



X Юбилейная Российская научная конференция
Радиационная защита и радиационная
безопасность в ядерных технологиях

Секционные заседания

Секция № 7 «Радиационные технологии,

радиационная медицина, радиационная экология»

Подсекция 7.2 «Радиационные технологии и радиоэкология»

Председатель подсекции: к.б.н. **Козьмин Геннадий Васильевич**

Дата проведения заседания: **24 сентября 2015 года**

Место проведения заседания: **НОУ ДПО «ЦИПК Росатома»**

(г. Обнинск, ул. Курчатова, д.21)

Список презентаций

Докладчик	Название доклада	Организация, должность	№ стр.
Кобялко Владимир Олегович, к.б.н.	Методология исследований качества и безопасности сельскохозяйственной и пищевой продукции при радиационной обработке.	ФГБНУ ВНИИРАЭ, зав. лаб.	3
Козьмин Геннадий Васильевич, к.б.н.	Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности.	ФГБНУ ВНИИРАЭ, в.н.с.	22
Крышев Иван Иванович, д.ф.-м.н.	Оценка экологического ущерба от радиоактивного загрязнения окружающей среды.	ФГБУ "НПО «Тайфун», г.н.с.	42
Латынов Виктор Леонидович	Развитие инфраструктуры для проектов экологической ремедиации площадок с урановым наследием на территории стран Европейского экономического союза.	НОУ ДПО «ЦИПК Росатома»	70
Латынова Наталья Евгеньевна, к.б.н.	Опыт планирования и реализации проектов ремедиации территорий государств Средней Азии, подвергшихся воздействию урановых производств.	НОУ ДПО «ЦИПК Росатома», старший преподаватель	84
Лой Надежда Николаевна, к.б.н.	Эффективность предпосадочной обработки клубней картофеля продуктами переработки, полученными в результате радиационных технологий.	ФГБНУ ВНИИРАЭ, зав.сектором	96
Михеев Юрий Васильевич	Радиоэкологический мониторинг при обследовании и подъеме затопленных потенциально опасных объектов в целях реабилитации морских акваторий.	ФГУП «Крыловский государственный научный центр», главный конструктор	108
Полюдин Андрей Леонидович	Факторы, определяющие особенности нахождения и распределения урана в почвах берега озера Иткуль.	ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» им. Е.И. Забабахина, инженер по РК	122
Сазыкина Татьяна Григорьевна, д.ф.-м.н.	Комплексная оценка радиоэкологического воздействия ЯРОО по данным мониторинга радиационной обстановки.	ФГБУ НПО «Тайфун», в.н.с.	131
Саруханов Владимир Яковлевич, к.б.н.	Использование радиационных технологий при обработке многокомпонентных пищевых продуктов (рыбные пресервы).	ФГБНУ ВНИИРАЭ, с.н.с.	157
Серегин Владимир Александрович	Радиационно-гигиенические исследования в районе расположения ОАО ППГХО.	ФГБУ ГНЦ ФМБЦ им. А.И. Бурназяна ФМБА России, н.с.	170
Спиридонов Сергей Иннокентьевич, д.б.н.	Оценка рисков загрязнения радионуклидами агропродукции в отдаленный период после радиоактивных выпадений.	ФГБНУ ВНИИРАЭ, зав. лабораторией	186
Тихонов Александр Викторович	Действие γ -облучения на клубни картофеля.	ФГБНУ ВНИИРАЭ, м.н.с.	217

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
радиологии и агроэкологии, Обнинск
ФГБНУ Институт биохимии и физиологии
микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина, Пущино¹



Методология исследований качества и безопасности сельскохозяйственной и пищевой продукции при радиационной обработке

В.О. Кобялко, Г.В. Козьмин, В.Я. Саруханов, В.С. Бондаренко, И.В. Полякова,
А.М.Зякун¹

2015

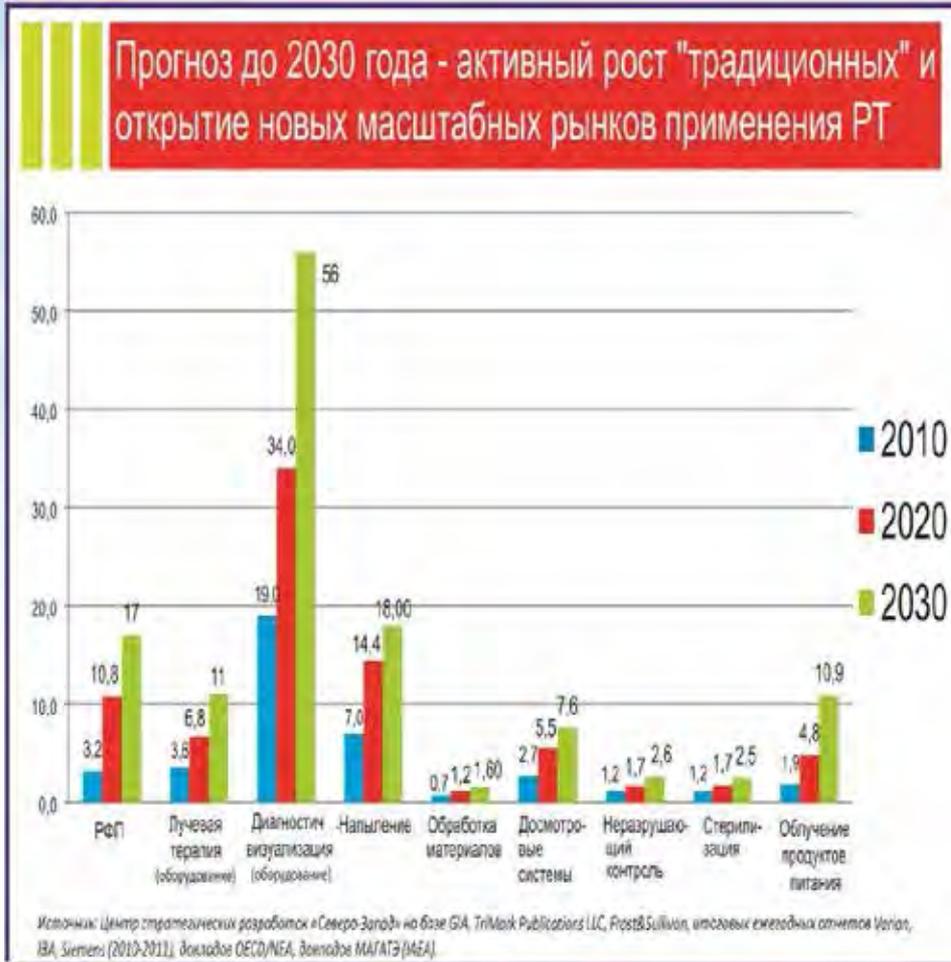
Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации – одна из важнейших задач, решение которой невозможно без внедрения инновационных технологий, обеспечивающих снижение потерь сельскохозяйственной и пищевой продукции при ее переработке, транспортировке и хранении.

- Ежегодно в мире пропадает примерно треть всех произведенных продуктов питания (1,3 млрд. тонн). Основные причины потерь (до 40%) связаны с поражением зерновых культур насекомыми-вредителями, преждевременным прорастанием корнеплодов, бактериальной порчей муки, мяса, рыбы и других продуктов питания в процессе хранения.
- Нарушение технологий и сан-гигиенических требований при изготовлении продукции, отсутствие широкого внедрения системы XASPP, создает условия для превышения безопасного уровня ее микробиологического загрязнения.
- Возрастает риск появления не характерных для данного региона угроз микробиологического и др. видов заражения, обусловленного тем, что сельскохозяйственное сырье и продукты питания, вследствие активного развития международных торгово-экономических связей, поступают из различных уголков земного шара.

Радиационные технологии - альтернатива других видов инактивации (химической, тепловой и т.п.) процессов и организмов-вредителей, которые наносят существенный урон агропромышленной сфере при получении, транспортировке и хранении продуктов питания.

Радиационные агротехнологии в мировой экономике

Пищевая промышленность и сельское хозяйство – третий сегмент радиационных технологий по объему мирового рынка РТ



Компетенции радиационных агротехнологий

Функция	Доза (кГр)	Облученные продукты
Низкая доза (до 1 кГр)		
Стимуляция семян	0,003-0,04	Семена с/х культур
Задержка прорастания	0,05 – 0,15	Картофель, лук и т.п.
Дезинсекция	0,15 – 1,0	Зерно, крупы, мука, сушеные фрукты
Задержка созревания	0,2 – 1,0	Фрукты
Средняя доза (1 – 10 кГр) (Радисидация, радуризация)		
Увеличение срока годности	0,5 – 3,0	Фрукты, овощи, мясо
Стерилизация	0,3 – 6,0	Пищевая продукция
Стерилизация	5 - 10	Специи и др.
Высокая доза (10 – 50 кГр) (Радаппертизация)		
Глубокая стерилизация	30 – 50	Пищевая продукция

Принципы лежащие в основе применения радиационных технологий для обработки сельскохозяйственного сырья и пищевой продукции



1. Сельскохозяйственная и пищевая продукция - многокомпонентная система, состоящая из собственно продукта с полезными для потребителя специфическими сенсорными и физико-химическими характеристиками, определенного спектра имеющих в ней организмов-вредителей (насекомых, микроорганизмов) и различных компонентов, обусловленных антропогенными и биологическими факторами



Принципы лежащие в основе применения радиационных технологий для обработки сельскохозяйственной и пищевой продукции

2. Радиационная обработка (холодная стерилизация) направлена на достижение безопасности продукции (прежде всего микробиологической) с максимальным сохранением ее полезных качеств и, как следствие, удлинение сроков хранения.
3. Выбор режимов и условий облучения определяется совокупностью показателей, характеризующих исходное состояние системы, а именно: радиочувствительностью микроорганизмов или др. организмов–вредителей конкретного продукта и запасом прочности к действию ионизирующего излучения его полезных сенсорных и физико-химических характеристик. Нельзя забывать о радиационном воздействии на содержащиеся в продукте компоненты биологической и антропогенной природы.

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

1. Определение сенсорных и физико-химических характеристик системы (сельскохозяйственная и пищевая продукция), которые будут затронуты радиационной обработкой. Оценка показателей для данной продукции в соответствии с СанПиН и учет дополнительных, чувствительных к воздействию ионизирующего излучения.

