареала фактически можно было отнести собственно к НП, поскольку они в большинстве своём не превышали нормативные 500 м от крайнего дома. Однако сложившаяся практика определения уровней среднего загрязнения НП не включала такие результаты в определение средней плотности загрязнения.

² В частности, данные за 1986-2013 (табл. 1), приведенные к 01.01.2014 г., взяты из ежегодника [Данные, 2014].

³ В архив входят 7 отчётов НИР, выполненных в рамках проекта ФГИ в период с 1999 по 2002 гг.

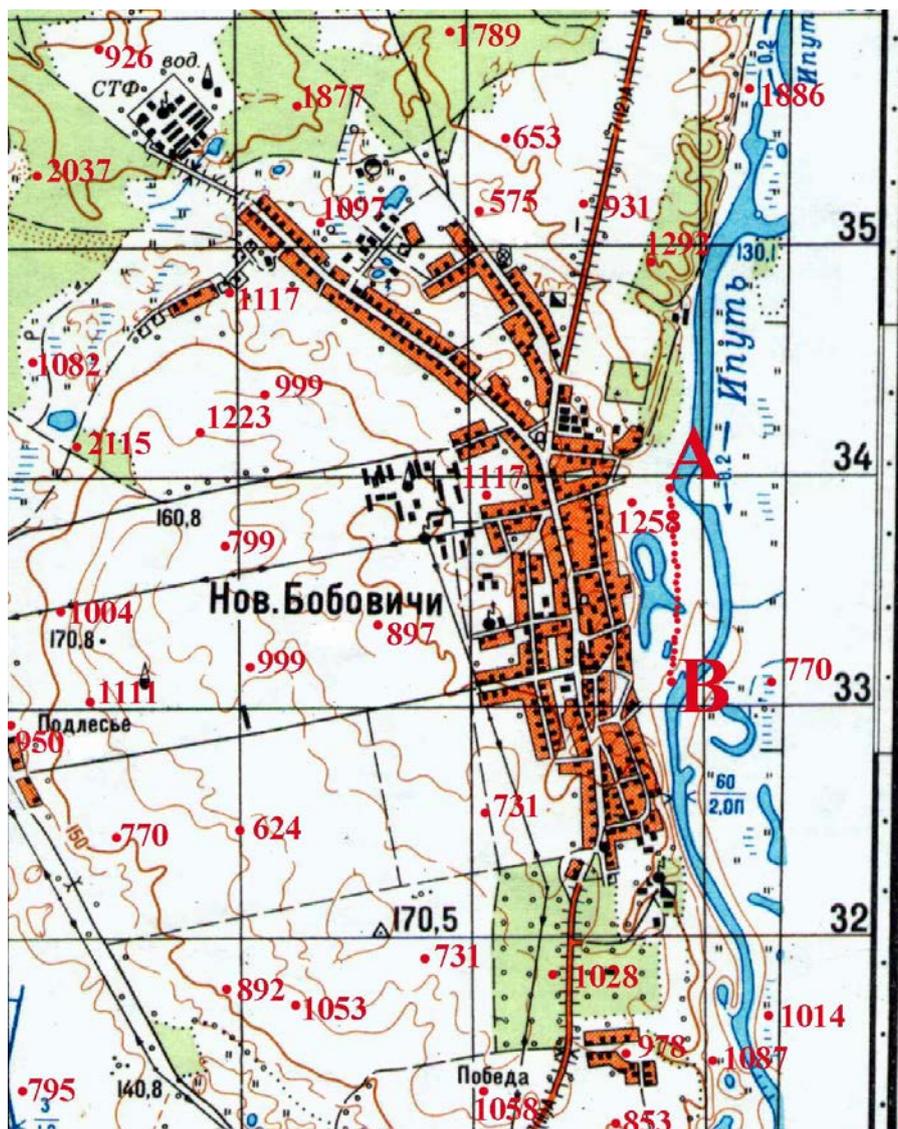


Рис. 1. Результаты измерения плотности радиоактивных выпадений ^{137}Cs , приведенные к дате выпадений 28.04.1986, в $\text{кБк}/\text{м}^2$ [FGI, 2004]

По линии Министерств сельского и лесного хозяйств отбиралось значительное число проб с целью установления загрязнения подведомственных им угодий. Отдельные исследования проводили геологи [Гоголь, 1996]. В Брянском Центре химизации и сельскохозяйственной радиологии (директор Григорий Тихонович Воробьев) была составлена карта загрязнений сельхозугодий хозяйства «Решительный» ^{137}Cs , центральной усадьбой этого хозяйства является село Новые Бобовичи (рис. 2). Данные по уровням загрязнения сельхозугодий были переданы администрацией Центра в ЦБОД ИБРАЭ РАН.

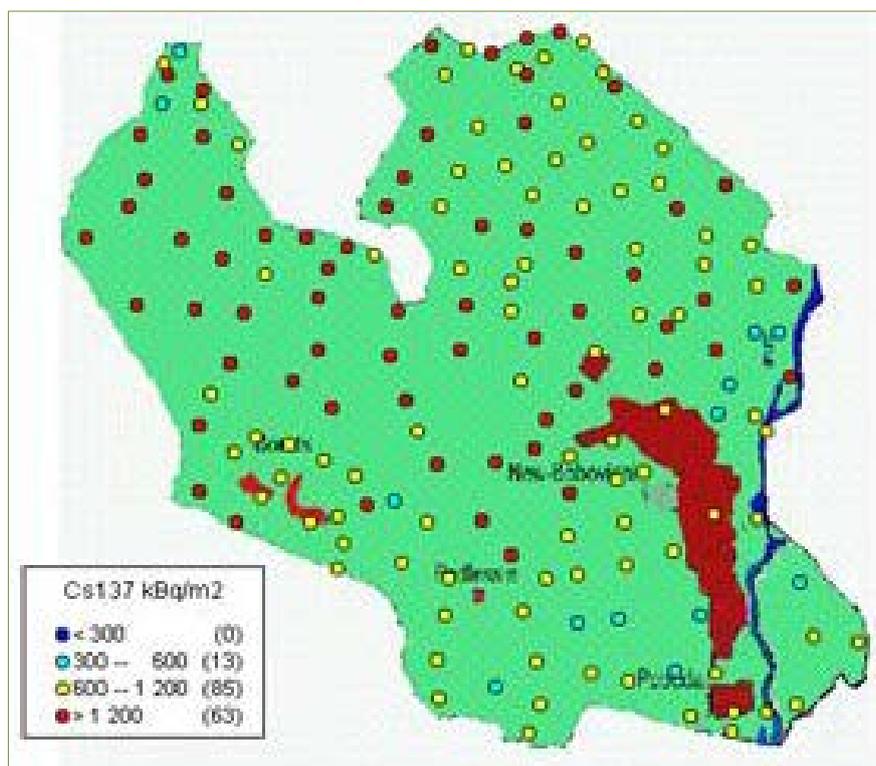


Рис. 2. Уровни загрязнения ^{137}Cs территории хозяйства «Решительный»

Обобщение данных по загрязнению ареала вокруг Новых Бобовичей представлено в таблице 3.

Табл. 3. Некоторые параметры статистических выборок по уровням радиоактивных выпадений ^{137}Cs на сельскохозяйудия и лесные массивы, приведенные к дате выпадений 28.04.1986 в кБк/м²

Параметр	Обрабатываемые земли	Лес
Число проб	39	8
Мин. значение	575	1292
Среднее	1073	1917
Геометрически среднее	1020	1893
Макс. значение	2115	2281
Станд. отклонение	378	309

Как видно из данных, представленных в таблице 3, уровни выпадений на с/х угодья в пределах естественных колебаний и погрешностей измерения совпадают с уровнями загрязнения земной поверхности в самом селе. Что касается лесных угодий, то возможно в силу их расположения или по причинам физического свойства (притягивание осадков), а отчасти и из-за сравнительно редких измерений, уровни первоначального выпадения ^{137}Cs в них выше, чем на другие ландшафтные формы примерно в 1,7 раза.

Подворные обследования в Новых Бобовичах

В период начала проводимых исследований под населенным пунктом (НП) в отечественных рекомендациях понималась "территория, включающая жилую, административно-производственную и общественную зоны и непосредственно прилегающую к ним местность до 0,5 км. Под ареалом населенного пункта понималась прилегающая к нему 2,5 км зона" [Методические, 1990]. Повторимся, что это определение не использовалось на практике в связи с определением средних уровней загрязнения НП. Так площадь Новых Бобовичей в соответствии с таким определением должна была составлять около 8 км², а площадь села с ареалом — около 45 км².

Понятие «*подворные обследования*» относилось, главным образом, к сельским населенным пунктам (НП) и предполагало выявление неоднородностей как в уровнях загрязнения территории, так и в дозовых

нагрузках на население. Широкое распространение получило после 1989 г. В этот и последующие несколько лет⁴ они предполагали паспортизацию индивидуальных хозяйств с целью получения исходного материала для оценки дезактивационных мероприятий; уточнения индивидуальных доз внешнего облучения, корректировки коэффициентов расчета таких доз (при параллельном индивидуальном дозиметрическом контроле) и выработки адресных рекомендаций по их снижению. Обследовались НП, средняя плотность загрязнения которых по ¹³⁷Cs превышала 555 кБк/м². Методической основой таких измерений являлась **"Инструкция по обследованию радиационной обстановки на загрязненных территориях"**, утвержденная Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР в 1988 г., а также **"Инструкция по наземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории"**, одобренная той же комиссией 17.03.89 [Инструкция, 1989]. Измерения проводились поверенными приборами ДРГ-01Т для всех подворий и строений в населенном пункте в заранее установленных точках (внутри дома, во дворе, перед домом и пр.). Точная статистика отсутствует, однако общее число НП, в которых в той или иной мере проводились подворные обследования, составляет несколько сотен единиц для Белоруссии, России и Украины [FGI, 2004].

В августе 1990 г. силами специалистов НПО «Тайфун» были впервые выполнены подворные обследования села Новые Бобовичи.

Измерения проводились специалистами НПО "Тайфун" с привлечением местного персонала поверенными приборами ДРГ-01Т для всех подворий и строений в населенном пункте в заранее установленных точках (внутри дома, во дворе, перед домом и пр.). Пропуски имели место в том случае, если хозяин подворья отказывался от проведения обследования. Приборы ежедневно сверялись между собой в одном и том же месте. Представленные таблицы (формы) заполнены на основании "паспортов подворий", заполненных непосредственно во время обследований. Данные использовались ранее для оценок распределений и значений доз и расчета риска неблагоприятных последствий (онкологических заболеваний) для населения Брянской области России [Орлов, 1992; Ковалев, 1993]. Данные подворных обследований позднее при выполнении анализа были интегрированы в базы данных (БД).

Прежде чем перейти к описанию результатов подворных измерений, скажем несколько слов о самом населенном пункте Новые Бобовичи.

Краткая характеристика села Новые Бобовичи

Географически Новые Бобовичи расположены в северо-западной части района на удалении 16 км по прямой линии и в 22 км по автомобильной дороге от райцентра, и примерно в 240 км от областного центра — г. Брянск, на правом берегу реки Ипуть.

В административном отношении Новые Бобовичи входят в Новобобовический сельсовет, куда в 1986 г. входили еще 3 НП: Подлесье, Борец и Победа. Общая численность населения в 4-х НП составляла к моменту аварии на Чернобыльской АЭС 1150 человек, из них 463 трудоспособных. Первые два НП (Подлесье и Борец) вскоре после аварии были ликвидированы, и при переписи 1989 г. в сельсовете осталось только два НП: Новые Бобовичи (966 человек) и Победа (19 человек).

Площадь Новых Бобовичей составляет — 1,9 км². Площадь хозяйства — 62,44 км².

Численность населения в самом селе за период с 1986 г. по январь 2014 г. показана на рисунке 3. Из всех характеристик населения наибольшее значение при оценках риска на здоровье имеет его половозрастная структура. С одной стороны — пол является едва ли не единственным признаком, обладающим абсолютной неизменностью на протяжении всей жизни человека, а с другой — возраст это признак, неизбежно и равномерно увеличивающийся с течением времени. Разные половозрастные группы играют весьма различную роль в процессах воспроизводства населения, его экономической активности, формировании его потребностей и т.п. Цитируя [Курс, 1985], можно сказать, что *"возраст является всеобщей координатой всех демографических явлений — настолько важно его учитывать при исследованиях любого из них"*.

⁴ Главным образом в 1990-91 гг.

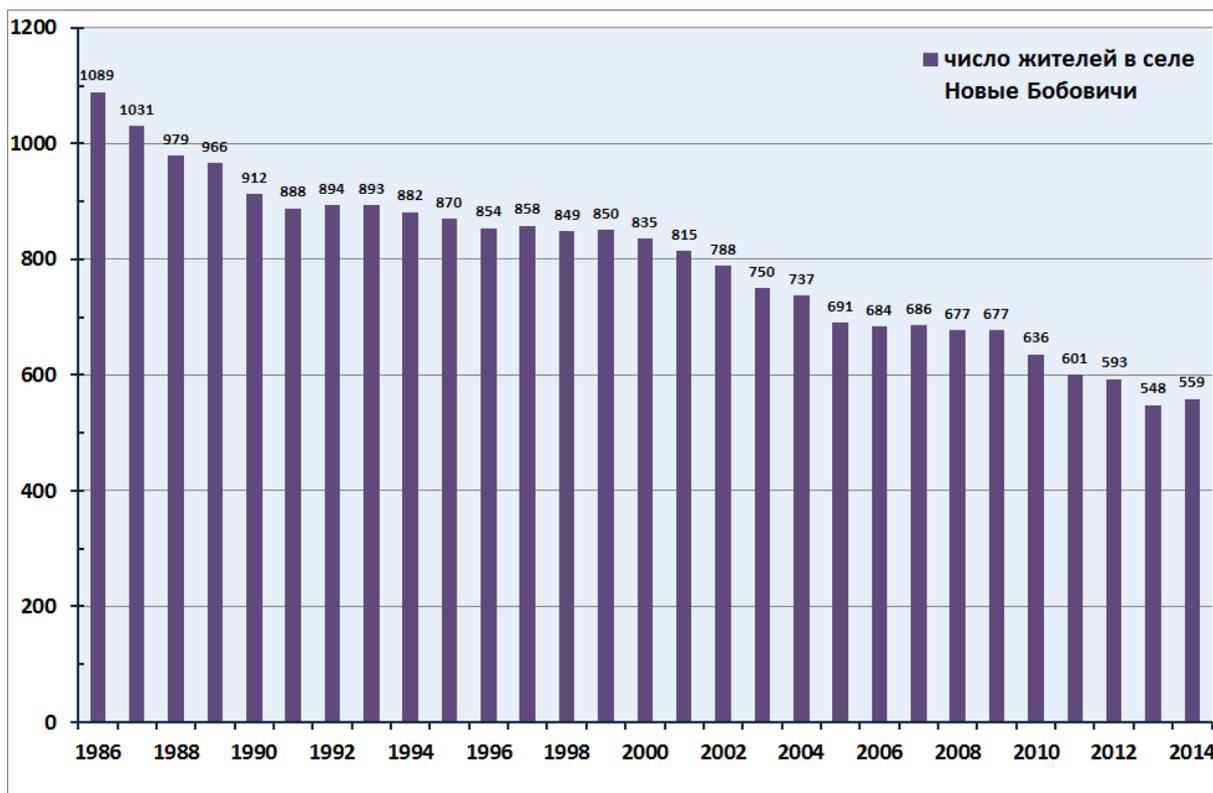


Рис. 3. Динамика численности населения села Новые Бобовичи, данные приведены на 01 января каждого года (предоставлены Новобобовическим сельсоветом)

Наиболее наглядное представление о составе населения по возрасту и полу дает половозрастная пирамида — графическое изображение структуры населения по этим показателям. Такие пирамиды для населения п. Новые Бобовичи Брянской области, составленные по данным на начало 1986 и 2009 гг., представлены на рисунке 4, соответственно.