***Белки.** Под влиянием ионизирующих излучений биологическая ценность (БЦ) белковых веществ продуктов питания изменяется примерно так же, как и в результате других методов обработки.*

***Углеводы.** Дозы облучения в 10-80 кГр значительного воздействия на органолептические свойства углеводов не оказывают, но могут несколько изменять технологических свойства пищевых продуктов.*

***Липиды.** Дозы в пределах 10-50 кГр не оказывают существенного влияния на вязкость жиров и масел; еще менее значительны изменения точки плавления; практически неизменной остается плотность жиров и масел.*

***Витамины** Радиоустойчивость разных витаминов различается и зависит от химического состава продуктов, в которых они находятся. При дозе 20 кГр каротин (провитамин А в говядине разрушается в количестве 40-60%, а при автоклавной тепловой стерилизации на 60-80%) .*

Многочисленными исследованиями установлено, что при оптимальных дозах облучения, как правило, до 10 кГр, рекомендованных международными (ISO, ASTM) и отечественными нормативными документами, составные части продуктов питания практически не изменяются.

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

2. Определение микробиологических показателей в соответствии с СанПин для каждого вида продукции (разработка экспресс-методов оценки видового состава микробиологического загрязнения продукта и уровня загрязненности). Выявление в продукции присутствия насекомых-вредителей.

Санитарно-микробиологические показатели безопасности пищевых продуктов – контролируемые показатели по следующим группам микроорганизмов (СанПиН 2.3.2.1078-01):

санитарно-показательные (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек – БГКП (колиформы), бактерии семейства *Enterobacteriaceae*, энтерококки);

условно-патогенные микроорганизмы (*E. coli*, *S. aureus*, бактерии рода *Proteus*, *B. cereus* и сульфитредуцирующие клостридии, *Vibrio parahaemolyticus*); патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы и *Listeria monocytogenes*, бактерии рода *Yersinia*;

микроорганизмы порчи (дрожжи и плесневые грибы, молочнокислые микроорганизмы);

микроорганизмы заквасочной микрофлоры и пробиотические микроорганизмы (молочнокислые микроорганизмы, пропионовокислые микроорганизмы, дрожжи, бифидобактерии, ацидофильные бактерии и др.)

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

Основная часть микроорганизмов, вызывающих порчу продуктов, инактивируется дозами до 6 кГр (Санжарова и др., 2013).

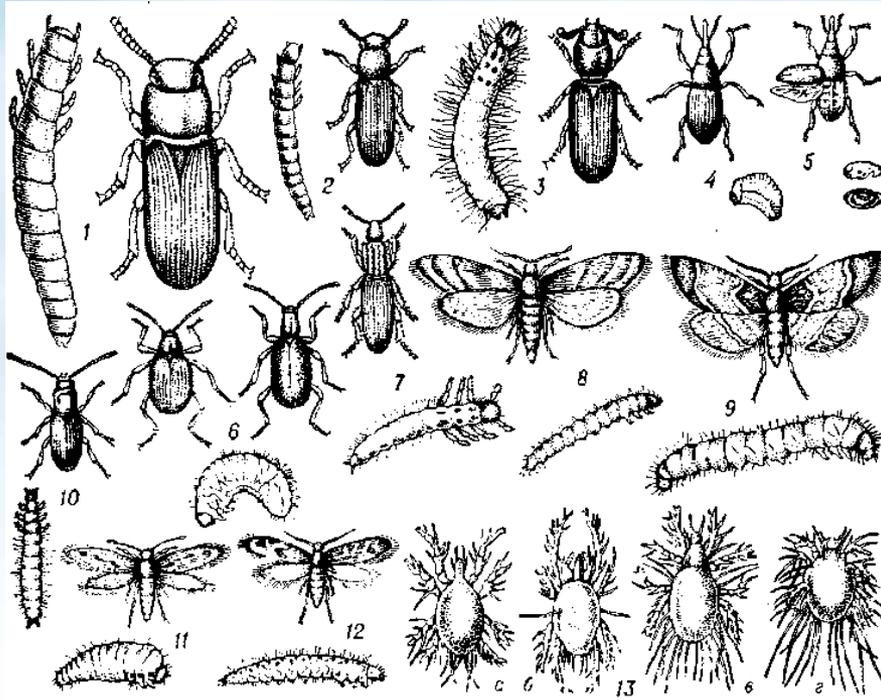
В целом, наиболее радиочувствительны бактерии, затем следуют плесени, дрожжи, споры бактерий и вирусы (Сарапульцев, Гераськин, 1993). Наиболее чувствительны грамотрицательные бактерии. Слабой устойчивостью отличаются психрофильные бактерии. Более устойчивы грамположительные бактерии, особенно некоторые микрококки (Кузин, Каушанский, 1981).



Микроорганизмы	Доза, кГр	Микроорганизмы	Доза, кГр
<i>Salm. Typhimurium</i>	3	<i>Sarcina lutea</i> <i>Bac. Pumilus</i> (споры)	15-17
<i>E. Coli, Str. Faecalis, Shig dysenteriae</i>	6	<i>Bac. Sabtilis</i> (споры), <i>Clostr. Sporogenes</i> (споры), <i>Aspergillus niveus</i>	20
<i>Micobac tuberculosis</i>	10	<i>Clostr. botulinum</i>	90

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

Насекомые-вредители пищевых продуктов.



1. Большой мучной хрущак. 2. Малый мучной хрущак. 3. Мавританская козявка. 4. Амбарный долгоносик. 5. Рисовый долгоносик. 6. Притворяшка-вор. 7. Суринамский мукосел. 8. Мельничная огнёвка. 9. Мучная огнёвка. 10. Рыжий мукосел. 11. Зерновая моль. 12. Хлебная, или амбарная, моль. 13. Клещи: а — мучной; б — хищный; в — удлинённый, г — волосатый.



Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

Рекомендуемые дозы гамма-облучения для предотвращения развития насекомых-вредителей (Анненков, Юдинцева, 1991)

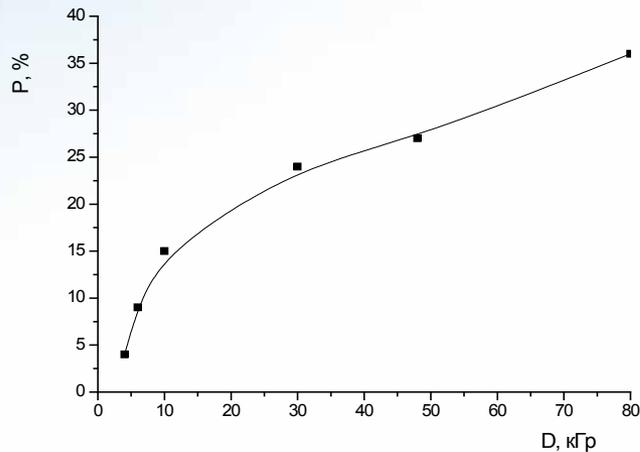
Насекомое-вредитель	Облучаемый материал	Доза, кГр
Мельничная огневка	Мука, крупа, зерно и пр.	0,25
Рисовый долгоносик	Зерно пшеницы, риса и пр.	0,10
Зерновой долгоносик	Зерно	0,16
Комплекс насекомых-вредителей	Зерно, мука, сухофрукты	0,10-0,50

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

3. Определение в продукции компонентов биологического и антропогенного происхождения (микотоксины, фикотоксины, токсичные металлы, радионуклиды, пестициды, их метаболиты и продукты их метаболического распада, нитраты, нитриты и нитрозамины, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), стимуляторы роста сельскохозяйственных животных (гормоны, антибиотики), биологически-активные вещества и другие соединения.

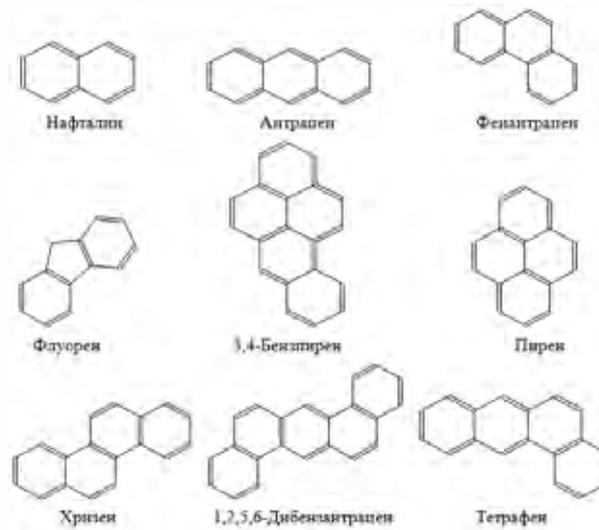
Пестициды

ГХЦГ; ДДЕ, ДДТ
пентахлорциклогексан

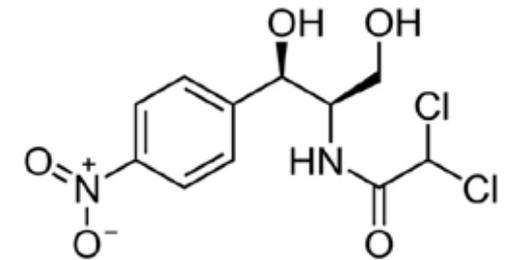


Зависимость степени разложения линдана
(концентрация 4 – 5 ppm) от дозы γ -излучения

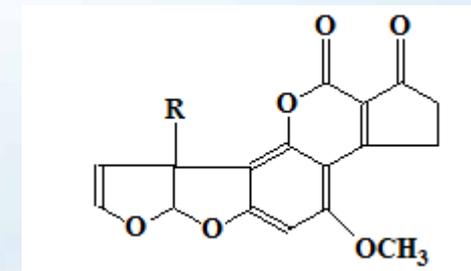
ПАУ



Антибиотики левомецетин



Афлатоксины



Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

4. Подбор оптимальных источников ионизирующего излучения, доз и мощностей доз с учетом исходных специфических характеристик продукта и упаковки.

Радиационную обработку сельскохозяйственной и пищевой продукции в соответствии с Кодексом Алиментариус «Облученные продукты питания» проводят с использованием трех принципиально разных источников ионизирующего излучения:

γ-излучения радиоактивных изотопов ^{60}Co и ^{137}Cs с энергиями 1,25 МэВ и 0,661 МэВ соответственно.

Излучения электронов с энергией, не превышающей 10 МэВ, генерируемых ускорителями электронов. Верхняя граница энергии в 10 МэВ для применения электронного пучка при облучении сельскохозяйственного сырья и продовольственных продуктов была установлена, чтобы избежать любой наведенной радиоактивности.

Тормозного излучения, часто называемого тормозным рентгеновским излучением, с энергией фотонов, **не превышающей 5 МэВ**, генерируемого ускорителями электронов при взаимодействии отрицательно заряженных электронов с материалом мишени-конвертера.

Технические средства для облучения пищевых продуктов и ингредиентов



Гамма- установки:

ГУР-120, с источниками ГИК-7-4, общей активностью ^{60}Co $13,8 \cdot 10^{14}$ Бк.

мощность дозы – 0,1 кГр/час

КСВ-500 с цилиндрической рабочей камерой, радиационные источники - типа ГИК с радиоактивным изотопом ^{60}Co . Суммарная активность облучателя - до 300 кКи.

мощность дозы – 5,4 кГр/час

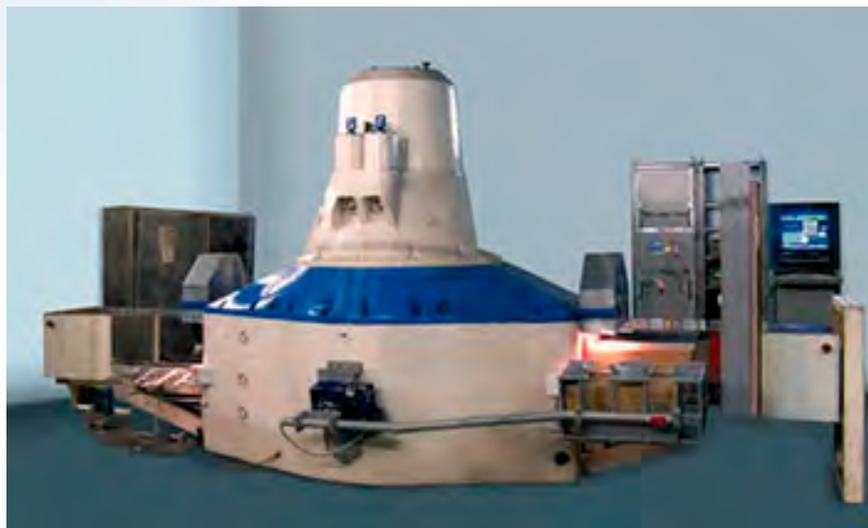


Радиационный стационарный комплекс для облучения продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности с использованием мощной γ -установки (Irradiation..., 2010)

Технические средства для облучения пищевых продуктов и ингредиентов



Общий вид радиационной установки конвейерного типа на основе линейного ускорителя электронов с энергией 10 МэВ (Демский и др., 2013)



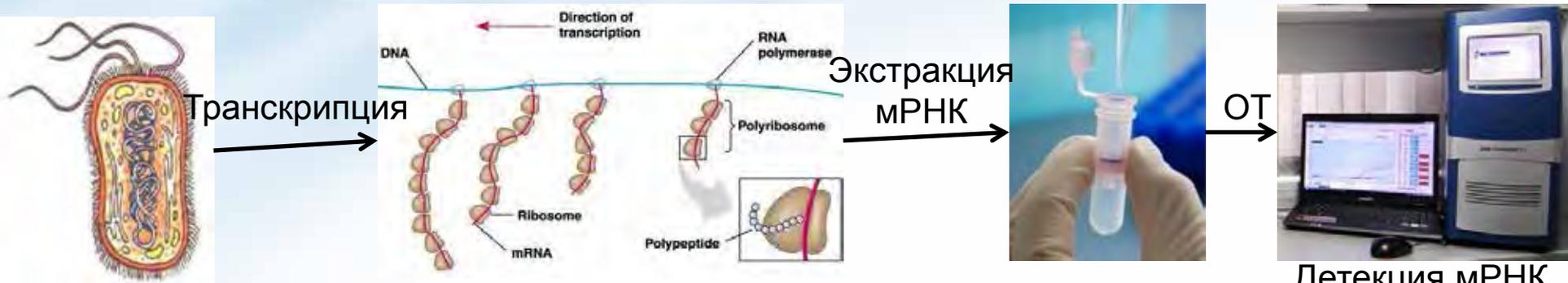
Малогабаритный линейный СВЧ-ускоритель электронов с системами развертки и выпуска пучка ускоренных электронов в атмосферу, локальной биозащитой и системой автоматизированного управления, энергия ускоренных электронов, 5 МэВ, мощность дозы – 1,5 кГр/с

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

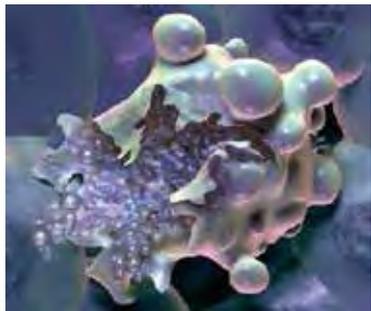
5. Контроль соответствия показателей качества продукции требованиям ГОСТа сразу после радиационной обработки и в течение периода хранения. Выявление продуктов радиолиза при обнаружении стойких органических загрязнителей в продукции.
6. Оценка эффективности радиационной обработки системы сразу после воздействия и в течение периода хранения по показателям микробиологической безопасности (стандартные и экспресс методы: масс-спектрометрический метод определения метаболитического углерода, метод определения содержания мРНК видоспецифичных белков).

Метод определения содержания мРНК видоспецифичных белков микроорганизмов, содержащихся в продукте.

Метод основан на повышенной нестабильности матричной РНК прокариот, период полураспада которой исчисляется минутами.



В случае повреждения бактериальных клеток, синтез мРНК прекращается, а уже синтезированные молекулы мРНК деградируют и не обнаруживаются посредством ПЦР.



Преимущества разрабатываемого метода:

1. Скорость получения результата (1 день)
2. Видоспецифичность

Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

7. Оценка токсичности продукции (методы биотестирования с использованием инфузорий *Paramecium caudatum* и *Tetrahymena pyriformis* (система БиоЛат-3), биотестирование с использованием лабораторных животных).

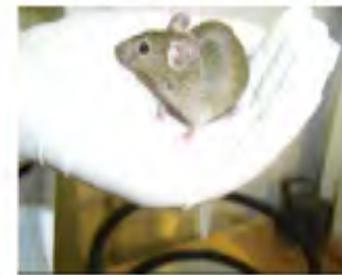
Компактный приборно-вычислительный комплекс для автоматизированного биотестирования с системой визуализации и программным обеспечением для математической обработки данных.

Предназначен для биологической оценки действия кормовых и пищевых продуктов и добавок, с/х сырья растительного и животного происхождения, а также фармацевтических препаратов и БАД.

Биологическая оценка осуществляется с помощью регистрации тест-реакций инфузорий *Paramecium caudatum* и *Tetrahymena pyriformis* на пробы исследуемых объектов.

Тест- объект:

- инфузории Парамеции (*Paramecium caudatum*);
- инфузории Тетрахимена пириформис (*Tetrahymena pyriformis*).



Тестирование на высших животных

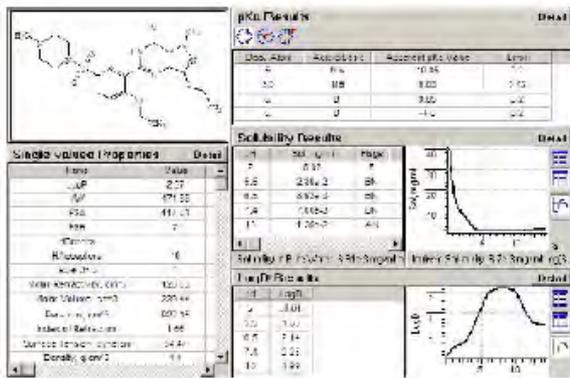
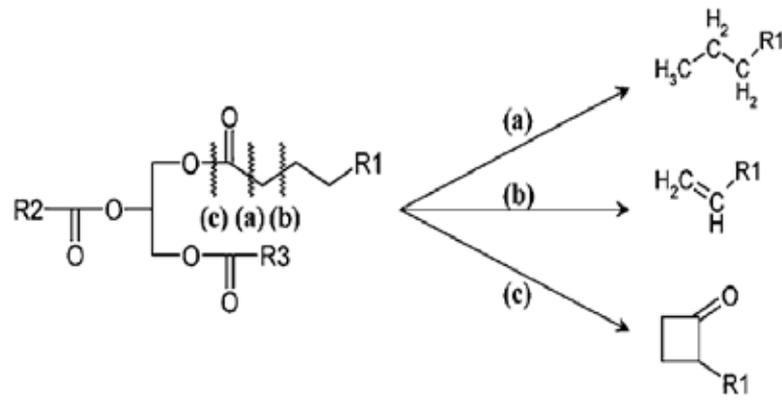
Методология исследований качества и безопасности с/х и пищевой продукции при радиационной обработке

8. Методы идентификации факта использования ионизирующих излучений для обработки продукции (ЭПР-методы, методы определения 2-алкилциклобутатионов в частности 2-dodecylcyclobutanone (2-DCB) — продуктов в жиросодержащей продукции).



Detection of Irradiated Foods

95





РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г.В. Козьмин, С.А. Гераськин, Н.И. Санжарова

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и
агроэкологии

Сентябрь 2015



Характеристика научной проблемы

– Увеличение производства агропромышленной продукции и улучшение ее качества являются одной из важнейших задач обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации, решение которой невозможно без внедрения инновационных технологий, обеспечивающих рост производства продукции, снижение потерь при ее хранении и переработке.



- Основные причины потерь (до 40%) связаны с поражением зерновых культур насекомыми-вредителями, преждевременным прорастанием корнеплодов, бактериальной порчей муки, мяса, рыбы и других продуктов питания в процессе хранения.
- В современных технологических процессах, как правило, применяют химическую обработку сельскохозяйственной и пищевой продукции, использование которой сопряжено с негативными побочными явлениями. Необходимо внедрение более эффективных и экологически безопасных технологий, среди которых наиболее перспективными являются технологии на основе применения ионизирующих и неионизирующих излучений.



Основные компетенции РТ

Во ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии разработаны научные основы применения радиационных технологий в агропромышленном производстве.