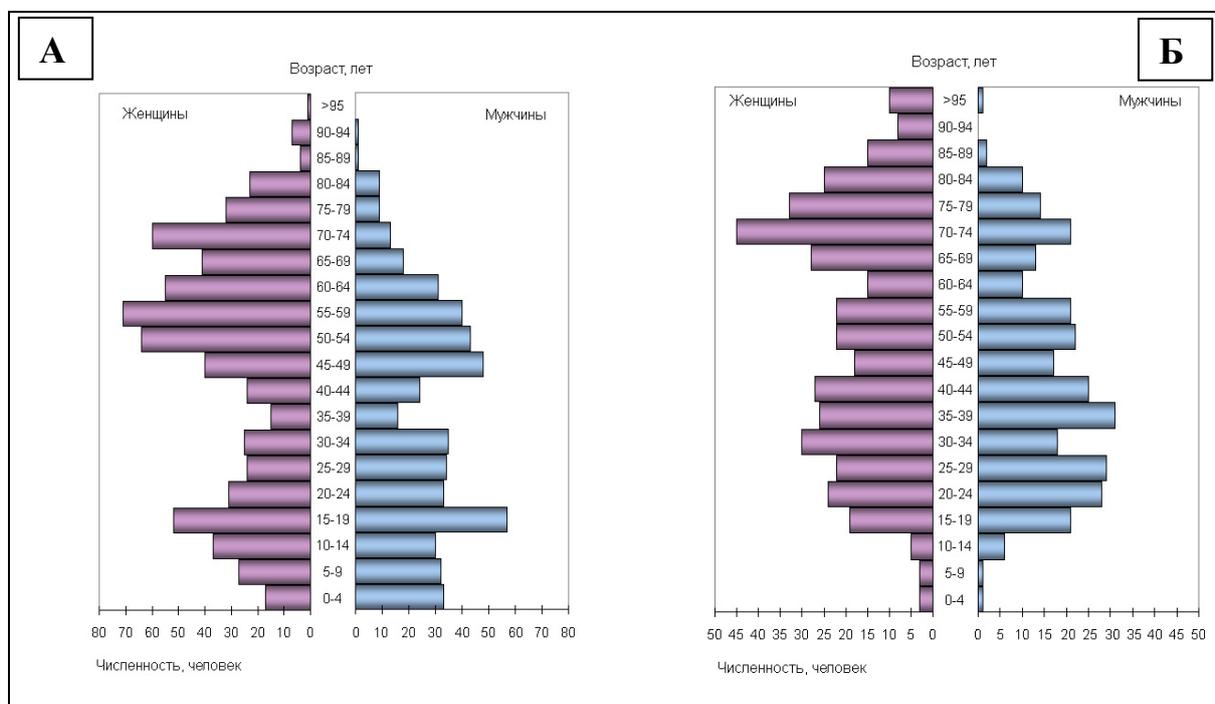


Рис. 4. Половозрастная структура населения Новых Бобовичей в 1986 г. (А) и в 2009 г. (Б) (на начало года)

Из рисунка 4 отчетливо видно резкое сокращение общей численности населения возраста 35 - 39 лет - как следствие резкого снижения рождаемости в военные годы, а также резкое сокращение численности мужчин возраста 65 - 95 лет, т.е. активных участников войны, а также изменение темпов рождаемости в последние годы.

Жилой сектор состоит из домов частных, зарегистрированных в сельсовете, и из домов, стоящих на балансе хозяйства. Характеристика всех строений на момент аварии приведена в таблице 4.

Табл. 4. Характеристика строений по численности в Новых Бобовичах

Жилые здания			Административные здания
1 этажные		2-х этажные	
кирпич	дерево		
15	385	1	39

На начало 1986 года жилой фонд в основном состоял из построек 1947-75 годов (рис.5).

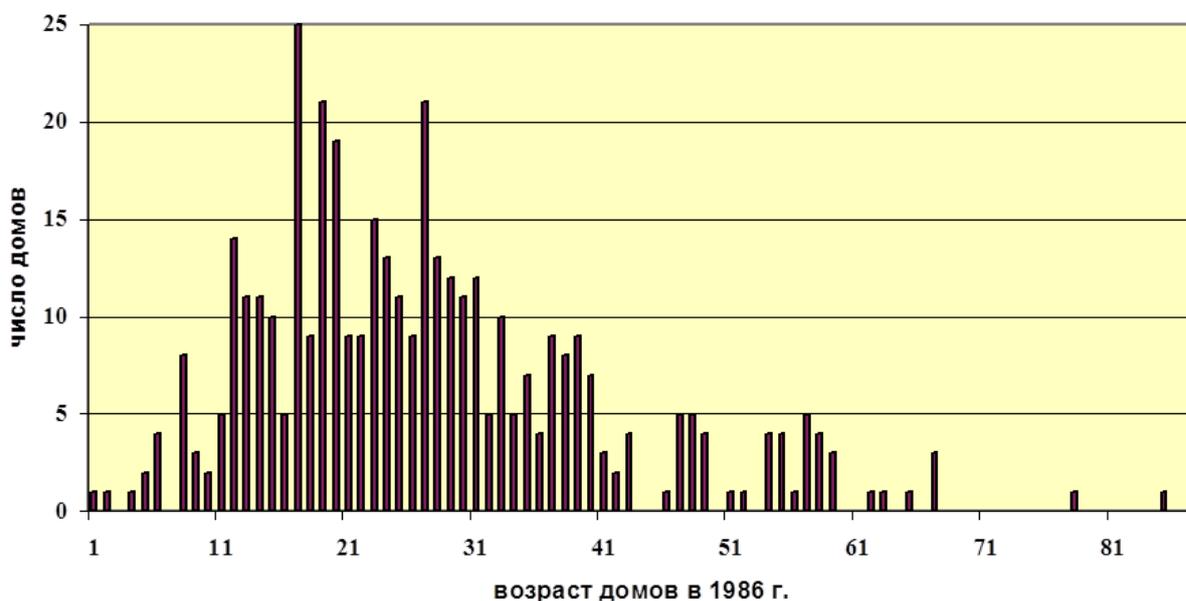


Рис. 5. Возраст домов в сельском жилом фонде на 1986 г.

В жилой зоне в 1986 г. были размещены также кирпичный клуб на 200 мест, кирпичный магазин, комбинат бытового обслуживания, столовая, детсад-ясли на 90 мест, школа на 190 учащихся, два административных здания, баня на 10 мест, дом приезжих, гараж, котельная, школьная мастерская.

Производственная зона МТФ Новых Бобовичей включала в себя:

- два коровника на 200 голов;
- один коровник на 100 голов;
- одна родильная на 60-80 телят;
- одна овчарня на 1000 овец;
- две конюшни на 40 лошадей каждая;
- Ветеринарный пункт;
- Изолятор для КРС на 5 мест;
- Сарай для внутрихозяйственного транспорта;
- Молочный блок;
- Кормоцех;
- Площадка для грубых кормов;
- Силосные траншеи;
- Навозохранилище.

Складской сектор в Новых Бобовичах включала в себя:

- 6 складов;

- Овощехранилище;
- два зерносклада на 1000 т каждый;
- Автовесы.

Ремонтно-механический двор включает в себя следующие сооружения:

- Ремонтная мастерская на 30 тракторов;
- Мастерская технического ухода;
- Площадка для сельхозтехники;
- 2 гаража на 10 автомашин и 10 тракторов соответственно;
- Дом механизатора;
- Склад запасных частей;
- Мойка для автомашин.

Строительный сектор включает в себя следующие сооружения:

- Пилорама;
- Лесосушилка;
- Столярно-плотничная мастерская;
- Склад готовой продукции;
- Котельная;
- Водозаборные сооружения.

Из жилых домов, выделенных сельсоветом: деревянных — 381+4, каменных — 16. У этих домов кровельные покрытия распределились следующим образом:

Шиферные	— 222;
Железные	— 155;
Соломенные	— 22;
Неизвестно	— 2.

До аварии результаты эпизодических (или случайных) измерений радиационного фона в письменных источниках не сохранились. Возможно таких измерений не было и вовсе. После аварии на ЧАЭС этому вопросу стали уделять внимание. Специалисты из Ленинградского института радиационной гигиены провели исследования по 5 населённым пунктам Брянской области [Константинов, 1992]. Их реконструкция средних значений мощности поглощённой дозы в воздухе, обусловленные примордиальными радионуклидами в почве и строениях для Новых Бобовичей, составила:

Целина	- 38 нГр/час;
Улица	- 44 нГр/час;
Двор	- 37 нГр/час;
Огород	- 44 нГр/час;
Деревянный 1-этажный дом	- 39 нГр/час;
Кирпичный 1-этажный дом	- 70 нГр/час;
Кирпичный 2-этажный дом	- 49 нГр/час.

Кроме излучения от естественных радионуклидов, рассеянных в земной коре, воздухе и других объектах внешней среды, вклад в измеряемую мощность дозы даёт ионизирующее излучение космических лучей и нейтроны. Средняя величина такого вклада в эффективную дозу облучения согласно данным, приведённым в докладе НКДАР ООН [UNSCEAR, 2000], составляет на уровне моря 35 нЗв/ч. Эти значения могут варьироваться в зависимости от высоты исследуемой местности над уровнем моря. Однако для альтитуды села Новые Бобовичи – 145÷155 метров это изменение будет в районе 1%, т.е. практически не изменяет среднее значение. Следует отметить и ещё одно обстоятельство, порою запутывающее исследователя. В справочных изданиях последних лет приводятся значения мощности эффективной дозы (т.е. дозы, создаваемой ионизирующим излучением во всем теле взрослого человека), и эти значения могут не совпадать со значениями измеряемой на местности мощности дозы, хотя современные приборы вроде бы откалиброваны именно в единицах эффективной дозы. Различия эти в принципе не очень существенны с точки зрения оценки вреда для здоровья человека и поэтому часто просто игнорируются специалистами. Но они есть. Более того, если обратить

внимание на российское законодательство, то можно увидеть что там начинают фигурировать нормативные величины эффективной дозы в 0,1 мЗв/год (11,4 нЗв/час) и меньше, вплоть до 0,01 мЗв/год (1,14 нЗв/час). При таких величинах начинают все больше проявляться требования и к определению фоновых показателей. 103 Публикация МКРЗ [ICRP, 2007] и Основные Нормы Безопасности, разрабатываемые МАГАТЭ [IAEA, 2011], понимая сложность данной проблемы, предложили национальным органам, отвечающим за радиационную безопасность, ввести контрольные уровни для существующего облучения. Такие контрольные уровни могли бы исключить разного рода спекуляции вокруг около фоновых значений сложившейся в регионе мощности дозы от множества практически неконтролируемых (с точки зрения возможности их существенного изменения) источников ионизирующего облучения. Однако российские надзорные органы, РНКРЗ пока только обсуждают возможность реализации такого подхода. Заканчивая, это небольшое, но на наш взгляд важное отступление, скажем, что при анализе результатов измерений мы полагали, что вклад фонового ионизирующего излучения в показания дозиметров составлял 100 нЗв/ч. Нам кажется, что величина в 90 нЗв/ч более точно отражала бы реальный естественный фон, однако, поскольку в более ранних работах использовалась достаточно традиционная величина 100 нЗв/ч, мы сохранили эту традицию.

Подворные обследования 1990, 2001 и 2008 годов

Всего в 1990 г. было сделано 4493 измерения мощности дозы, которые охватывали не только дома сельских жителей, но и производственные и социально-бытовые сооружения и примыкающие к ним территории. Основные параметры распределений мощностей доз в различных точках обитания человека представлены в таблице 5.

Табл. 5. Некоторые параметры статистических выборок из базы данных НПО «Тайфун» по значениям мощности дозы в различных локализациях села Новые Бобовичи, полученных в августе 1990 г., нЗв/ч

Место-положение	покрытие или защита	счет	Мин.	среднее	среднее геометр.	Макс.	станд. отклонение
улица	гравий	23	390	537	524	990	136
	грунт	129	330	704	662	1300	250
	трава	626	320	1098	1046	2470	330
	асфальт	65	190	469	447	800	143
	бетон	2	210	220	220	230	14
	скамейка	806	190	1026	984	1860	278
двор	грунт	265	240	772	722	1710	277
	трава	572	300	1009	967	2040	281
	асфальт	29	170	463	419	1220	224
	бетон	55	220	658	610	1880	276
	огород	883	450	886	873	2070	156
	сад	331	670	1129	1112	1720	193
дом	деревянный	554	140	285	276	930	80
	кирпичный	153	100	248	229	870	121

Из таблицы 5 видно, что также как и в случае оценки плотности загрязнения НП средние значения мощности дозы в различных точках близки к среднегеометрическим значениям, да и масштабы дисперсии таковы, что можно говорить о вполне удовлетворительном отражении реальности. Хотя следует заметить, что около отдельных домов организовано, а часто по инициативе хозяев были проведены такие защитные мероприятия, как засыпка чистым грунтом (обычно песком). Именно по этой причине минимальные значения мощности дозы на траве у дома и «у скамейки» заметно отличаются от максимальных значений.