Эти же компетенции достигаются при использовании УФ- и СВЧ-излучений

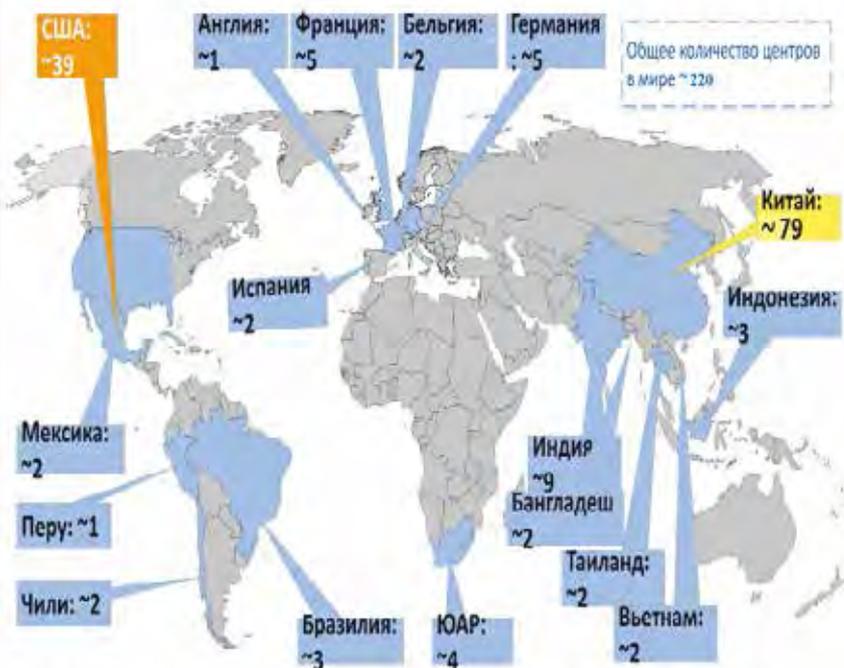
Функция	Доза (кГр)	Облученные продукты
Низкая доза (до 1 кГр)		
Стимуляция семян	0,003-0,04	Семена с/х культур
Задержка прорастания	0,05 – 0,15	Картофель, лук и т.п.
Дезинсекция	0,15 – 1,0	Зерно, крупы, мука, сушеные фрукты
Задержка созревания	0,2 – 1,0	Свежие фрукты
Средняя доза (1 – 10 кГр) (Радисидация, радуризация)		
Увеличение срока годности	0,5 – 3,0	Фрукты, овощи, мясо
Стерилизация	0,3 – 6,0	Пищевая продукция
Стерилизация	5 - 10	Специи и др.
Высокая доза (10 – 50 кГр) (Радаппертизация)		
Глубокая стерилизация	30 – 50	Пищевая продукция



Объем рынка РТ и глобальная конкурентоспособность

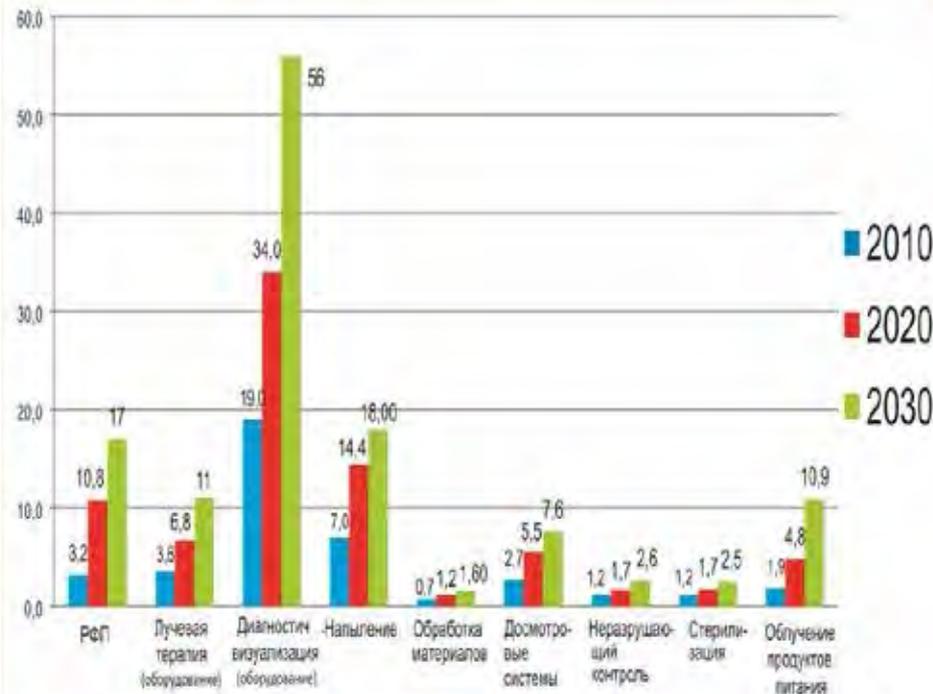
Пищевая промышленность и сельское хозяйство – третий сегмент радиационных технологий по объему мирового рынка РТ

Глобальная ситуация с применением лучевой обработки продуктов питания и использованием РТ в сельском хозяйстве



Более 50% центров облучения продуктов питания расположены в США и Китае

Прогноз до 2030 года - активный рост "традиционных" и открытие новых масштабных рынков применения РТ



Источники: Центр стратегических разработок «Северо-Запад» на базе G4, TriMark Publications LLC, Frost&Sullivan, отраслевые ежегодные отчеты Varian, IBA, Siemens (2010-2011), докладов OECD/NEA, докладов МАГАТЭ (IAEA).



ROSATOM
OVERSEAS

Участие России в международном рынке РТ

- В нашей стране имеются многочисленные научные разработки и предпосылки для внедрения РТ в агропромышленное производство России и других стран.
- Более 60% радиационных центров Китая использует российские ускорители электронов
- В настоящее время Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» позиционирует усиление направления неэнергетического использования достижений атомной науки и техники в различных сферах человеческой деятельности. Предполагается, что доля Госкорпорации «Росатом» на мировом рынке РТ должна резко возрасти (в настоящее время она равна 3%).
- 26.09.2014 подписан проект по созданию сети центров радиационной стерилизации в Индии с участием ЗАО «Росатом Оверсиз» – дочернего предприятия Госкорпорации «Росатом», созданного с целью развития международного бизнеса



Научная проблема. Исторические этапы создания РТ в РФ

- В СССР исследования в области практического применения РТ в сельском хозяйстве и пищевой промышленности в 50-ые гг. активно велись в Институте микробиологии АН СССР (чл.-кор. РАН М.Н. Мейсель), Институте биофизики АН СССР (чл.-кор. РАН А.М. Кузин) и ВНИИ консервной и овощесушильной промышленности РАСХН
- В 70-80-ые гг. координация исследований в области создания РТ осуществлялась под руководством академика РАН Р.М. Алексахина
- В настоящее время во ВНИИРАЭ разработаны научные основы применения РТ в сельском хозяйстве и издана монография «Радиационные технологии в сельском хозяйстве и пищевой промышленности»

М.Н. Мейсель



А.М. Кузин



Р.М. Алексахин





Проблемы РТ, требующие дальнейших исследований

- Возможно ли найти такую дозу, которая одновременно позволяла бы обеспечить нескольких компетенций РТ?
- Дозы до 3 кГр не способны обеспечить полную инактивацию типичных микроорганизмов, вызывающих порчу продукта. Однако, при такой дозе облучения порча продукта при различных способах хранения наступает во всех случаях раньше, чем начнет продуцироваться токсин ботулина.
- Дозы от 25 до 100 Гр могут повреждать такие продукты как латук, артишоки и некоторые неплодовые растения
- Радиационная обработка обеспечивает подавление жизнедеятельности микроскопических плесневых грибов только при высоких дозах на уровне 5 кГр.
- Даже эти дозы недостаточны для радиолиза микотоксинов.



Проблема радиолиза органических соединений

Продукты питания

Источник
необходимых
веществ

Пищевые вещества
Макроэлементы
Микроэлементы
Биологически активные
вещества

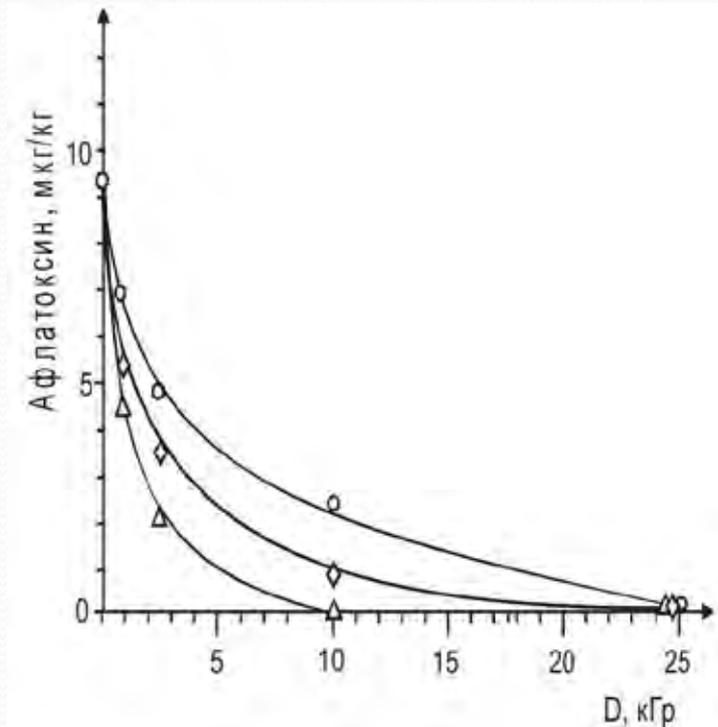
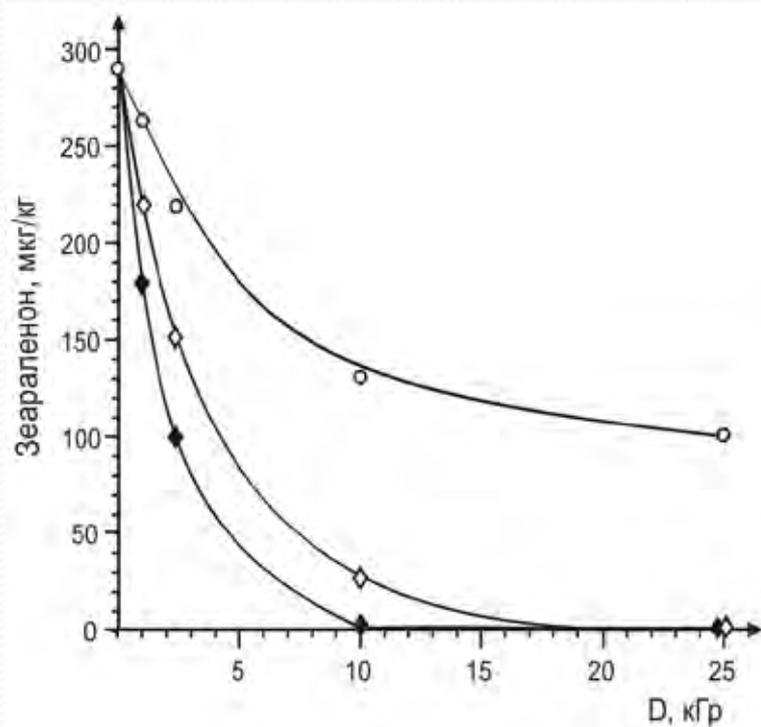
Источник
загрязняющих
веществ

Радионуклиды
Ядохимикаты
Ксенобиотики
Биологические
загрязнители (вирусы,
микроорганизмы...)



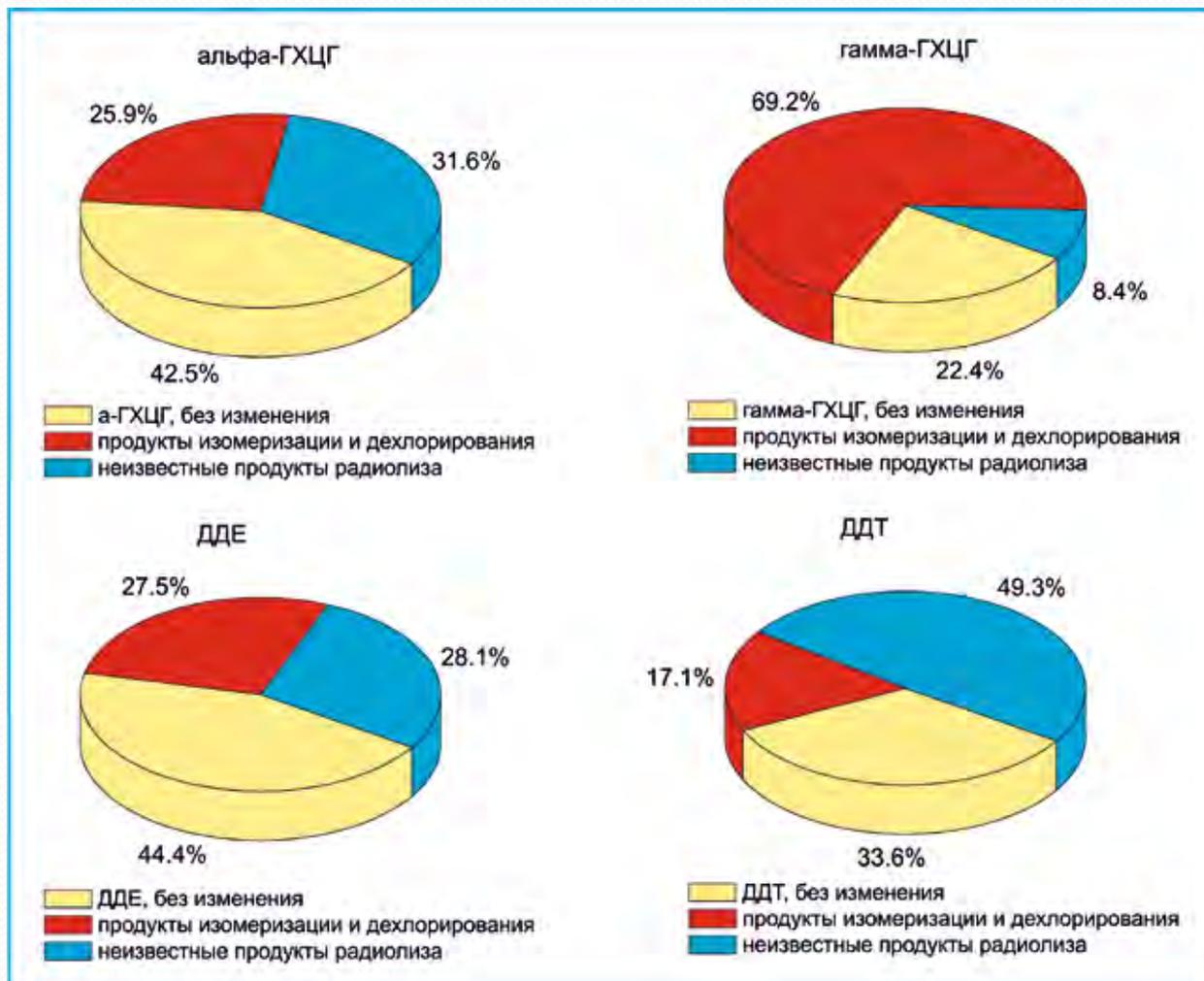
Облучение продуктов, зараженных микотоксинами (зерно) и фикотоксинами (моллюски, рыба)

Зависимость концентрации микотоксинов от поглощенной дозы гамма-излучения при облучении зараженных зерен ячменя (сухих – верхняя кривая, с влажностью 20% – средняя кривая) и водного раствора (нижняя кривая) (Мамедов, 2013)





Образование токсических соединений в облученной продукции, загрязненной СОЗ (Мельникова Т.В., Полякова Л.П., Козьмин Г.В., 2003) Д=10 кГр





Облучение готовой к употреблению пищи сопряжено с радиоллизом огромного количества консервантов и пищевых добавок



НОМЕР	ГРУППА	ДЕЙСТВИЕ	ОПАСНЫ	ЗАПРЕЩЕНЫ
E 100-182	Красители	Усиливают или восстанавливают цвет.	E 102, 104, 110, 120, 122, 124, 128, 129, 131-133, 142, 151, 150, 153-155, 160, 171, 173-175, 180	E 103, 105, 111, 121, 123, 125-127, 130, 152
E 200-299	Консерванты	Удлиняют срок хранения, защищая от порчи, вызванной микроорганизмами.	E 201, 210, 212-215, 219, 220, 222-224, 226, 227, 228, 230-233, 236-239, 239, 241, 242, 249-252, 270, 280-283	E 211, 216, 217, 240
E 300-399	Антиокислители	Действуют аналогично консервантам: защищают продукты от порчи, вызванной окислением (например, жиры – от прогоркания), и сохраняют цвет.	E 310-312, 320, 321, 338-341, 343	
E 400-499	Стабилизаторы Загустители	Сохраняют заданную консистенцию продукта. Повышают вязкость.	E 400-405, 450-454, 461-463, 465-466, 477	
E 500-599	Эмульгаторы	Действуют подобно стабилизаторам – поддерживают однородную смесь при применении несмешиваемых веществ (например, масла и воды).	E 501-503, 510, 513, 527	
E 600-689	Усилители вкуса и запаха	Усиливают природный вкус или запах продукта.	E 620, 621, 626-637	
E 700-899	Резервные номера	Эти добавки пока не применяются		
E 900-999	Пеногасители Заменители сахара	Предупреждают или снижают образование пены. Вещества несахарной природы, придающие продуктам сладкий вкус.	E 907, 926, 951, 952, 954, 957	E 924a, 924b, 952



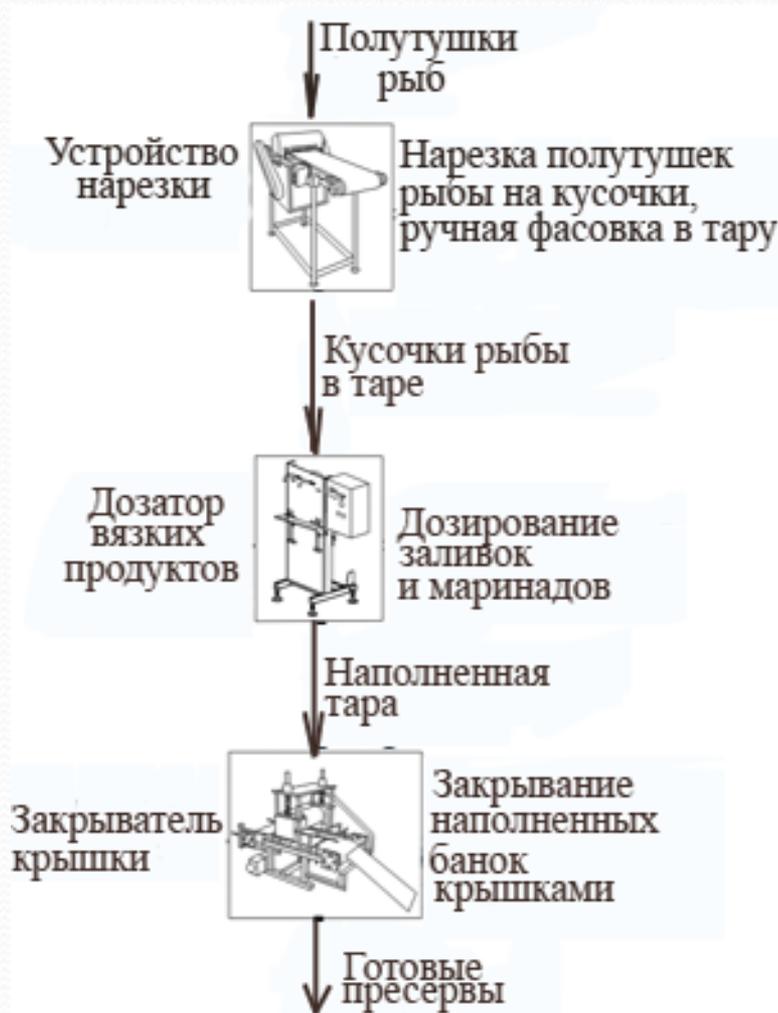
Исследования в целях разработки технологий по радиационной обработке продукции агропромышленного производства должны предполагать:

- **Выполнение действующих национальных технических регламентов, отечественных и международных стандартов по производству и переработке продукции агропромышленного производства**
- **Анализ встраивания радиационной обработки в систему ХАССП (Hazard analysis and critical control points)**
- **Исследования показателей качества облученной продукции в соответствии с требованиями технических регламентов**





Технологические проблемы. Варианты встраивания облучения в технологические процессы и систему ХАСПП



← Облучение исходных продуктов и ингредиентов на входе

← Облучение, встроенное в технологический процесс

← Облучение готового продукта
Требует введение дополнительной контрольной точки в систему ХАССП



Результаты НИОКР. ВНИИСХРАЭ



**γ- установка ГУР-120 для
облучения продуктов и семян
Стерилизация, дезинсекция,
хранение, стимуляция**



**УФ-установка
Облучение семян
Стимуляция**



**УФ-установка
Облучение клубней
картофеля и корнеклубнеплодов
Стерилизация, хранение**



**СВЧ-установка УМОС-02.
Облучение сыпучей продукции
Стерилизация, дезинсекция и сушка.
Хранение**



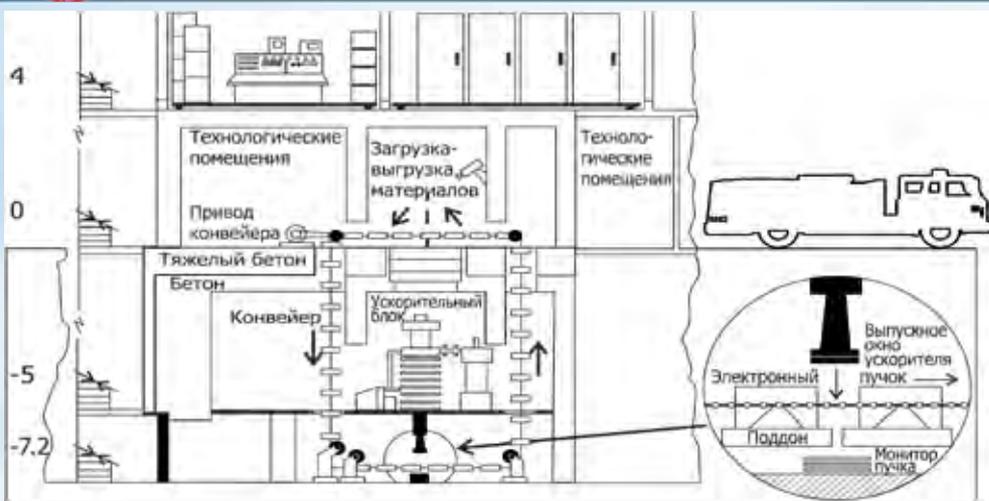
**СВЧ-излучатель. Уничтожение
жука-точильщика. Дезинсекция**