Для дальнейшего анализа мы будем использовать отношение средней мощности дозы в специфической локализации НП (например, огород или «у скамейки»), выраженной в нЗв/ч к интегральной плотности загрязнения на момент измерения мощности дозы, выраженной в кБк/м².

Поскольку средняя плотность загрязнения села ^{137}Cs оставалась неизменной (если не учитывать радиоактивный распад этого изотопа) в течение рассматриваемых 28 лет (подтверждению этого вполне очевидного факта будет отведено соответствующее место ниже по тексту), то на момент проведения всех подворных обследований интегральная плотность легко может быть рассчитана. Результаты такого расчета приведены в таблице 6.

Табл. 6. Опорные уровни среднего загрязнения почвенного покрова ^{137}Cs села Новые Бобовичи на моменты проведения подворных обследований, кБк/м²

Параметр	Дата обследования				
	28.04.1986	20.08.1990	01.07.2001	01.08.2008	04.07.2014
Плотность загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²	1095	991	772	665	571

Следующее по времени подворное обследование села производилось силами 2-х сотрудников ИБРАЭ РАН (Панченко С.В. и Биленко О.С.) в июле 2001 г. Было обследовано 660 точек села, в каждой точке производился замер мощности дозы от 1 до 10 раз. Результаты этого обследования и их анализ вошли в серию отчетов по проекту «Жилая среда и контрмеры» проекта Франко-Германской Инициативы (ФГИ) «Радиоэкология» [архив ИБРАЭ РАН, FGI, 2004]. Основные параметры распределений мощностей доз в различных точках обитания человека представлены в таблице 7.

Табл. 7. Некоторые параметры статистических выборок из базы данных ИБРАЭ РАН по значениям мощности дозы в различных локализациях села Новые Бобовичи, полученных в июле 2001 г., нЗв/ч

Место-положение	покрытие или защита	счет	Мин.	среднее	среднее геометр.	Макс.	станд. отклонение
улица	грунт	14	140	289	275	450	90
	трава	229	180	419	405	733	106
	асфальт	24	140	209	204	450	37
	скамейка	218	160	343	327	640	108
двор	трава	35	170	329	319	475	80
	огород	65	300	425	421	585	60
	сад	14	330	443	439	570	62
дом	деревянный	17	112	190	180	370	71

Как уже упоминалось во введении, снижение мощности дозы от выпавшего цезия шло значительно быстрее в селитебной зоне, чем на луговых пастбищах и в лесах, что объяснялось на тот момент человеческой деятельностью (не связанной со специальными работами по дезактивации).

Целью следующего фрагментарного подворного обследования села (выполненного Панченко С.В. в 2008 г.) являлось желание удостовериться в сохранении отмеченной тенденции или же наоборот убедиться в том, что по прошествии ряда лет ситуация с миграцией цезия на различных ландшафтах достигает квазистационарного равновесия.

Всего в 2008 г. было выполнено 402 измерения мощности дозы: 47 измерений в 15 точках, где по внешним признакам не происходило нарушения поверхности почвы за последние 22 года, и 355 измерений, относящихся собственно к подворным обследованиям. Основные параметры распределений мощностей доз в различных точках представлены в таблице 8.

Табл. 8. Некоторые параметры статистических выборок из базы данных ИБРАЭ РАН по значениям мощности дозы в различных локализациях села Новые Бобовичи, полученных в августе 2008 г., нЗв/ч

Место-положение	покрытие или защита	счет	Мин.	среднее	среднее геометр.	Макс.	станд. отклонение
улица	грунт	1		590			
	асфальт	16	140	199	197	250	28
	скамейка	241	160	316	305	600	86
двор	трава	18	260	395	389	530	71

	огород	29	250	370	366	480	54
	сад	14	300	429	424	530	65
дом	деревянный	4	150	178	176	200	22
	кирпичный	3	140	153	153	170	15

В этом исследовании внимание было уделено тем точкам села (в пределах видимой его границы и 0,5 км от нее [Методические, 1990]), которые по многолетним наблюдениям не подвергались механической или иной другой обработке и которые хорошо идентифицировались. Измерения в этих точках были выполнены в 2001 г., а в 2008 г. их повторили. Вообще все точки, в которых производили измерения мощности дозы, можно было путем экспертной оценки классифицировать по степени повреждения поверхности независимо от причин этого повреждения. Так полностью нетронутые поверхности получали оценку «0», а, например, пашня на огородах получала оценку «10». В 2008 г. была предпринята попытка отдельным локализациям дать такую экспертную оценку (табл. 9). При такой оценке помимо изучения местности использовались и сведения, полученные от местных жителей. Для ряда точек с оценкой «0» были высчитаны средневзвешенные значения мощности дозы. В 2008 году ее значение составило 586 ± 84 нЗв/ч. Погрешность оценки средней мощности составила примерно 15 %.

Табл. 9. Измерения мощности дозы в точках с. Новые Бобовичи над неповрежденной поверхностью или слабо поврежденной изменениям в 2008 г.

Место измерения	Характеристика	Степень повреждения поверхности	Число измерений	Среднее значение, нГр/ч
конец ул. Советской	лес и у трансформатора	0	3	533
север по ул. Гагарина	угол соснового леса при входе	0	1	510
трансформатор по ул. Гагарина	трава под трансформатором	0	1	470
памятник воинам на стыке улиц Советская и Гагарина	старые деревья	0	5	610
новое кладбище	сосновый лес	0	4	538
пойма со стороны деревни	луг	0	13	646
сквер	деревья	0	1	450
трансформатор	юг советской	0	1	470
юг села	яблоневый сад	0	5	586
хутор в конце Советской	под дубами	0	1	490
СРЕДНЕ ВЗВЕШЕННОЕ			35	586
муравейник рядом с кладбищем	песчаная почва	1	1	470
н.п. Победа	лужайки перед домами	1	4	490
треугольник перед памятником	лужок под столбами	2	1	400
полевая дорога к лесу от Гагарина	песок и немного травы	3	3	307
старое (южное) кладбище	между могилами	3	2	360
набережная	край высокого берега в центре села	3	1	400
север. Мех двор	асфальт	5	2	160

Для точек, которые испытывали слабую антропогенную или естественную нагрузку, мы давали оценку «2». Так в н.п. Победа, где проживало всего несколько семей, нагрузка на почву в центре поселения возникла от эпизодических поездок транспорта. Муравейник на кладбище, хотя и возник благодаря естественным процессам, все же незначительно повлиял на величину мощности дозы в данной локальной точке. Таким локализациям мы давали оценку «1» или «2». Местам, где в результате движения транспорта или людей поверхность потенциально могла быть нарушенной, мы давали оценку

«3». Для покрытых поверхностей: асфальт улиц (старый⁵) или плиты на мех. дворе, с которых дождь и машины уносят радиоактивные примеси, мы оценили индексом «5».

В целом было отмечено, что серьезных изменений в параметрах радиационной обстановки по сравнению с 2001 г. не произошло.

Подворные обследования в 2014 году

Подворные обследования 2014 г., выполненные авторами, ставили перед собою задачу анализа радиационной обстановки в населенном пункте в объеме, сопоставимом с обследованиями 1990 г. Сравнительная простота измерительных процедур позволяла поставить ряд вопросов методического характера:

1. Насколько хорошо подворные обследования могут обеспечить оценку радиационной обстановки в населенном пункте?
2. Каков оптимальный объем измерений позволит получить заданную точность оценок?
3. Какова динамика миграции цезия в населенном пункте?
4. Чем обусловлены особенности поведения цезия в жилой среде?

В ходе 4-х дневных измерений было выполнено 918 локальных измерений мощности дозы прибором ДКС-96. Каждое измерение длилось 30 с (во всех предыдущих экспедициях использовался прибор ДРГ-01Т и отдельное измерение продолжалось 20 с). Кроме того, мощность дозы непрерывно измерялась и записывалась в файлы с интервалом усреднения в 180 с двумя приборами «Polymaster», прикрепленными на пояс у двух сотрудников, проводящих измерения.

В этой экспедиции были также повторены измерения в точках над не поврежденной поверхностью, где проводились измерения в 2001 и 2008 гг. Кроме того, был произведен забор проб почвы в 5 локализациях для исследования степени заглубления цезия за прошедший период. При этом предполагалось провести послойные измерения активности с тем, чтобы затем иметь возможность верифицировать программные коды по оценке мощности дозы на местности спустя годы после аварийного загрязнения почвенного покрова, а также для верификации аэро-гамма измерений с помощью автономных аппаратов.

Основные параметры распределений мощностей доз в различных точках села Новые Бобовичи представлены в таблице 10.

Табл. 10. Некоторые параметры статистических выборок из базы данных по значениям мощности дозы в различных локализациях села Новые Бобовичи, полученных в июле 2014 г., нЗв/ч

Место-положение	покрытие или защита	счет	Мин.	среднее	среднее геометр.	Макс.	станд. отклонение	Коэффициент вариации, CV
улица	грунт	18	160	253	245	490	70	0,28
	трава	369	100	329	314	700	99	0,30
	асфальт	38	110	188	183	310	44	0,23
	бетон	7	130	203	195	310	63	0,31
	скамейка	166	130	286	273	580	86	0,30
двор	грунт	25	120	272	254	530	86	0,32
	трава	37	160	339	323	640	104	0,31
	асфальт	6	140	197	194	240	34	0,17
	бетон	8	120	196	187	300	70	0,36
	огород	110	220	369	363	550	67	0,18
	сад	70	230	371	364	530	75	0,20
дом	деревянный	37	100	152	149	230	31	0,20

⁵ Такого почти не осталось в селе

Как видно из таблицы 10, вариабельность значений мощности дозы над различными локализациями слабо зависит от числа измерений в селе над однотипными поверхностями. Напомним, что вся площадь села была сравнительно равномерно загрязнена ^{137}Cs в 1986 г.

Представляет интерес рассмотреть непрерывные измерения мощности дозы, записываемые дозиметром «Polymaster» в течение всего экспедиционного периода. На рисунке 6 показана динамика мощности дозы (усредненные данные за каждые 3 минуты) в двух населенных пунктах: Новозыбков, где жили участники экспедиции, и Новые Бобовичи, где производили подворные обследования. Следует отметить, что согласно данным, публикуемым официальными органами, начальная плотность загрязнения территории г. Новозыбков составляла около 700 kBк/м^2 , что хотя и ниже почти в 1,6 раз, чем уровень загрязнения Новых Бобовичей, но вполне сопоставима с ним.

Экспедиционная жизнь была распределена почти поровну между этими двумя населенными пунктами: в Новых Бобовичах в основном работали на улице, изредка заходя в помещения; в Новозыбкове значительную часть времени проводили в новой гостинице, где столовались и спали, но все же часть времени использовали для прогулок по городу. Дозиметры были включены в 9:04 02 июля 2014 г. уже на территории села Новые Бобовичи.

Ниже показана динамика мощности, снятая с дозиметра у другого участника, за тот же период времени (рис. 7).

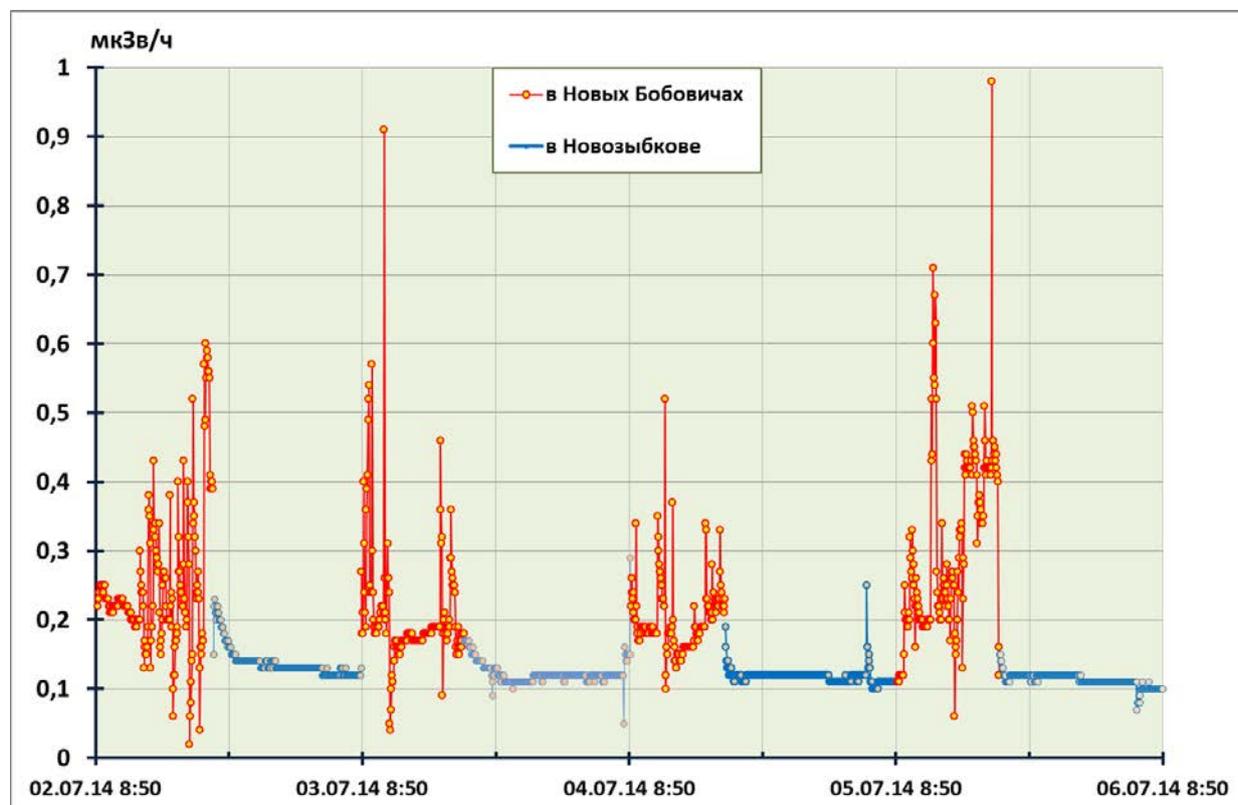


Рис. 6. Мощность дозы, измеряемая каждые 3 минуты прибором, подвешенном к поясу одного из участников экспедиции, в период со 02 по 06 июля 2014 г.