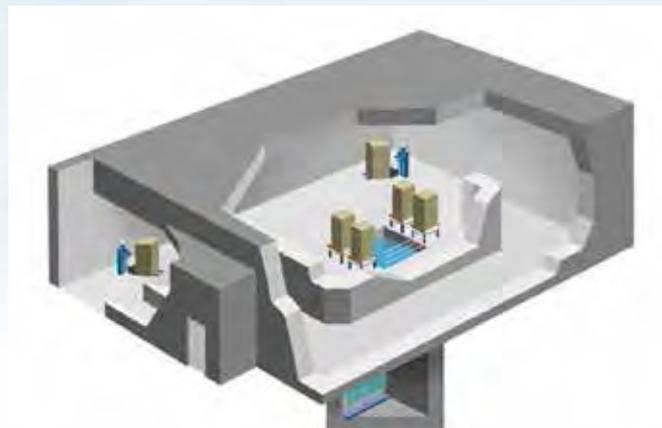
**СВЧ-установка. Роспуск меда
перед продажей**



Целевой рынок и конкуренция



Радиационный комплекс (УЭЛВ-10-10) ГНУ «ОИЭиЯИ – Сосны» НАН Беларуси. Стерилизация, дезинсекция с/х продукции



Радиационный комплекс «Nordion» (Канада) γ - установка. Стерилизация в пищевой промышленности



СВ4- установка ООО «Флагман СВ» (Украина). Сушка, стерилизация



СВ4- установка завод «Генератор» (Украина). Стимуляция семян



УФ- установка компании ХЭЛКО (Украина). Стимуляция семян



Современное научно-методическое обеспечение РТ

- Разработка инновационных агробiotехнологий с использованием факторов физической природы находится в поле зрения таких крупных научных центров как: Институт пищевых технологий (США), Лаборатория пищевой химии и технологии Университета Иоаннины (Греция), Токийский университет (Япония), Национальный институт науки и технологии (Филиппины), Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной радиологии и биотехнологии (Гана), Сельскохозяйственный университет (Болгария), Университет сельского хозяйства (Польша), Институт электрофизики и радиационных технологий (Украина), Институт радиационных проблем (Азербайджан), Лаборатория радиационных технологий в пищевой промышленности Атомного научного центра им. Хоми Джахангира Баба (Индия), Институт пищевой промышленности и радиобиологии (Бангладеш), ГНУ «ОИЭиЯИ–Сосны» НАН Беларуси и др.



Результаты исследований: фундаментальные монографии и нормативные документы по радиационной обработке продукции сельского хозяйства и пищевой промышленности

- Irradiation of Food Commodities: Techniques, Applications, Detection, Legislation, Safety and Consumer Opinion / ed. Ioannis S. Arvanitoyannis. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Oxford, Paris, San Diego, San Francisco (USA), Singapore, Sydney, Tokyo. Academic Press is an imprint of Elsevier. 2010. 710 p.
- Кодекс Алиментариус. Облученные продукты питания. Совместная программа ФАО/ВОЗ по стандартам на пищевые продукты. М.: Весь Мир, 2007
- Кодекс международных стандартов по радиационной обработке различного ассортимента агропромышленной и пищевой продукции
- Многочисленные рекомендации МАГАТЭ по облучению пищевых продуктов
- Национальные стандарты США (ASTM), Европы (EN) и других стран
- Statement Summarizing the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels. European Food Safety Authority // EFSA Journal 2011. 9(4): 2107



Современное состояние РТ в Российской Федерации

- Внедрение инновационных агробιοтехнологий с использованием ионизирующих и неионизирующих излучений в Российской Федерации сдерживается недостаточным развитием научно-методической, технической и нормативной базы, современных технологических регламентов облучения.
- Национальные стандарты Российской Федерации ГОСТ Р ИСО/АСТМ 51900-2013 «Руководство по дозиметрии при исследовании влияния радиации на пищевые и сельскохозяйственные продукты» и ГОСТ Р ИСО/АСТМ 51204-2012 «Руководство по дозиметрии при обработке пищевых продуктов гамма-излучением».
- Требуется экспериментальная апробация технологических процессов радиационной обработки, их модернизация с учетом современных научно-технических достижений и международных нормативных требований, корректировка режимов облучения и номенклатуры продукции, предназначенной для облучения.



Логистика ПНИЭР в целях коммерциализации РТ

- **Цель настоящей работы** заключается в разработке дорожной карты внедрения в агропромышленное производство Российской Федерации прорывных экологически безопасных радиационных агробiotехнологий, гарантирующих фитосанитарную и микробиологическую безопасность аграрной продукции, увеличение сроков ее хранения и повышение урожая сельскохозяйственных культур.
- **Задачами работы являются:**
 - Экономическое обоснование и выбор приоритетных для внедрения компетенций технологических процессов, оценка полноты научно-методического обеспечения и нормативного регулирования.
 - Разработка национальных стандартов и технологических регламентов радиационной обработки тех видов продукции, для которых в достаточной мере апробированы и внедрены в зарубежную и отечественную практику режимы облучения, обеспечивающие достижение искомого результата.
 - Разработка и модернизация средств облучения, научные исследования и экспериментальная апробация технологий радиационной обработки продукции с оценкой качества и безопасности облученных продуктов.
 - Разработка геоинформационной системы поддержки принятия решений и предложений по созданию на территории Российской Федерации сети радиационных центров для коммерциализации РТ агропромышленного профиля.
 - Коммерциализация радиационных технологий



Логистика фундаментальных исследований

- Изучение механизмов и закономерностей биологического действия ионизирующих излучений, фотобиологического действия коротковолнового УФ-излучения, теплового и специфического действия СВЧ-излучения, вызывающих стимуляцию и ингибирование биологических процессов на разных иерархических уровнях организации биологических систем.
- Исследования показателей микробиологической безопасности, фитогормонального статуса посевного материала, пищевой ценности и качества облученных продуктов питания, характеристик токсичности вторичных продуктов радиолиза в зависимости от дозиметрических параметров облучения.
- Создание наукоемких радиационных технологий на основе разработки технических устройств, обеспечивающих облучение ионизирующим, ультрафиолетовым и СВЧ излучениями, органически встроенными в процессы технологической переработки сельскохозяйственной и пищевой продукции.



**X Юбилейная Российская научная конференция
«Радиационная защита и радиационная безопасность в
ядерных технологиях»
(22-25 сентября 2015 г., Москва, Обнинск)**

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА ОТ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

**И.И. Крышев, Т.Г. Сазыкина (ФГБУ «НПО «Тайфун»
Росгидромета Минприроды России)
М.В. Ведерникова (ИБРАЭ РАН)**



Актуальность проблемы

Постановлением Правительства РФ от 19 октября 2012 г. № 1069 (Приложение 2 «Критерии отнесения радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам и к удаляемым радиоактивным отходам») в составе критериальной формулы для отнесения к особым РАО задан **«совокупный размер возможного вреда окружающей среде в случае захоронения таких радиоактивных отходов»**



Особенности методологии оценки экологического ущерба

- Гармонизация с международными нормативно-методическими документами (МАГАТЭ, МКРЗ, НКДАР ООН)
- Использование в качестве базовых нормативно-методических документов РФ (ФЗ об охране ОС, методики Минприроды России и др.)
- Консервативность оценки экологического ущерба



Алгоритм оценки экологического ущерба

Шаг 1. Анализ данных мониторинга

Анализируются и обобщаются данные наблюдений за мощностью дозы внешнего гамма-облучения, удельными и объемными активностями радионуклидов в компонентах окружающей среды в районе ЯРОО.

В случае отсутствия данных мониторинга выполняются оценки при помощи радиозэкологических моделей.



Алгоритм оценки экологического ущерба

Шаг 2. Выбор референтных организмов

Производится обоснование и выбор референтных (представительных) организмов для оценки радиационного воздействия в соответствии с рекомендациями МКРЗ из следующих объектов живой природы:

почвенные беспозвоночные, наземные млекопитающие (мыши, олень), травянистая растительность, деревья (сосны), птицы (утка), земноводные (лягушка), макроводоросли, рыба (пелагическая и бентическая), бентос (моллюски, ракообразные), водные млекопитающие.



Алгоритм оценки экологического ущерба

Шаг 3. Оценка мощности дозы для референтных организмов

- Определяются возможные пути и продолжительность облучения референтных организмов.
- Оцениваются значения параметров моделей оценки дозы.
- Выполняются расчеты мощности дозы для референтных организмов с учетом множественных путей радиационного воздействия (внешнего облучения от объектов ОС, внутреннего облучения от радионуклидов, накопленных организмами биоты).
- В случае недостаточности данных мониторинга могут производиться оценки мощности дозы облучения референтных организмов на основе сценариев воздействия.
- Расчеты мощности дозы облучения объектов биоты выполняются в соответствии с публикациями МКРЗ и НКДАР ООН, и методическим рекомендациям Росгидромета (*Рекомендации Р 52.18.820-2015*).



Алгоритм оценки экологического ущерба

Шаг 4. Категоризация радиационно-экологического воздействия

- Осуществляется сравнение величины оцененной мощности дозы для референтных организмов со значением экологически безопасного уровня облучения (БУОБ).
- В соответствии с публикацией 108 МКРЗ и методическими рекомендациями *Р 52.18.820-2015* в качестве консервативного значения БУОБ принимается 1 мГр/сут для млекопитающих, позвоночных животных и сосны, и 10 мГр/сут для организмов растительного мира (кроме сосны) и беспозвоночных животных.
- Если значения мощности дозы оказываются ниже БУОБ, величина радиационного ущерба полагается равной нулю, и дальнейший анализ возможного вреда рассматриваемым объектам не проводится.
- При превышении БУОБ выполняются оценки экологического ущерба, рассчитываемые в соответствии с законодательством РФ об охране окружающей среды.



Радиационная безопасность окружающей среды

- Один из первых критериев в регламентации радиационного воздействия на биоту был предложен в работе (*NCRP, 1991*). Согласно этой работе мощность дозы хронического облучения, при не превышении которой обеспечивается радиационная безопасность водной биоты, составляет **10 мГр/сут**.
- В дальнейшем в качестве безопасного (порогового) уровня радиационного воздействия на биоту предлагалось использовать значения мощности дозы в диапазоне **1-10 мГр/сут** (*IAEA, 1992; UN, 2011*).
- В работе (*Sazykina et al., 2009*) на основе анализа обширного массива экспериментальных данных о зависимости «мощность дозы – эффект» методами непараметрической статистики показано, что **пороговая мощность дозы снижения продолжительности жизни при хроническом облучении позвоночных организмов составляет 1 мГр/сут**



Алгоритм оценки экологического ущерба

Шаг 5. Экономическая оценка ущерба от вреда ОС

В соответствии с Федеральным законом об охране окружающей среды 7-ФЗ (статья 1) под вредом окружающей среде понимается негативное изменение окружающей среды в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов.

Оценка ущерба от возможного вреда окружающей среде, в районе ЯРОО производится по критерию сохранения благоприятной окружающей среды .



Алгоритм оценки ущерба ОС

Шаг 5. Для оценки возможного вреда окружающей среде используются нормативно-методические документы:

- **Методика** исчисления размера вреда, причиненного объектам животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания. Утверждена Приказом МПР РФ от 28 апреля 2008 г. N 107 (с изменениями и дополнениями от 12.12.2012). М., 2008.
- **Методика** оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира и нарушения среды их обитания. М., Госкомэкологии России, 2000.
- **Об исчислении** размера вреда, причиненного лесам вследствие нарушения Лесного законодательства. Постановление Правительства РФ от 8 мая 2007 г. N 273 (в ред. Постановления Правительства РФ от 26.11.2007 N 806). М., 2007.
- **Таксы** для исчисления размера вреда, причиненного объектам растительного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, и среде их обитания вследствие нарушения законодательства в области охраны окружающей среды и природопользования. Утверждены Приказом Минприроды России от 1 августа 2011 г. N 658. М., 2011.
- **Методика** исчисления размера вреда, причиненного охотничьим ресурсам. Утверждена Приказом Минприроды России от 8 декабря 2011 г. N 948 г. М., 2011.
- **Методика** исчисления размера вреда, причиненного водным биологическим ресурсам. Приложение к приказу Росрыболовства от 25.11.2011 г. N.1166. М., 2011.



Пример оценки экологического
ущерба от радиоактивного
загрязнения территории
непосредственно примыкающей к
водоему Карачай
(водоем В-9 ПО «Маяк»)



Район расположения ПО «Маяк» и водоема Карачай





Содержание радионуклидов в почве в районе водоема Карачай, кБк/кг в.с.м.

Участок	Cs-137	Sr-90	Pu
Отсыпанная акватория	0,4-10000	2,3-750	0,03-2,5
Прибрежная территория Север	5-6000	15-3000	0,2-8
Юг	8-130	10-160	0,1-0,5
Запад	0,5-3,3	1,7-4,2	0,1-0,2
Восток	50-600	350-1400	0,3-3,6



Выбор референтных организмов

В соответствии с рекомендациями МКРЗ и НКДАР ООН для оценки радиационного воздействия были выбраны следующие референтные организмы:

дождевой червь, мышь, утка, лягушка,
насекомое летающее, змея/уж, трава,
дерево/сосна



Оценки дозовых нагрузок

Расчеты мощности дозы облучения организмов биоты выполнялись в соответствии с публикациями МКРЗ, НКДАР ООН и методическими рекомендациями *P 52.18.820-2015*.

Учитывались следующие пути облучения организмов: внешнее облучение от радионуклидов содержащихся в почве; внутреннее облучение от радионуклидов, накопленных организмами биоты



Оценки дозовых нагрузок

Суммарная мощность дозы

$$D_{i,j} = D_{i,j}^{\text{внутри}} + D_{i,j}^{\text{внеш}}$$



Оценки дозовых нагрузок

Мощность дозы внутреннего облучения

$$D_{i,j}^{\text{внутр}} = DCF_{i,j}^{\text{внутр}} \cdot C_{i,j}$$



Оценки дозовых нагрузок

Мощность дозы внешнего облучения

$$D_{i,j}^{\text{внеш}} = DCF_{i,j}^{\text{внеш}} \cdot C_i \cdot \alpha_j$$



Оценки мощности дозы референтных организмов в районе водоема Карачай

Организмы	МД, мкГр/час	БУОБ, мкГр/час	Частота превышения БУОБ (%)
Дождевой червь	0,4-3130	40	53
Мышь	9-8830	40	82
Утка	4-3000	40	65
Лягушка	4-4330	40	82
Насекомое летающее	0,7-3190	40	59
Змея/уж	46-14220	40	94
Трава	0.8-2160	400	24
Дерево/сосна	2-1780	400	29



Пример оценки ущерба биоте прибрежной зоны водоема Карачай

Размер ущерба от вреда дождевым червям и другим беспозвоночным животным, причиненного радиоактивным загрязнением почвы (подстилки) определяется в соответствии с методикой (МПР, 2008) по формуле:

$$В_{почв} = Z_{кр} \times V + НСПб \times S \times K_i + НСиб \times S \times K_i ,$$

где:

- $В_{почв}$ - размер вреда, причиненного среде обитания объектов животного мира, руб.;
- $Z_{кр}$ - затраты на выполнение комплекса работ, связанных с приобретением, транспортировкой и размещением растительного грунта, по замене загрязненной почвы (подстилки); $Z_{кр} = 1000$ руб./м³;
- V - объем загрязненной почвы (подстилки);
- $V = 10000 \text{ м}^2 \times 0,53 \times 0,5 \text{ м} = 2650 \text{ м}^3$;
- $НСПб$ - норматив стоимости почвенных беспозвоночных животных, обитающих на 1 м² земельного участка; $НСПб = 143$ руб./м² для зоны смешанных лесов (МПР, 2008);
- S - площадь земельного участка, на котором уничтожены почва, подстилка и иные местообитания беспозвоночных животных;
- $S = 10000 \text{ м}^2 \times 0,53 = 5300 \text{ м}^2$;
- $НСиб$ - норматив стоимости объектов животного мира, относящихся к иным беспозвоночным животным (непочвенным), исключая беспозвоночных животных, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, $НСиб = 50$ руб./экз.;
- K_i - показатель, учитывающий инфляцию, для оценки в текущем году $K_i = 1$.



Пример оценки ущерба биоте прибрежной зоны водоема Карачай

Размер ущерба от вреда беспозвоночным животным, причиненного радиационным воздействием от загрязнения 1 га почвы (подстилки) и иных местообитаний, составляет:

$$\text{Впочв} = 1000 \text{ руб/м}^3 \times 2650 \text{ м}^3 + 143 \text{ руб/м}^2 \times 5300 \text{ м}^2 + 50 \text{ руб/экз} \times 5300 \text{ м}^2 = 3\,672\,900 \text{ руб.}$$



Пример оценки ущерба биоте в районе водоема Карачай

Размер ущерба от вреда, причиненного радиационным воздействием от загрязнения среды обитания объектов животного мира, не относящихся к беспозвоночным животным, и летающих насекомых, определяется в соответствии с методикой (МПР, 2008) по формуле для каждого вида:

$$Вж = Nсч \cdot NСх \cdot Kи \cdot Kбп + ЗО ,$$

где:

- Вж - размер ущерба от вреда, причиненного радиационным воздействием объектам животного мира, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных;
- Nсч - сокращение численности животных одного вида, кроме почвенных беспозвоночных и иных видов беспозвоночных животных, включая полную потерю численности;
- NС - норматив стоимости объекта животного мира данного вида, определенный в соответствии с (МПР, 2008), руб./экз.;
- ЗО - затраты, необходимые для оценки ущерба, исчисляются на основе данных о стоимости основных видов работ и (или) на основании данных о необходимых и фактически произведенных расходах;
- Kбп - коэффициент учета стоимости будущих поколений животных, безразмерный;
- Kбп = 10 для видов животных, занесенных в Красную книгу Российской Федерации (МПР, 2008); Kбп = 1 для остальных видов животных (за исключением объектов животного мира, отнесенным к объектам охоты и рыболовства); Kи = 1.



Пример оценки ущерба биоте в районе водоема Карачай

Результаты расчетов ущерба от радиационного воздействия на организмы животного мира (кроме беспозвоночных почвы) представлены ниже в таблице.

Кроме референтных организмов расчеты выполнены также и для других организмов животного мира, для которых возможно превышение БУОБ.

В соответствии с расчетными оценками размер ущерба от вреда, причиненного другим объектам животного мира (кроме беспозвоночных почвы) составляет 1138150 руб. на 1 га загрязненной прибрежной территории.



Оценка ущерба для организмов животного мира (кроме беспозвоночных почвы) в районе водоема Карачай в 1 га

Организмы	Численность, экз.	Норматив стоимости, руб/экз.	Частота превышения ЭБУ	Размер ущерба, руб
Мышиные	2000	100	0.82	164 000
Ежовые	50	1000	0,82	41 000
Кротовые	100	100	0,82	8 200
Утки	20	3000	0,65	39 000
Воробьинообразные	500	1000	0,65	325 000
Дятлообразные	10	3500	0.65	22 750
Лягушка	100	100	0,82	8 200
Ящерицы	200	500	0,94	94 000
Змеи	50	3000	0,94	141 000
Насекомые летающие	10000*	50**	0,59	295 000
Итого				1 138 150



Пример оценки ущерба биоте прибрежной зоны водоема Карачай

Размер ущерба от вреда, причиненного лесам вследствие радиационного воздействия, определяется в соответствии с таксами, утвержденными Постановлением правительства РФ от 26.11.2007 г. N.806 (Постановление Правительства РФ 2007) и составляет 1665180 руб на 1 га загрязненной прибрежной территории.

Ущерб травянистой растительности определяется через стоимость затрат на выполнение комплекса работ, связанных с приобретением, транспортировкой и размещением растительного грунта, по замене загрязненной почвы (подстилки) и был определен ранее как часть ущерба от загрязнения среды обитания объектов животного мира.



Оценка ущерба лесу прибрежной территории водоема Карачай площадью 1 га

Объем древесины, м ³	Такса для размера ущерба, руб/м ³	Частота превышения БУОБ	Размер ущерба, руб.
1000	5742	0,29	1 665 180



Пример оценки ущерба биоте в районе водоема Карачай

Итого общий размер ущерба от радиационного воздействия на объекты биоты прибрежной территории водоема Карачай площадью 1 га составляет за период времени от современного состояния водоема и прилегающей территории до момента засыпки водоема и проведения работ по реабилитации загрязненной территории:

3672900 руб. + 1138150 руб. + 1665180 руб. = 6476230 руб. (шесть миллионов четыреста семьдесят шесть тысяч двести тридцать рублей).