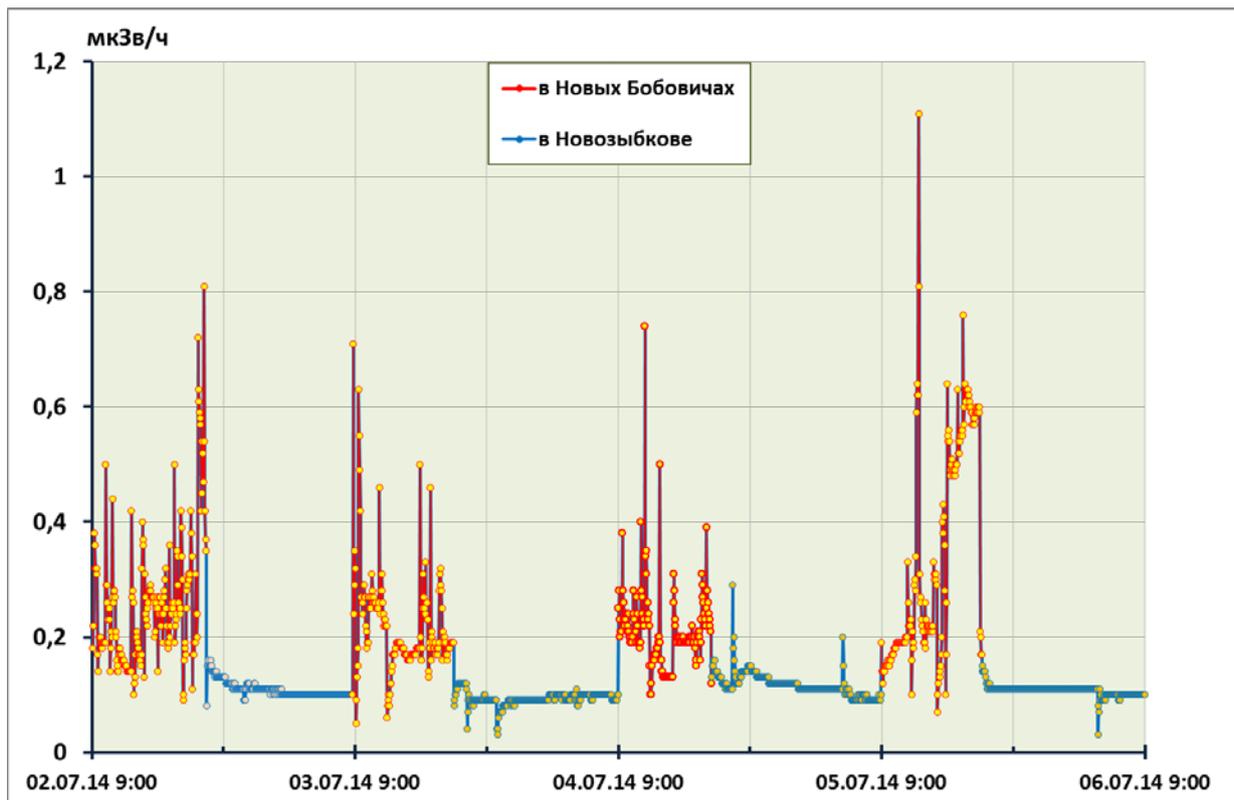


Рис. 7. Мощность дозы, измеряемая каждые 3 минуты прибором, подвешенном к поясу второго участника экспедиции, в период со 02 по 06 июля 2014 г.

Определенная схожесть в характере динамики мощности дозы может быть отмечена у обоих участников. Надо сказать, что эти участники работали вдвоем, но, конечно, отходили друг от друга на расстояние в несколько десятков метров. Можно отметить, несомненно, значительную вариабельность значений мощности дозы в селе и большую «сглаженность» значений в г. Новозыбкове. Кроме того, со всей очевидностью ситуация в городе полностью нормализовалась, при том, что отдельные очень незначительные по площади участки остались как бы «девственными», и на них сохранились несколько повышенные уровни облучения, в целом их роль в формировании общей дозы облучения городского населения ничтожна. В селе же ситуация существенно иная. Рассмотрим более подробно суточный ход мощности дозы у одного из участников экспедиции (рис. 8).

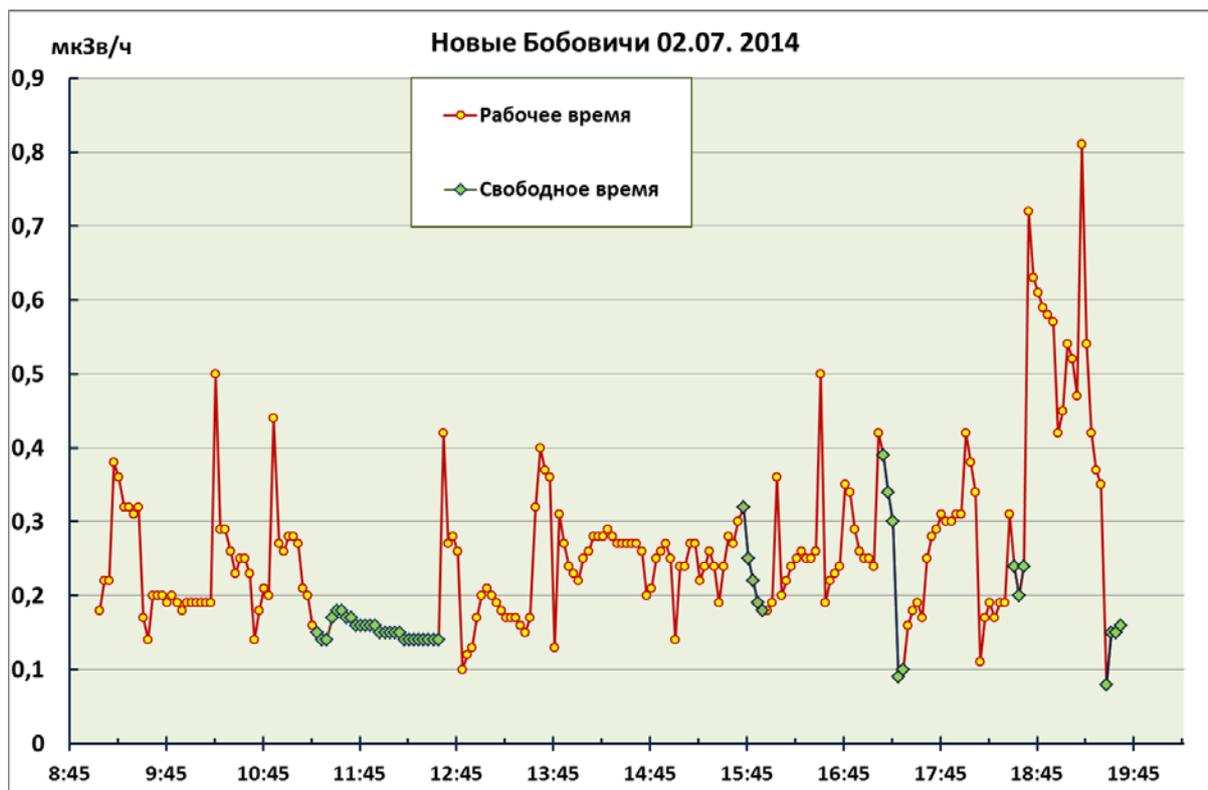


Рис. 8. Мощность дозы в течение рабочего дня

9:04 - 11:19 Работа на улице Гагарина

11:19 - 12:36 Обед в доме

12:36 - 18:29 Работа на улице Советская

18:29 - 18:40 в автомобиле

18:40 - 19:25 Работа на пойменном лугу

19:25 - 19:37 в автомобиле

Из всего времени, проведенного в Новых Бобовичах, можно выделить два участка: обед в доме на ул. Гагарина (нормальный фоновый уровень) и работа на неповрежденной поверхности пойменного луга в конце рабочего дня, когда участники были заняты поиском наиболее загрязненных участков. За сутки дозиметр этого участника экспедиции зафиксировал 4,1 мкЗв, из них 2,6 за 10,5 часов рабочего времени. За четверо полных суток командировки этим участником была получена доза в 16,05 мкЗв. Другим участником экспедиции за эти же четверо полных суток была получена доза в 16,04 мкЗв. Это говорит о полной идентичности двух проф. маршрутов, несмотря на несовпадение мгновенных значений, отраженных на рисунках 6 и 7. Среднесуточная доза составила ≈ 4 мкЗв/сут., что позволяет консервативно оценить (без учета экранирования в зимний период и реального снижения времени пребывания на открытом воздухе в ненастные дни) годовую дозу примерно в 1,46 мЗв. Эта оценка отражает уровень годового облучения для группы населения, чья производственная деятельность связана с работой на открытом воздухе. В эту оценку входит и облучение за счет естественного гамма фона, характерного и в период, предшествующий аварии на ЧАЭС. Эта величина приблизительно может быть оценена, исходя из средней мощности дозы в 110 нЗв/ч, в 0,96 мЗв. Таким образом, техногенная добавка внешнего облучения на 2014 год могла составить 0,5 мЗв/год. Данная величина должна восприниматься критически, поскольку почти половину времени участники проводили в другом населенном пункте.

Измерения по заглублению ^{137}Cs на различных участках

В экспедиции 2014 г. был также выполнен послыйный отбор почвы на 5-и различных ландшафтных формах: на одном из огородов села (ул. Гагарина 9); на заливаемом луге поймы р. Ипуть в районе, где отмечалась наибольшая мощность дозы; в смешанном лесу на окраине нового деревенского кладбища (точка отбора пробы также определялась в ходе поиска максимальной мощности дозы); в сквере в центре села у памятника воину-освободителю; в хвойном лесу на севере села (1-ая надпойменная терраса р. Ипуть) (рис. 9). Проба мха с крыши старого сарая была отобрана по адресу Зеленый пер., дом 4.

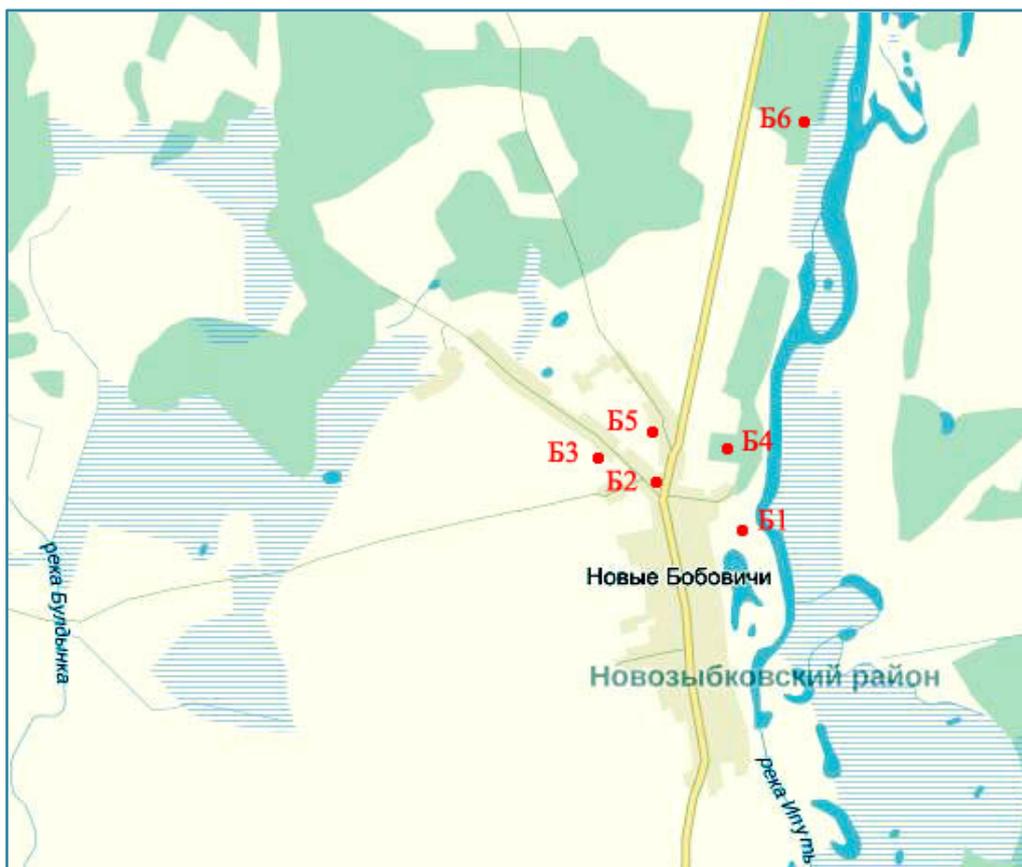


Рис. 9. Схема отбора проб почвы и мха (БЗ) в населенном пункте Новые Бобовичи и в его ареале в июле 2014 г.

Краткая характеристика мест отбора проб приведена в таблице 11.

Табл. 11. Описание отобранных проб почвы и мха в Новых Бобовичах и ареале

Номер пробы	Вид пробы	Место отбора	Широта/Долгота ("My GPS Coordinates" TAPPIAPPS)		Дата замера	Время замера	Р _γ , нЗв/час	Вес, г	Площадь, см ²
Б1	кern	заливной луг	52,625578	31,741021	02.07.2014	18:30	740	1419	36,3
Б2	кern	сквер у памятника	52,628482	31,732989	03.07.2014	9:30	660	1450	36,3
Б3	мох	крыша сарая,	52,625589	31,732403	05.07.2014	11:30			240,0
Б4	кern	кладбище, смешанный лес	52,630571	31,739539	05.07.2014	12:00	870	1610	36,3
Б5	кern	пашня в огороде	52,631142	31,732331	05.07.2014	12:30	330	1422	36,3
Б6	кern	сосновый лес	52,647732	31,746724	05.07.2014	14:33	720	1330	36,3

Керны почвы были разделены послойно на примерно равнозначные слои. Затем каждый слой перемешивался и помещался в стандартный сосуд для измерения на спектрометре с блоком детектирования УДС-Г-63х63-485 на основе кристалла NaI(Tl) размером 63х63 см. Все пробы измерялись в стандартной геометрии, время измерения составляло 1000 с. Результаты измерения записывались в специальный файл, обработка которого проводилась в среде «Microsoft Excel».

Одна из проб была измерена в специализированной лаборатории радиометрических и спектроскопических исследований человека и окружающей среды (руководитель Яценко В.Н.) ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им А.И. Бурназяна ФМБА России. Измеренная активность ^{137}Cs в этой пробе использовалась нами для калибровки нашего спектрометра. Поскольку толщина слоев почвы была неодинаковой, то и образцы измеряемых проб имели различный объем и вес (табл. 11). Учет самопоглощения в них учитывался введением относительного коэффициента. Значения этого коэффициента были получены расчетным путем с помощью модуля «MicroShield 5».

Спектры фона и одного из измеряемых образцов почвы показаны на рисунке 10. Для повышения точности измерений фоновый спектр измерялся 10000 с, т.е. в 10 раз дольше, чем длилось измерение отдельной пробы. Определение активности измеряемого образца определялось по спектрограмме путем вычисления суммы всех импульсов в каналах (№№ 190÷250). Границы пика определялись визуально для наиболее активного образца почвы (рис. 11). Этот диапазон каналов в дальнейшем использовался для оценки активности всех остальных измеряемых образцов.

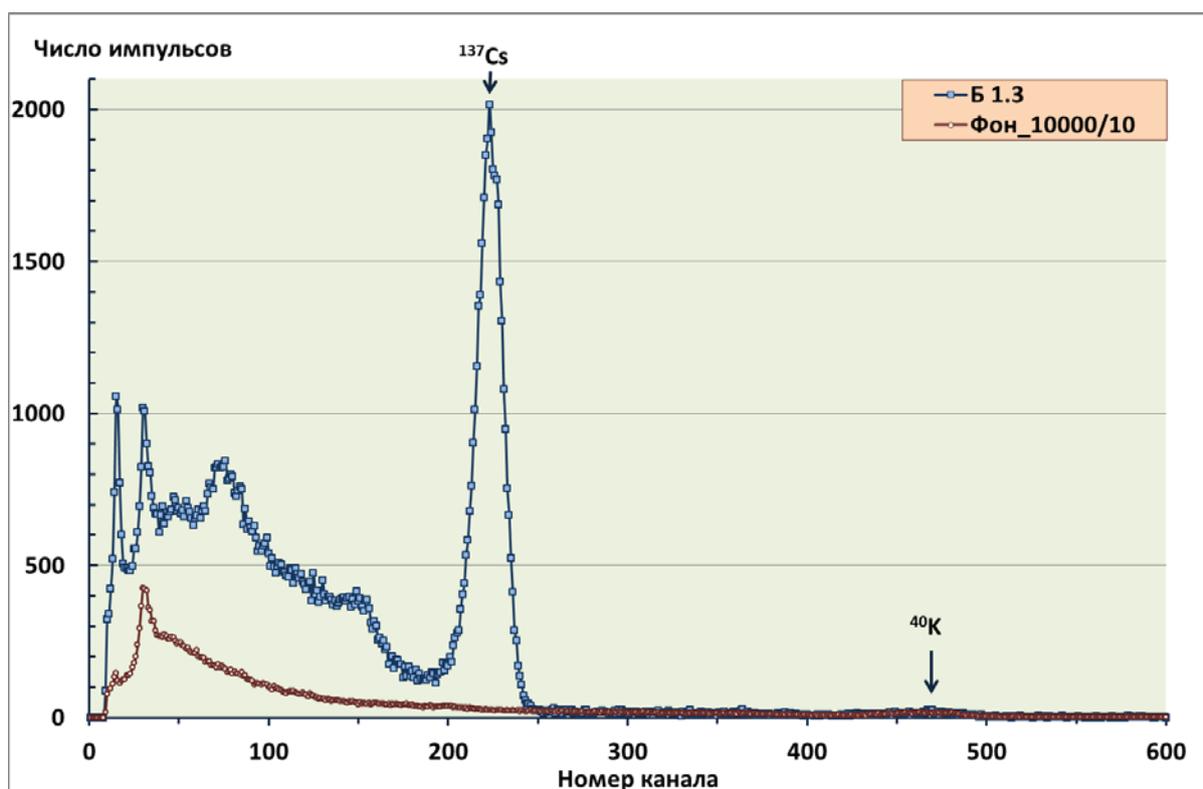


Рис. 10. Спектры пробы почвы и фона (время измерения приведено к 1000 с)

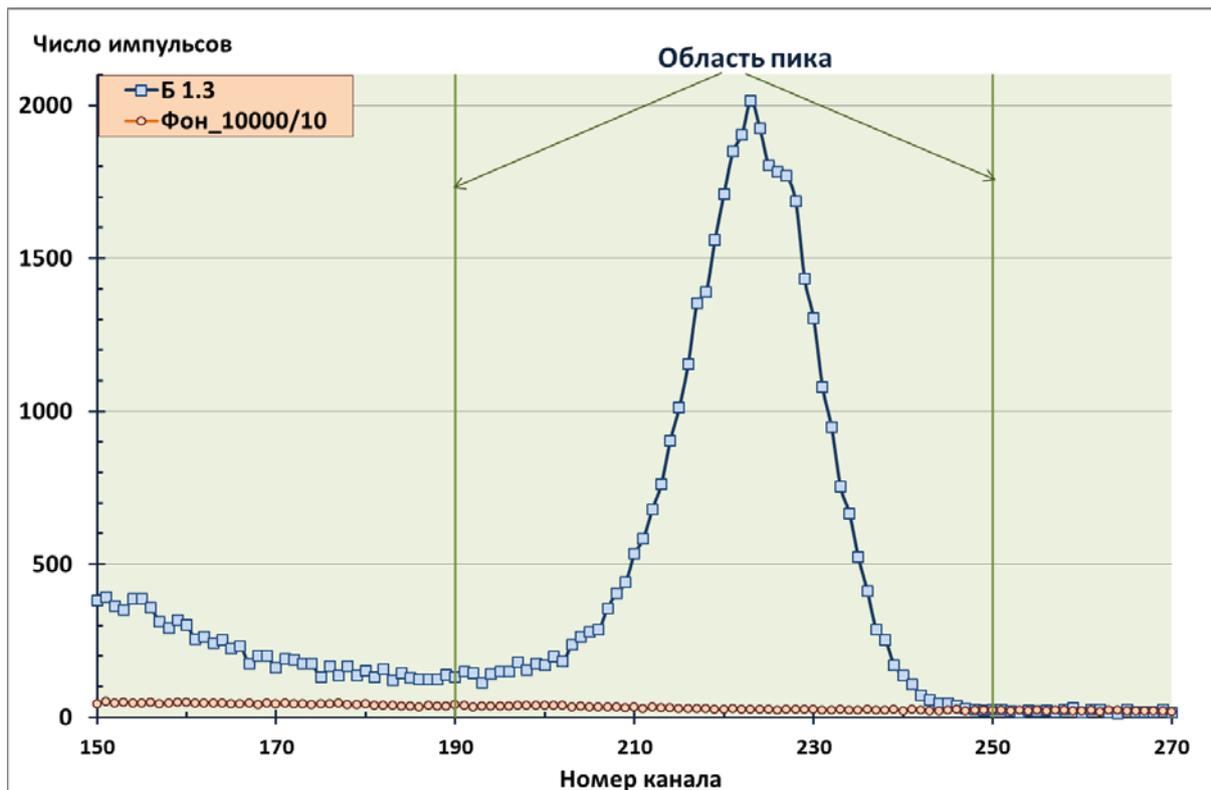


Рис. 11. Определение границ пика ^{137}Cs и области фона на спектрах

При выбранном времени измерения спектра и фона погрешность определения интеграла, обусловленного распадом ^{137}Cs , составляла 83 импульса или примерно 3 Бк/пробу. Графически содержание ^{137}Cs в почвенных слоях отображено на рисунке 12.

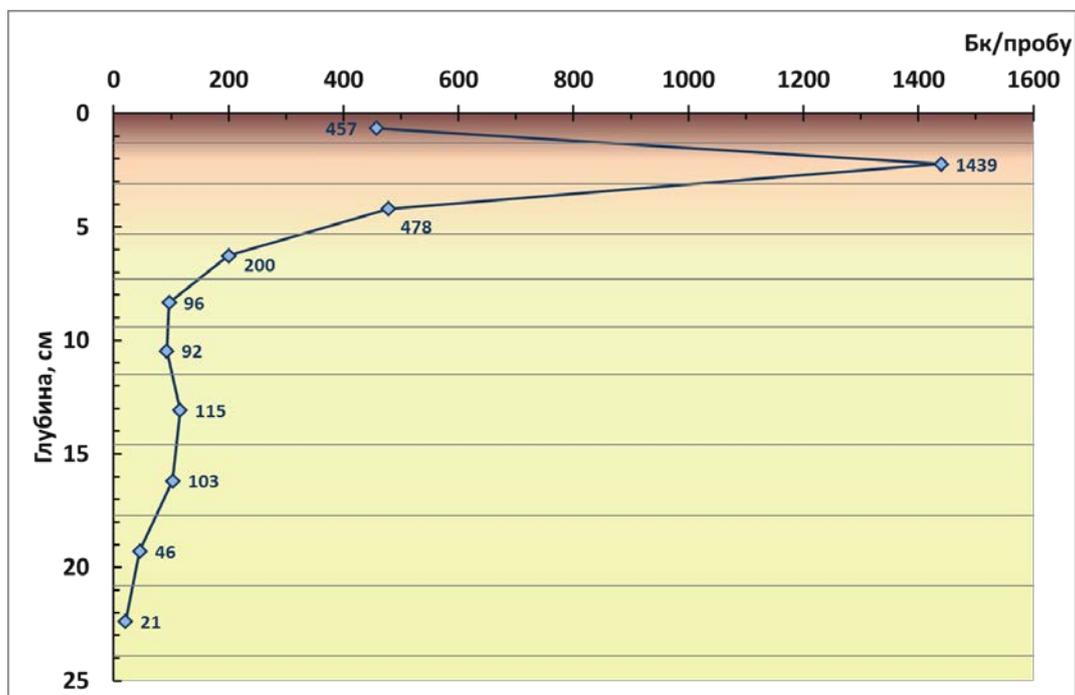


Рис. 12. Заглубление ^{137}Cs на частично затопляемом пойменном лугу р. Ипуть через 28 лет после аварии.

Горизонтальными линиями обозначены слои почвы, в которых измерялась активность, цифрами показана относительная плотность загрязнения отдельных слоев почвы

На рисунке 12 отчетливо видно, что на заливном пойменном лугу, где слой дернины был наиболее мощным, пик активности ^{137}Cs расположен сравнительно близко к поверхности — в слое между 1÷3 см. Затем по мере заглубления активность быстро падает, но даже на глубине ниже 20 см она достаточно надежно идентифицируется, хотя в этом слое аккумулировано не более 0,7 % от всей активности. При этом эта активность, эквивалентная примерно 6 ± 1 кБк/м², может быть почти полностью приписана именно черновыльским выпадениям, поскольку остаточный уровень глобальных выпадений на период исследований (2014 г.) не превышал 1 кБк/м² во всей толще почвы. Общее же содержание ^{137}Cs в почве пойменного луга может быть оценено на момент измерения в 840 ± 10 кБк/м² или с учётом распада радионуклида в 1603 ± 10 кБк/м² на момент выпадений.

В 2001 г. была изучена неоднородность загрязнения пойменного луга путем маршрутной съемки мощности дозы по линии вдоль реки (маршрут показан на рисунке 1). Характер изменения мощности, отражающий загрязненность ^{137}Cs , иллюстрирует рисунок 13.

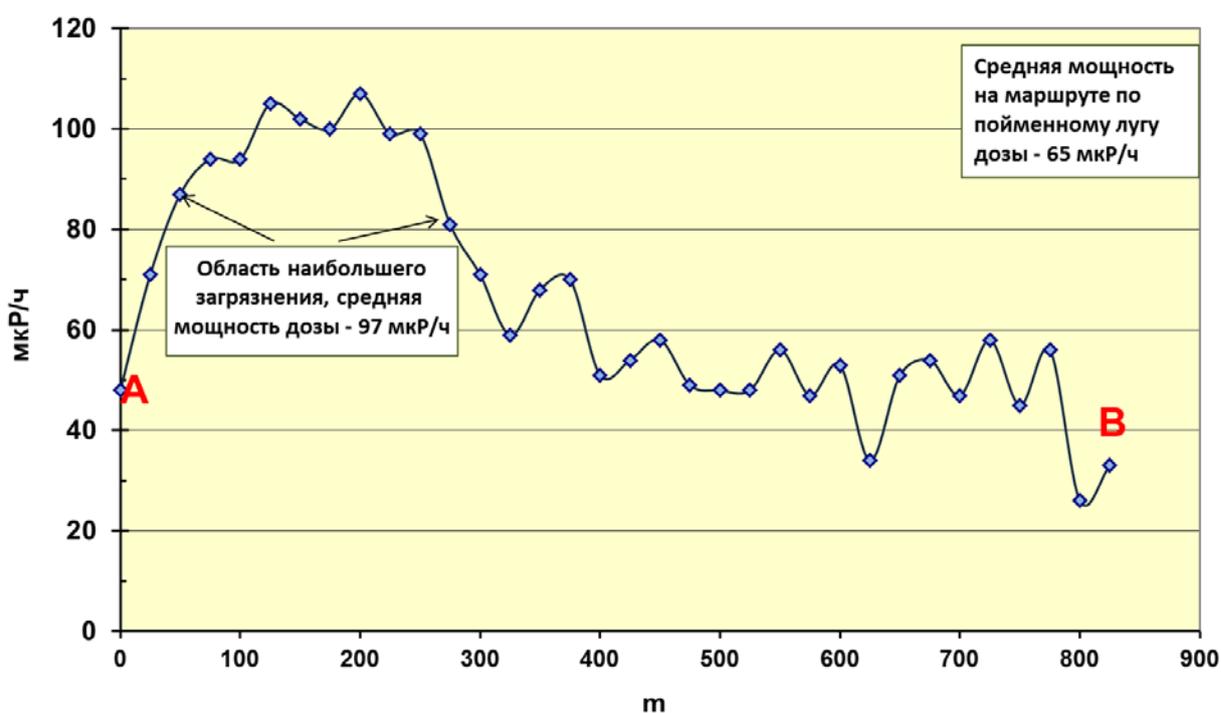


Рис. 13. Мощность дозы на пойменном лугу по маршруту вдоль реки, измеренная в 2001 г.

В настоящем исследовании послыйный отбор проб производился в области максимального загрязнения: измеренная мощность дозы составляла 740 нЗв/ч или в пересчёте на 2001 г. примерно 100 мкР/ч, что хорошо согласуется с измерениями 2001 г. С учетом этого обстоятельства полученную оценку плотности начального загрязнения в точке Б1 можно использовать для оценки средней плотности загрязнения луга ($\sigma_{\text{ср}}$):

$$\sigma_{\text{ср}} = 1603 \text{ кБк/м}^2 / (97/65) = 1074 \text{ кБк/м}^2 .$$

Полученная величина хорошо коррелирует со средней плотностью начального загрязнения Новых Бобовичей ^{137}Cs (табл. 1), равной **1095 кБк/м²**.

Профили заглубления ^{137}Cs в других точках отбора кернов почвы представлены на рисунке 14.

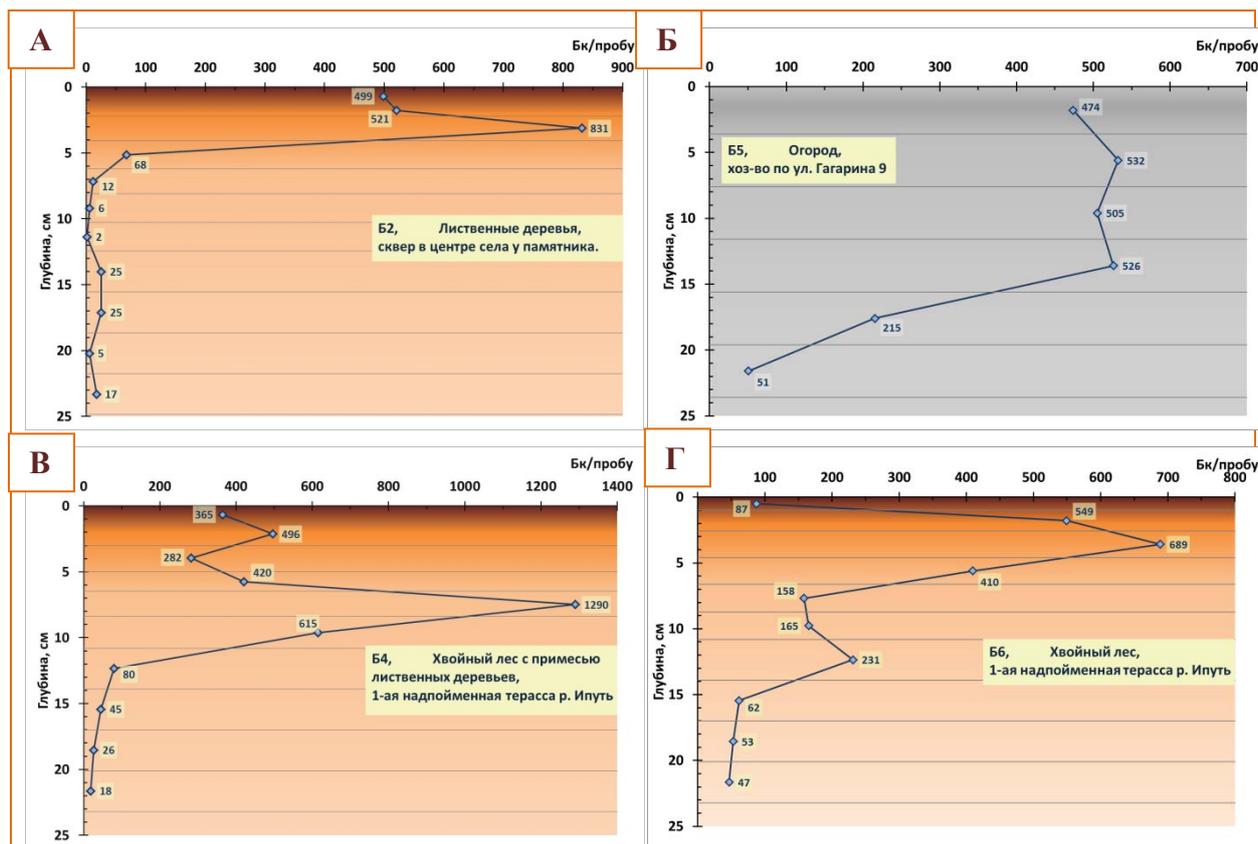


Рис. 14. Профили заглубления ^{137}Cs в почве на различных участках села Новые Бобовичи: А — у памятника воинам освободителям в центре села; Б — в огороде по адресу ул. Гагарина 9; В — на новом кладбище; Г — на север от села в хвойном лесу

Неповрежденная почва, как видно из представленных рисунков, характеризуется наличием пика цезия, расположенного в слое по толщине не превышающим 5 см. Глубина этого слоя может быть различной и, по-видимому, обусловлена удерживающей способностью верхних почвенных горизонтов (количеством гумуса и глинистых минералов) удерживать влагу и катионы щелочных металлов. Наибольшее проникновение ^{137}Cs в глубину отмечено для 1-ой надпойменной террасы, сложенной почти исключительно песками и поросшей свободным сосновым лесом (рис. 14 В).

Резкое различие в распределении ^{137}Cs по глубине можно наблюдать на деревенских огородах (рис. 14 Б). По словам хозяина участка грядки этого огорода перекапывались не менее 56 раз за послеаварийный период (два раза в год). Хорошо видно, что в слое 0-16 см достигнуто почти идеальное равномерное перемешивание наноскопического количества ^{137}Cs в почве. В самом деле, слой почвы толщиной 16 см на квадратном метре весит 261 кг и содержит (нами измерено) 0,17 мкг ^{137}Cs или иными словами 0,66 нг/кг.

Результаты измерения мха с крыши сарая показали, что плотность загрязнения составила на момент измерения 9 кБк/м² или примерно 1,6 % от средней первоначальной плотности загрязнения населенного пункта.

Анализ полученных результатов

В ходе выполнения работ в рамках программы исследований по миграции ^{137}Cs в структуре населенного пункта [FGI, 2004] нами был предложен простой параметр, характеризующий степень миграции нуклида, — отношение средней мощности дозы, создаваемой этим нуклидом на высоте 1 м для характерного типа поверхности ($P_{\gamma}(137)$), к плотности интегрального содержания нуклида в почве, рассчитанной на момент измерения мощности дозы — σ_{137} :

$$M_{137} = P_{\gamma}(137)/\sigma_{137}, \left[\frac{\text{нЗв/ч}}{\text{кБк/м}^2} \right].$$

То, что в различных локализациях населенного пункта мощность дозы внешнего облучения значимо различается, было установлено вскоре после аварии и затем неоднократно подчеркивалось различными исследователями, в том числе и применительно к населённым пунктам Новозыбковского района [Карлин, 1993]. Первые сравнения динамики параметра миграции M_{137} для различных локализаций были представлены в докладе, сделанном на международной конференции в Дании, для ряда исследуемых населённых пунктов [Zlobenko, 2003]. Среди представленных данных были и результаты измерений в Новых Бобовичах (табл. 12).

Табл. 12. Величина параметра M_{137} для двух локализаций села Новых Бобовичей в 1990 г. и в 2000 г.

Локализация	1990 г.	2000 г.
огород	0,58	0,42
внутренний хоз. двор	0,77	0,30

Из данных таблицы 12 наглядно видно, что изменения с 1990 по 2000 год более заметно происходили на территории внутреннего двора, по сравнению с огородами. Тогда же были сделаны попытки определить скорость этих изменений и выразить её аналитически. Однако поскольку временной ряд измерений оказался коротким, делать общие выводы было преждевременно. Авторы ограничились оценкой агрегирующего показателя — спада мощности дозы внешнего облучения людей при постоянном проживании в сельском населённом пункте. Оценка периода времени, когда в рассматриваемом временном интервале этот показатель уменьшится в два раза, составила тогда 6÷8 лет. Этот период полуспада был существенно короче, чем в агроценозах (12÷14 лет) и тем более в лесных экосистемах (25÷27 лет). Важно было понять, как долго сохранится такая тенденция. От этого во многом зависела политика планирования защитных мероприятий и социальных компенсаций на загрязнённых территориях, в случае если бы показатель дозовой нагрузки на население оставался бы в числе наиболее значимых критериев.

На рисунке 15 показана динамика показателя M_{137} для наиболее значимых локализаций сельского населённого пункта за весь период наблюдений.

Понятно, что в случае отсутствия какой-либо миграции изотопа с поверхности земли мы бы имели просто прямую горизонтальную линию, обозначенную на рисунке 15 красной чертой. Значение параметра (дозового коэффициента) M_{137} в начальной точке предмет многих теоретических и экспериментальных работ. Значения для этого коэффициента в различных справочных изданиях несколько отличаются друг от друга (табл. 13). Формальный подход к использованию коэффициентов может приводить к дополнительной и неоправданной неопределенности дозовых оценок. В случае аварии на ЧАЭС, когда радионуклидный состав выпадений отличался как богатством спектра, так и значительной вариабельностью соотношений между радионуклидами, выделить экспериментально вклад в мощность дозы ^{137}Cs от единичной плотности загрязнения было весьма затруднительно. Никто такую задачу и не ставил. Однако при аварии на японской АЭС «Фукусима-Даичи», где выброс был беднее по радионуклидному составу и значимость изотопов цезия во многом определяла характер радиационной обстановки и меры по защите населения, корректность в определении значения дозового коэффициента для ^{137}Cs значительно выросла. Поэтому японскими исследователями были получены экспериментальные данные от реальных выпадений, связывающие плотность выпадений двух изотопов цезия с мощностью дозы на высоте 1 м от поверхности земли (рис. 16).

Собранные данные относились к лету 2011 года, т.е. в период, когда миграция изотопов еще не сильно проявилась.

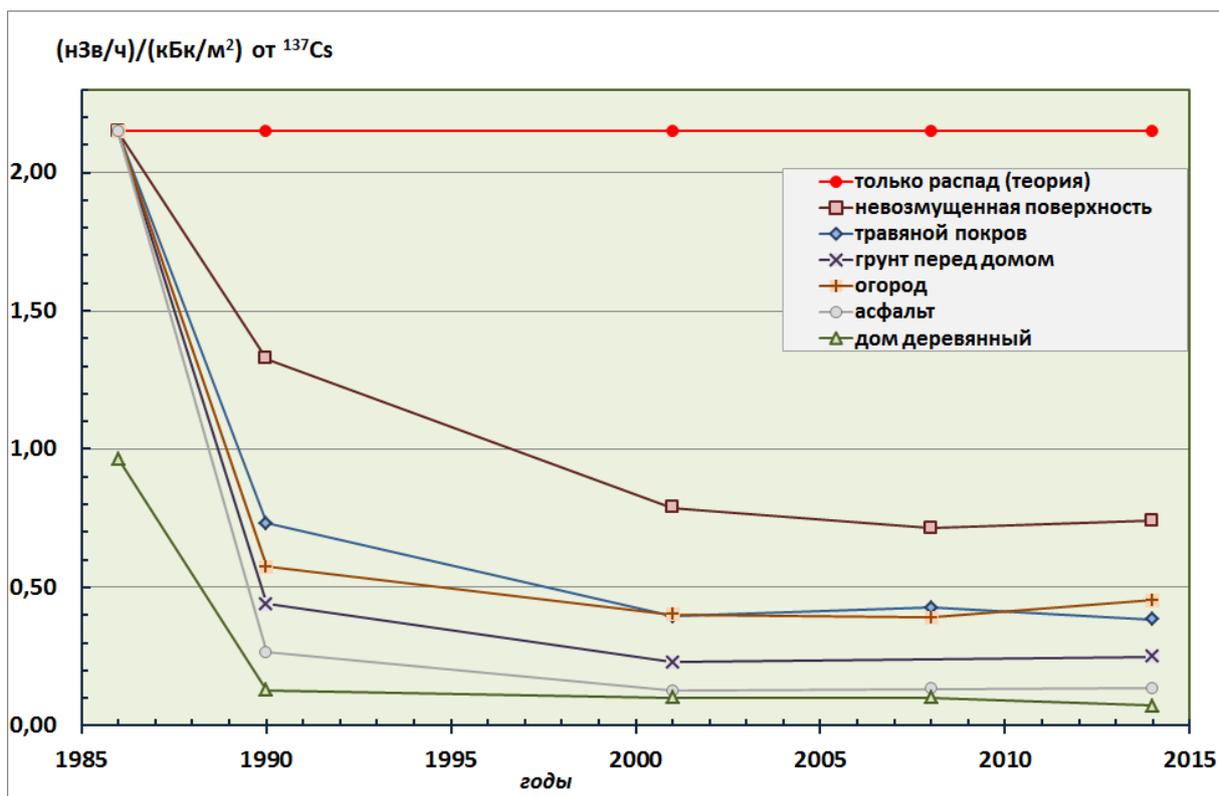


Рис. 15. Динамика параметра M_{137} для различных локализаций села Новые Бобовичи, обусловленная миграцией ^{137}Cs в них

Табл. 13 - Значения коэффициента перехода от плотности радиоактивного загрязнения к мощности дозы (M_i) для ряда радионуклидов в некоторых справочных изданиях, (нЗв/час)/(кБк/м²)

Источник	Te-132	I-131	I-132	Cs-134	Cs-136	Cs-137 + Ba-137m	Ссылка
Beck, 0*	1,04	1,97	11,38	7,85	10,58	2,89	[Beck, 1980]
Beck, 0,16* г/см ²	0,91	1,71	9,90	6,88	9,25	2,51	
Beck, 1,6* г/см ²	-	1,17	-	4,54	-	1,66	
Kocher	0,77	1,27	7,33	4,94	6,71	1,95	[Kocher, 1983]
Eckerman, 0*	0,82	1,35	7,96	5,47	7,52	2,11	[Eckerman, 1993]
Eckerman, 1*см	0,49	0,87	5,11	3,52	4,82	1,35	
Беляев	0,57	0,70	4,10	2,83	3,74	1,05	[Гусев, 1991]
ТЕСДОС-1162/R	0,80	1,33	7,8	5,36	7,37	2,07	[IAEA, 2004]
ТЕРСО, отчет				5,65		2,15	[ТЕРСО, 2012]

* - величина заглубления нуклида в почву

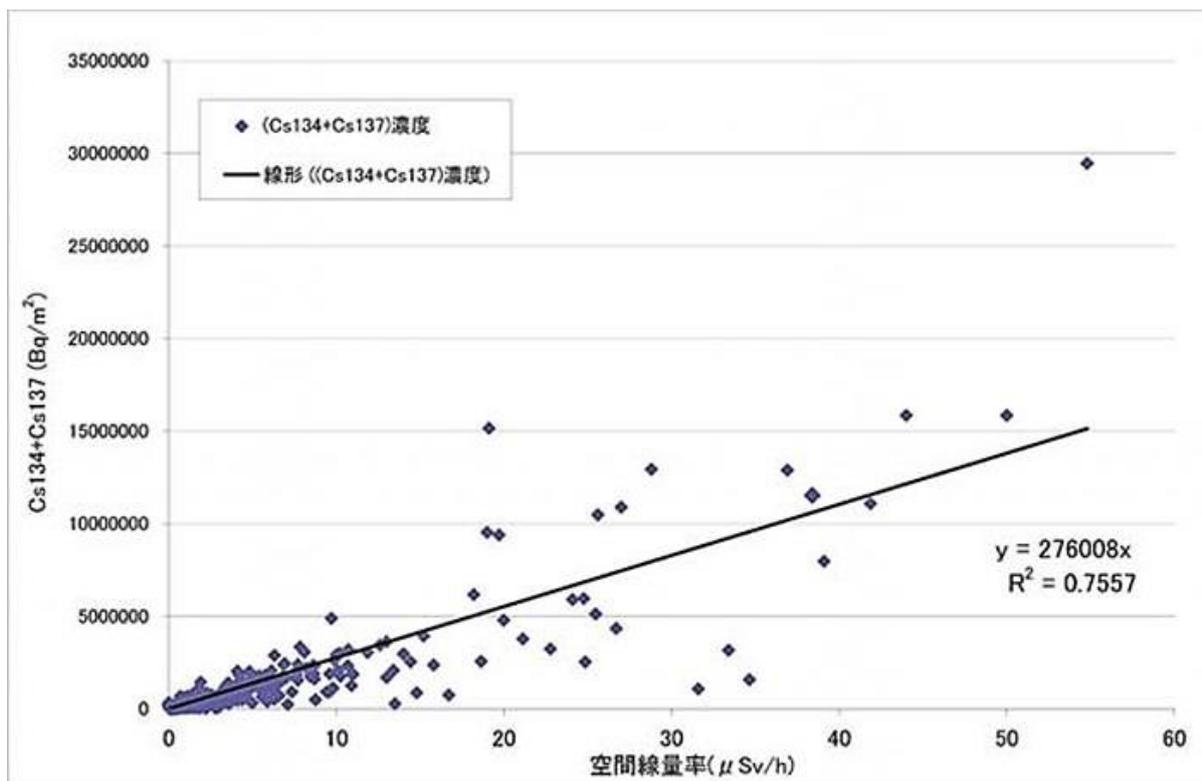


Рис. 16 - Корреляция мощности дозы на высоте 1 м от земли с плотностью загрязнения местности изотопами цезия (по данным японских исследователей [ТЕРСО, 2012])

Зная соотношение между двумя изотопами цезия и пропорциональность между дозовыми коэффициентами (табл. 13) нетрудно получить значение M_{137} для ^{137}Cs . Полученное значение $M_{137} = 2,15$ (нЗв/час)/(кБк/м²) несильно отличается от рекомендуемого значения в техническом регламенте МАГАТЭ [IAEA, 2004], поэтому мы остановились именно на нем для характеристики выпадений в начальный момент в юго-западных районах Брянской области. Поскольку внутри помещений сельских домов в результате мокрых радиоактивных выпадений попало значительно меньше активности, чем на открытые поверхности, мы для характеристики начального значения коэффициента M_{137} использовали эмпирическое значение снижения мощности дозы в сельских домах, т.е. $R_{\gamma}(\text{дом}) = 0,45 R_{\gamma}(\text{улица})$. Все остальные значения параметра M_{137} являются средними измеренными величинами в селе Новые Бобовичи.

Общей характеристикой процессов, как можно видеть из рисунке 15, является фактическое прекращение спада значений параметра M_{137} для всех локализаций после 2000 года. Т.е. примерно через 15 лет миграция ^{137}Cs , влияющая на формирование мощности дозы внешнего облучения в пределах населённого пункта, прекращается, остаётся только распад этого изотопа. При этом разница между различными локализациями остается почти неизменной. Для пищевой продукции из собственных подворий этот процесс был выражен даже ранее 2000 года.

Таким образом, оглядывая весь двадцати восьмилетний период, можно выделить три характерных фазы в поведении этого изотопа в сельском населенном пункте. Быстрое уменьшение уровней загрязнения горизонтальных поверхностей (твёрдых покрытий дорог и кровельных материалов) с периодом полуочистки 70÷100 суток [FGI, 2004]. Для остальных поверхностей быструю компоненту выявить не удалось, такая цель фактически и не ставилась. Более важным на начальном этапе оценки последствий радиоактивного загрязнения территорий казалось определение динамики мощности дозы и соответственно динамики дозы внешнего облучения различных категорий населения. Последняя во многом была обусловлена распадом короткоживущих радионуклидов, применением защитных мероприятий. Она отличалась динамичностью, зависимостью от разных факторов и потому еще долгие годы привлекала к себе внимание исследователей, заставляя их пересматривать первоначальные нередко излишне консервативные оценки.

Для следующей фазы характерно, прежде всего, заглубление большей части выпавшего цезия в нижние почвенные горизонты, происходящее под влиянием как естественных факторов, так и в силу обычной человеческой деятельности. Продолжительность этого периода для среднего сельского населенного пункта может быть оценена в 10÷15 лет. За этот период для большинства локализаций мощность дозы за счет такого перемещения (миграции) изотопа снизилась в 5÷6 раз и только для почвенной поверхности, которая была не затронута человеческой деятельностью (только естественная миграция), произошло снижение примерно в 2,5 ÷3 раза (рис. 15).

В последующий период (через 10÷15 лет после аварии) перемещение ^{137}Cs в населенном пункте фактически прекратилось, и наступило квазистационарное равновесие. Надо отметить, что в первые годы после Чернобыльской аварии специалисты, обсуждая эту тему, полагали, что время наступления такого равновесия придет лишь через несколько десятков лет.

Полученные в настоящем исследовании результаты позволяют вернуться к уточнению оценок доз внешнего облучения населения, проживающего в сельском населенном пункте, загрязненном в результате аварии на ЧАЭС изотопами цезия.

На практике использовали еще более упрощенные зависимости. Для оценки мощности экспозиционной дозы воспользуемся чуть изменённой зависимостью [The Chernobyl Papers, 1993]:

$$\dot{D}(t) = \sum_i \sigma_i \cdot M_i(t) \cdot \exp(-\lambda_i \cdot t), \quad (1)$$

где σ_i — плотность загрязнения поверхности i -м радионуклидом (кБк/м²), $M_i(t)$ — коэффициент конверсии от σ_i к мощности дозы \dot{D}_i как функция времени, (нГр/час)/(кБк/м²), λ_i — константа радиоактивного распада i -го радионуклида, t - время после загрязнения.

В нашем случае коэффициент конверсии не является константой, а изменяется во времени, в зависимости от миграции радионуклида.

И для оценки эффективной дозы внешнего облучения ($H_{\text{Эк}}$):

$$H_{\text{Эк}} = CF \cdot R_k \cdot \int \dot{D}(t) \cdot dt, \quad (2)$$

где $CF=0,8$ Зв/Гр для 1-го после аварии и 0,7 Зв/Гр для последующих лет; R_k - фактор снижения дозы, который для различных групп населения может быть определен как:

$$R_k = \sum_j L_j \cdot p_{kj}, \quad (3)$$

где L_j — фактор места [Гусев, 1991] и p_{kj} - фактор занятости k -ой группы населения.

На основании анализа собранных в первые годы данных по поведению населения в населенных пунктах с учетом их возраста и профессии для оценки средних доз облучения населения применительно к юго-западным районам Брянской области были получены агрегированные значения параметра — p_{kj} , табл. [FGI, 2004].

Табл. 14. Продолжительность пребывания жителей сельской местности на различных участках территории, часов/сутки

Участки территории	М е с я ц ы / д н и		
	11÷3	4, 5, 9,10	6÷8
	151 сут.	122 сут.	92сут.
Дом	14,6	12,6	11
Двор	1,1	0,6	0,7
Хозяйственные постройки	1,2	0,5	0,6
Приусадебный участок, огород	0,3	3	3,2
Улица	1,3	1,8	3
Работа	5,5	5,5	5,5

Используя такой алгоритм расчета (соотношения 1÷3), и соотнося его с реальными измерениями мощности дозы в отдельные периоды можно построить динамику реалистических оценок дозовых

нагрузок на население рассматриваемого населенного пункта. Сравнение расчетных годовых доз с дозами внешнего облучения, опубликованными в справочниках, представлено на рисунке 17.

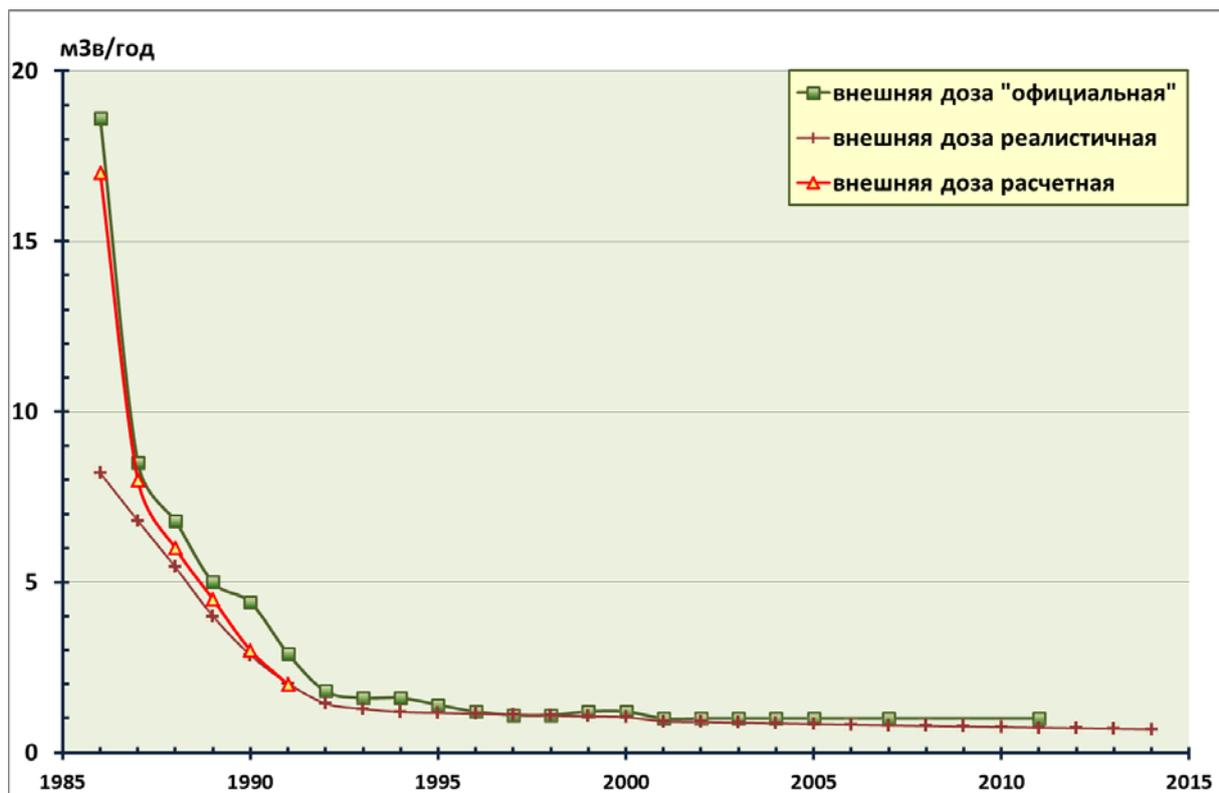


Рис. 17. Оценка внешней годовой дозы по материалам подворных обследований в сравнении с данными, вошедшими в справочные издания Минздрава и МЧС, а также расчетами, выполненными нами в ходе работ по проекту ФГИ для начального периода

Что касается различий в оценках доз внешнего облучения за 1986 год, то они связаны, как уже упоминалось, прежде всего, с некоторой консервативностью первоначальных оценок, которые впоследствии после обработки значительного количества индивидуальных дозиметров и были скорректированы самими авторами [Константинов, 1992]. Наши оценки средней эффективной дозы внешнего облучения взрослого населения Новых Бобовичей за период с 28 апреля по 31 декабря 1986 г., выполненные согласно Методических указаний МУ 2.6.1.579-96 [Реконструкция, 1996], дали величину в 17 мЗв, и эта величина нам представляется весьма реалистичной. Определенная консервативность оценок сохранялась и в последующие годы, что вполне объяснимо, т.к. получить полную картину всех параметров радиационной обстановки для каждого из сотен и тысяч населенных пунктов невыполнимая задача. А значит, допускаются некие консервативные предположения, чтобы смягчить неопределенности в определении отдельных параметров. В целом же, особенно в период с 1995 по 2005 годы наблюдалось хорошее согласие полученных нами результатов по подворным обследованиям с данными из выпущенных справочников.

Суммарно за 28 лет население, постоянно проживающее в Новых Бобовичах, в среднем могло получить за счет внешнего облучения от выпавших радионуклидов от 46 мЗв до 70 мЗв. Последняя оценка (несколько завышенная, на наш взгляд) отражает данные официальных справочников (в которых не в каждый год выделяется именно доза за счет внешнего облучения). Наша оценка средней дозы внешнего облучения за 28 лет для лиц, постоянно проживающих в Новых Бобовичах, составляет 57 мЗв.

В точке Б1 (заливной луг), где средняя измеренная прибором ДКС-96 мощность дозы составляла 740 нЗв/ч, в предположении, что характер заглупления ^{137}Cs соответствует полученному в результате спектрометрического измерения образцов почвы, рис. 12, была оценена мощность дозы на высоте 1 м от поверхности земли с помощью программного модуля «MicroShield». Результаты расчетов представлены на рисунке 18. Суммарная расчетная мощность дозы от радионуклида ^{137}Cs , накопленного в различных почвенных горизонтах, составила 655 нЗв/ч, что с учётом фоновой составляющей (в данном случае ее величина на лугу составляла 85 нЗв/ч) даёт удовлетворительное согласие с прямыми измерениями.

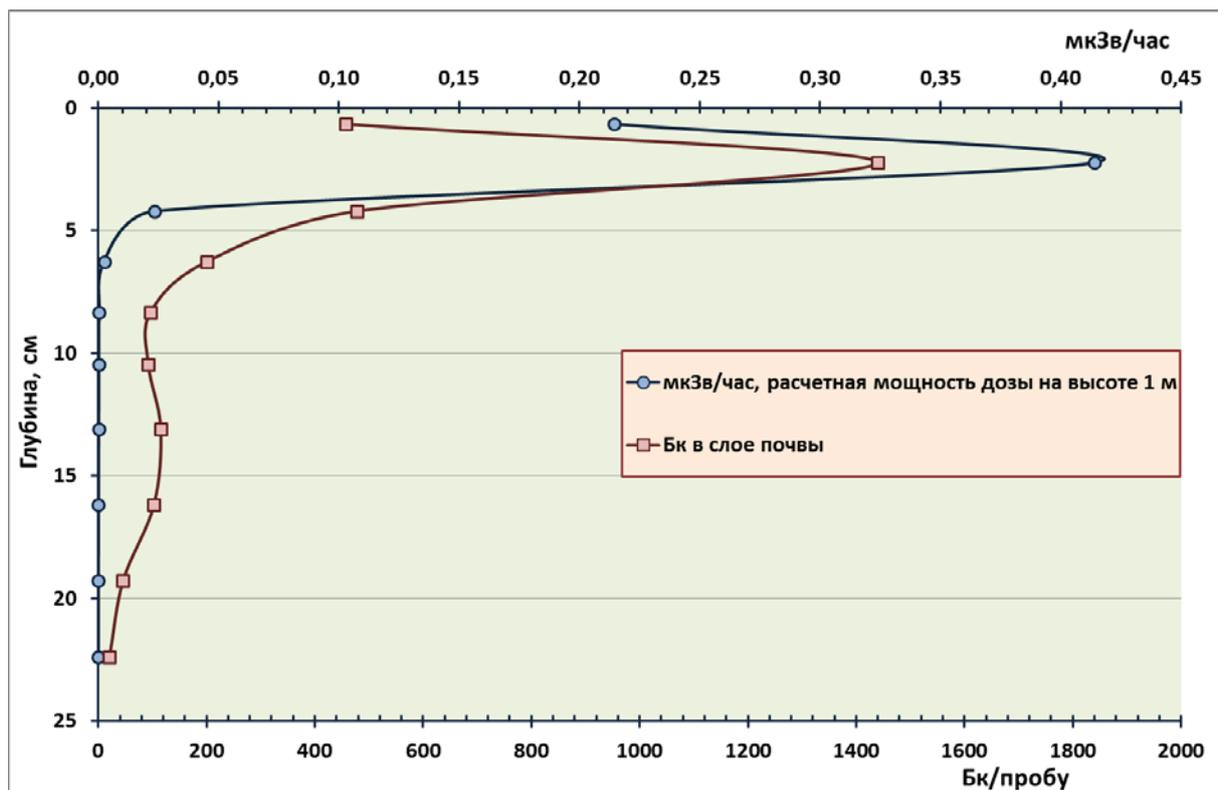


Рис. 18. Расчет мощности дозы на высоте 1 м от поверхности земли в точке Б1 от ^{137}Cs , накопленного в различных почвенных горизонтах

Обсуждение результатов

Оценка подворных исследований, выполненных в разные годы в одном населенном пункте, показала, что такие работы достаточно эффективны для определения дозовых нагрузок на население от внешнего облучения в случае масштабного загрязнения населенных пунктов. Однако существуют только самые общие представления о том, как их проводить на различных этапах аварийного реагирования. Отсутствие четких методических разработок может существенно сдерживать использование, а главное последующую интерпретацию полученных результатов.

Полное обследование населенного пункта придаёт уверенность исследователю о возможности наиболее четкого воспроизведения сложившейся радиационной обстановки и получения наиболее достоверных значений её параметров. Однако для оценки средних значений, как правило, достаточно 25÷30 измерений параметра. Дальнейшее наращивание числа измерений фактически не даёт снижения неопределенности оценок. Важно на первом этапе выявить степень пространственной неоднородности загрязнения, которая позволит исследователю соотнести объём измерений с необходимой точностью.

Практика подворных обследований радиационной обстановки в НП стран бывшего СССР показала, что слишком большой объём измерений помимо больших трудозатрат вызвал необходимость достаточно длительной обработки данных, при том что оценки наиболее значимых параметров требовались быстро для принятия решений по адекватной защите населения. В результате большинство данных так и осталось невостребованным для практики. Интуитивно большинство исследований в населенных пунктах производилось по упрощённой схеме, позволявшей специалистам решать те или иные вопросы. Повторимся, выработка единых принципов и методических приёмов позволит наилучшим способом своевременно подготавливать важные решения по защите населения.

Использование дозиметров, позволяющих непрерывно записывать в файлы время, координаты и показания мощности дозы совокупно с простыми программными средствами по обработке таких файлов, существенно упростит и ускорит подготовку решений.

Изучение процессов миграции ^{137}Cs в различных структурных элементах населённого пункта позволило установить три характерные фазы, отличающиеся периодами снижения эффективной мощности дозы на человека. Первая фаза связана с открытыми искусственными поверхностями (крыши домов, твёрдые дорожные покрытия, элементы зданий) и характеризуется периодом спада уровней загрязнения в интервале 70-100 дней (для условий бесснежного загрязнения; имеет сезонную зависимость).

Вторая фаза, связанная с многочисленными процессами, приводящими к заглублению изотопов цезия в почвенные горизонты, продолжается 10÷15 лет, и приводит к уменьшению мощности дозы внешнего облучения человека за счёт этой миграции в 4÷6 раз в зависимости от характера земной поверхности и типа почв.

Следующая фаза связана преимущественно только с распадом изотопа. Миграция цезия, если и происходит, то не влияет на величину формирования дозы облучения человека. Т.е. процессы перемещения изотопа разнонаправленные и примерно уравнивающие друг друга. Не исключено, что часть таких процессов ответственно за перемещение нуклида ближе к поверхности. Это может происходить за счёт корневой системы растений и постоянно формирующегося опада. Какая-то часть нуклида может поступать в населённый пункт из ареала (например, с навозом или пылью). Перемещение нуклида вверх также может быть связано с антропогенной деятельностью. В целом для описания таких процессов необходимо проведение более тщательных специальных исследований. В настоящее время можно констатировать, что примерно через 15 лет в населённом пункте, загрязнённом в результате аварии на ЧАЭС, установилось квазистационарное равновесие. Это означает, что основные параметры, необходимые для оценки доз облучения (как внешней, так и внутренней), зависят, главным образом, от периода полураспада ^{137}Cs .

Средняя мощность внешнего облучения постоянно проживающих жителей села Новые Бобовичи по нашим оценкам составила за 28 лет **57 мЗв**. Погрешность этой оценки составляет ± 10 мЗв. Основной вклад в погрешность вносит неопределённость, связанная с оценкой времени пребывания в самом населённом пункте в течение 28 лет.

Литература

- Beck H.L. Exposure rate conversion factors for radionuclides deposited on the ground. EHL-378., 1980.
- Eckerman Keith F. and Jeffrey C. Ryman. EXTERNAL EXPOSURE TO RADIONUCLIDES IN AIR, WATER, AND SOIL. FEDERAL GUIDANCE REPORT NO. 12. EPA-402-R-93-081. September 1993.
- IAEA (2011). Safety Standards Series No. GSR. Part 3. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. Vienna, 2011. – 303 p.
- IAEA TECDOC Series No. 1162, IAEA, Vienna, 2000. Общие инструкции оценки и реагирования на радиологические аварийные ситуации, МАГАТЭ, Вена, 2004. IAEA-TECDOC-1162/R.
- ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4), 332 p.
- Kocher D.C. Dose-rate conversion factors for external exposure to photon and electron//Health Physics 1983. Vol. 45, №3 p.665-686.
- MicroShield. Version 5. Grove Engineering. Framatome Technologies, 1996.
- The Chernobyl Papers. Dose to the Soviet Population and Early Health Effects Studies Vol. 1, Ed. S.E.Merwin and M.I. Balanov, 1993, 439 p.
- The French-German Initiative: Results and Their Implication for Man and Environment. CD-диск с основными результатами проектов. Украина, 2004.
- Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. It is released with the accident. On the distribution status of radioactive material. Research Result, Отчет на японском языке, март 2012, 64 с. http://radioactivity.mext.go.jp/old/ja/distribution_map_around_FukushimaNPP/5600_201203131000_report1-1.pdf.
- UNSCEAR (2000) Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. United Nations, New York, NY, USA. 2000.
- Urban Environment and countermeasures, final report. French German Initiative for Chernobyl, Project n° 2 «Radioecological Consequences of the Accident», Conference on “Radioactive Contamination in Urban Areas”, May 7-9, 2003, Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark.
- Zlobenko B., Panchenko S., Timofeyev S., Behavior of ^{137}Cs in urban environment. Risø, Roskilde, Denmark,

Май 7-9 2003.

- Гоголь С.Б., Сапронов В.Г., Величко М.П. и др. Отчёт о результатах геолого-экологических исследований (картографирование) территории Брянской области в масштабе 1:500 000, проведённых в 1992-95 гг. Место хранения: Центральный Геологический Фонд ЦГРЦ, инв. № 40363, 1996.
- Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1991. 256 с.
- Данные Росгидромета по Cs-137 по состоянию на 01 января 2014 года
- ЗАКОН РФ № 1244-1 от 15 мая 1991 года «О СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЕ ГРАЖДАН, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ РАДИАЦИИ ВСЛЕДСТВИЕ КАТАСТРОФЫ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС»
- Инструкция по наземному обследованию радиационной обстановки на загрязненной территории, одобрена Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР 17.03.89
- Инструкция по обследованию радиационной обстановки на загрязнённых территориях, утверждена Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР в 1988 г.
- Инструкция по отбору проб почв при радиационном обследовании загрязнения местности, утверждена Председателем Межведомственной комиссией по радиационному контролю природной среды при Госкомгидромете СССР Ю.А. Израэлем в 31 марта 1987 г.
- Карлин Н.Е. и др. Оценка эффективности и разработка рекомендаций по реабилитации населённых пунктов, расположенных на радиоактивно-загрязнённых территориях Брянской области РФ. Отчёт Новозыбковского филиала, 1993.
- Ковалев Е.Е., Масленникова А.А., Орлов М.Ю., Сныков В.П. Оценка радиационного риска за счет внешнего облучения после аварии на Чернобыльской АЭС. Атомная Энергия, т. 75, вып. 3, сс. 223-230
- Константинов Ю.О. и др. Текущая и ретроспективная оценка и верификация доз внутреннего облучения и внешнего облучения для всех контингентов. Заключительный отчет. С. Петербург, 1992.
- Курс демографии. Учебное пособие. Под ред. проф. А.Я. Боярского, 3-е изд. М., Финансы и статистика, 1985, 391 с.
- Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах. Утверждены 25.07.1900 Зам. Министра здравоохранения СССР А.И. Кондрусевым и 30.07.1990 Зам. Председателя Государственного Комитета СССР по Гидрометеорологии Ю.С. Цатуровым
- Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах. Утверждены 25.07.1900 Зам. Министра здравоохранения СССР А.И. Кондрусевым и 30.07.1990 Зам. Председателя Государственного Комитета СССР по Гидрометеорологии Ю.С. Цатуровым
- Орлов М.Ю., Сныков В.П. Статистические характеристики полей загрязнения и мощности дозы на территории Брянской области. - В сб. "Эколого-геофизические аспекты ядерных аварий. Под ред. В.А. Борзилова и И.И. Крышева. М., Московское отделение Гидрометеоздата, 1992, сс. 3-11
- Орлов Ю.М., Сныков В.П., Хваленский Ю.А., Волокитин А.А. Загрязнение почвы Европейской части территории СССР йодом-131 после аварии на Чернобыльской АЭС //Атомная энергия.–Июнь, 1996.– Т. 80.– Вып. 6.– С. 466-471.
- Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиоэкология после Чернобыля. Пер. с англ. / Под ред. Ф.Уорнера и Р.Харрисона. — М.: Мир, 1999, 512 с.
- Реконструкция средней накопленной в 1986-1995 гг. эффективной дозы облучения жителей населенных пунктов Российской Федерации, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. Метод. указания. МУ 2.6.1.579-96. М., Минздрав России, 1996, 34 с.
- Седунов Ю.С., Борзилов В.А., Клепикова Н.В. и др. Исследования особенностей формирования загрязнения местности в ближней и дальних зонах ЧАЭС методами математического моделирования. В кн.: Радиационные аспекты Чернобыльской аварии. С-Пб., 1993 сс.76-81.
- Борзилов В.А., Клепикова Н.В., Костриков А.А. и др. Метерологические условия дальнего переноса радионуклидов, поступивших в атмосферу в результате аварии на ЧАЭС, там же, сс. 87-97.
- Радиоактивное загрязнение территории СССР в 1986 г. Ежегодник под ред. К.П. Махонько. Обнинск – НПО «Тайфун» 1987, 134 с.

Благодарности

Проведение долговременных исследований в настоящее время трудно осуществлять без дружеской поддержки коллектива и его руководства. Нам хочется выразить благодарность за моральную поддержку, оказываемую нам на протяжении многих лет, И.И. Линге и Р.В. Арутюняну. Также хочется поблагодарить А.М. Скоробогатова и Т.А. Буланцеву за помощь в подборе материалов из ведомственных баз данных и полезные обсуждения результатов работы.

Особую признательность за многолетнюю организационную помощь в проведении исследований и получении необходимой информации выражаем Главе Новобобовического сельсовета М.М. Заболоцкому.