При ширине до 30-50 м прибрежной территории водоема Карачай, на которой превышаются экологически безопасные уровни облучения организмов биоты, площадь загрязненной территории составит 6-10 га, а величина ущерба от радиационного воздействия на объекты окружающей среды за указанный выше период интегрально оценивается в 39-65 млн. рублей.



Заключение

- Разработана и апробирована методология оценки экологического ущерба от радиоактивного загрязнения окружающей среды
- Методология оценки экологического ущерба нашла практическое применение при подготовке обосновывающих материалов для принятия решения об отнесении радиоактивных отходов к особым радиоактивным отходам
- Для большинства хранилищ РАО (за исключением водоема Карачай и небольшого числа территорий загрязненных в результате прошлой деятельности ЯРОО) мощности дозы облучения организмов биоты на прилегающей территории не превышают БУОБ, что соответствует пренебрежимому экологическому ущербу.
- Разработанная методология может быть использована в задачах реабилитации территорий подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате прошлой деятельности объектов использования атомной энергии и радиационных аварий, а также при реализации процедуры ОВОС и планировании природоохранных мероприятий в атомной отрасли



РОСАТОМ



Развитие инфраструктуры для проектов экологической ремедиации площадок с урановым наследием на территории стран Европейского экономического союза

В.Л. Латынов

Специалист МЦПП

НОУ ДПО «ЦИПК Росатома»

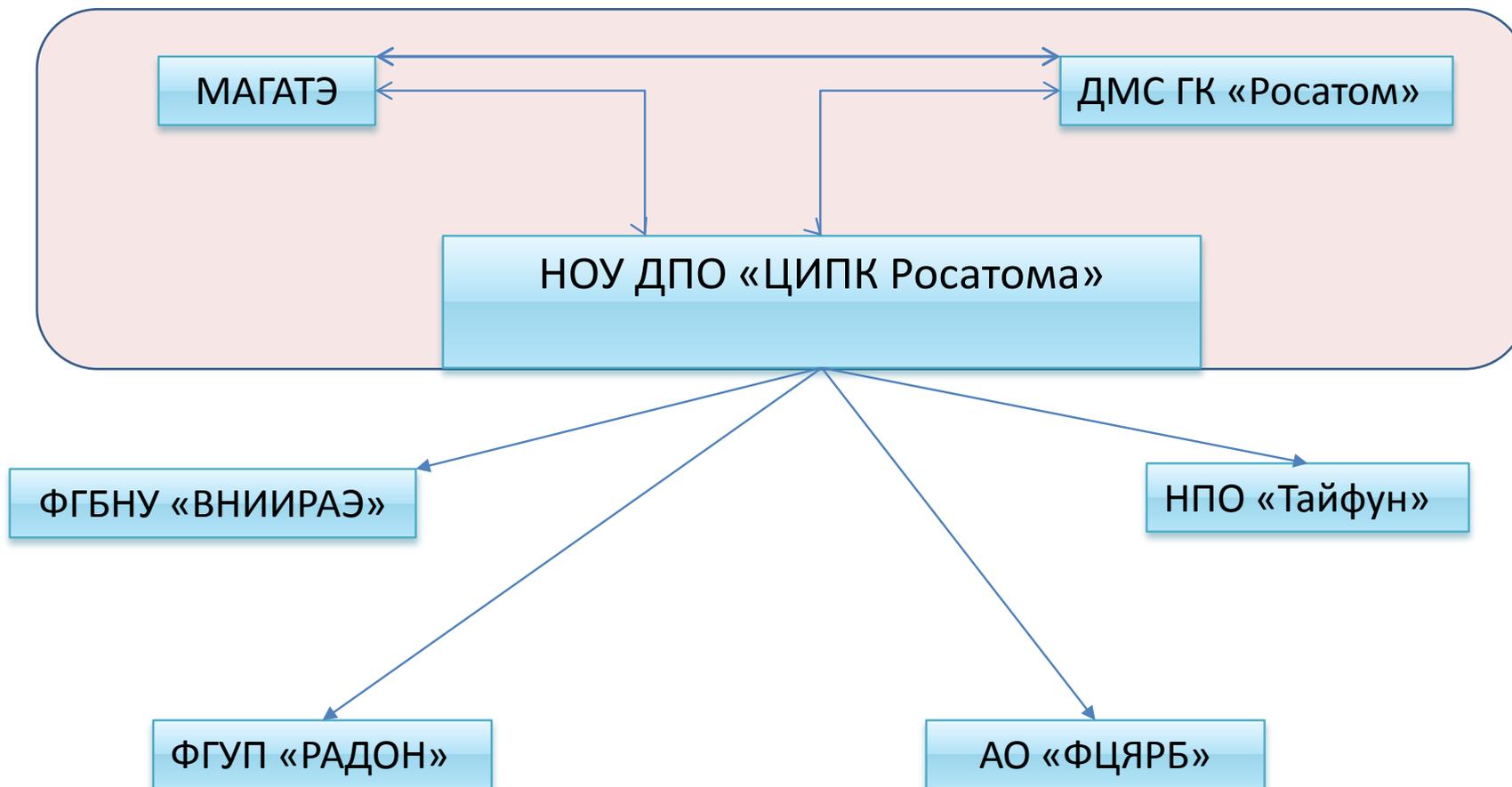
- n **2012 г.** – ДМС ГК «Росатом». Разработка учебного курса «Разработка и реализация комплексных программ рекультивации территорий, подвергшихся воздействию урановых производств»
- n **01.01.2014 г.** – Региональный проект МАГАТЭ RER/7/006 «Создание потенциала для разработки и осуществления комплексных программ реабилитации районов добычи урана»
- n **Цель проекта** – развитие компетенций по управлению проектами ремедиации, мониторинга и эксплуатации территорий, подвергшихся влиянию урановых производств

- n **Географический охват** – Беларусь, Казахстан, Кыргызстан, Россия, Таджикистан, Узбекистан, Украина.
- n **Основной элемент проекта в 2014-2015 гг.** – разработка учебной программы и УММ, проведение для 4-х групп слушателей двухнедельного учебного курса «Разработка и реализация комплексных программ ремедиации территорий, подвергшихся воздействию урановых производств».
- n Курсы организуются и проводятся **НОУ ДПО «ЦИПК Росатома»** в сотрудничестве с МАГАТЭ и российскими организациями (ВНИИРАЭ, НПО «Тайфун», ФГУП «Радон», ЕАЭС).

Общая длительность одного учебного курса – 72 часа (2 недели)

№	Название раздела курса	Часов
1	Ремедиация окружающей среды. Воздействие уранодобывающих производств на окружающую среду	22
2	Планирование ремедиации территорий бывших объектов добычи урана	12
3	Осуществление программ ремедиации и управление ими	21
4	Управление после проведения ремедиации	16
5	Итоговый контроль	1

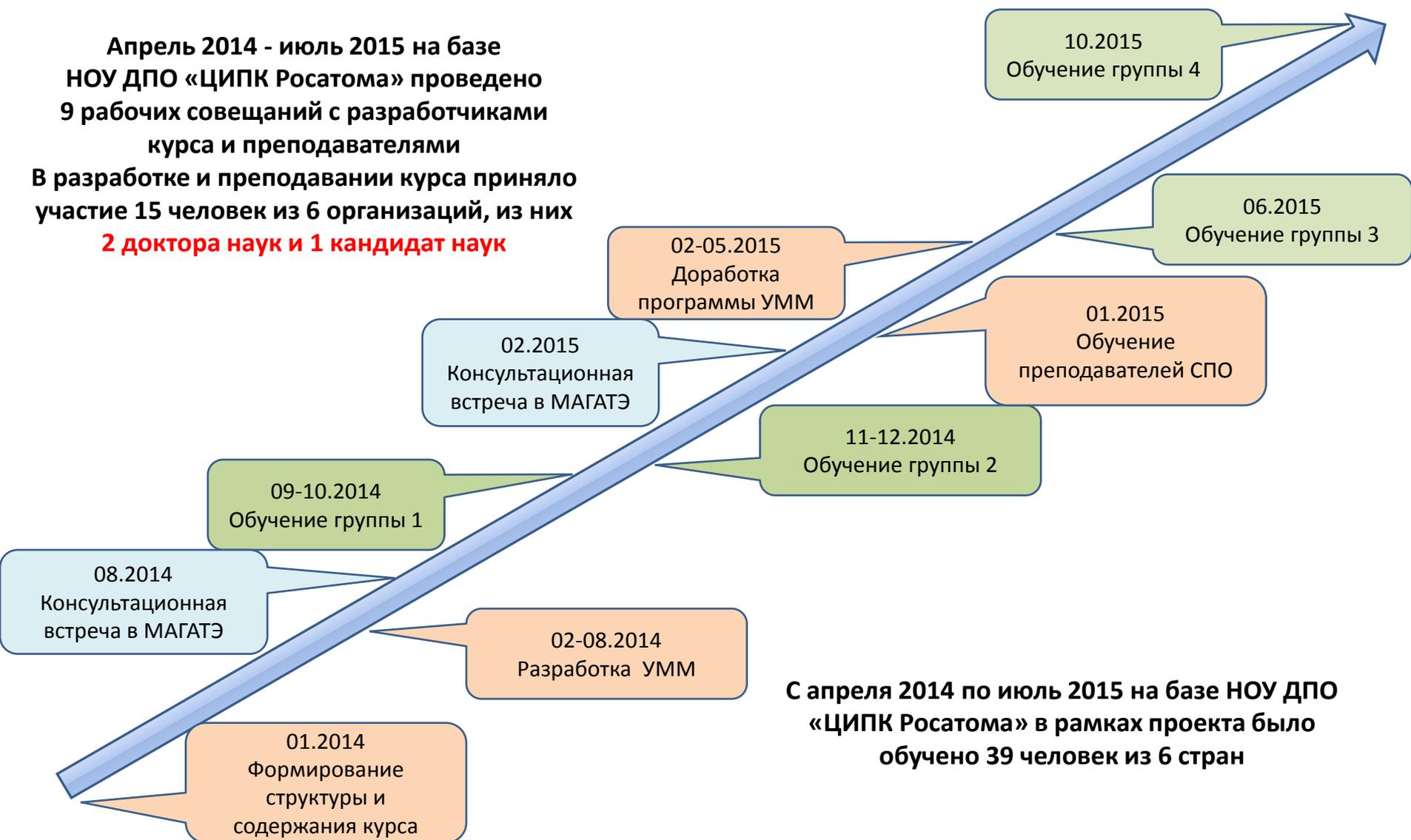
Организационная схема проекта RER/7/006



Реализация проекта RER/7/006, 2014-2015 гг.

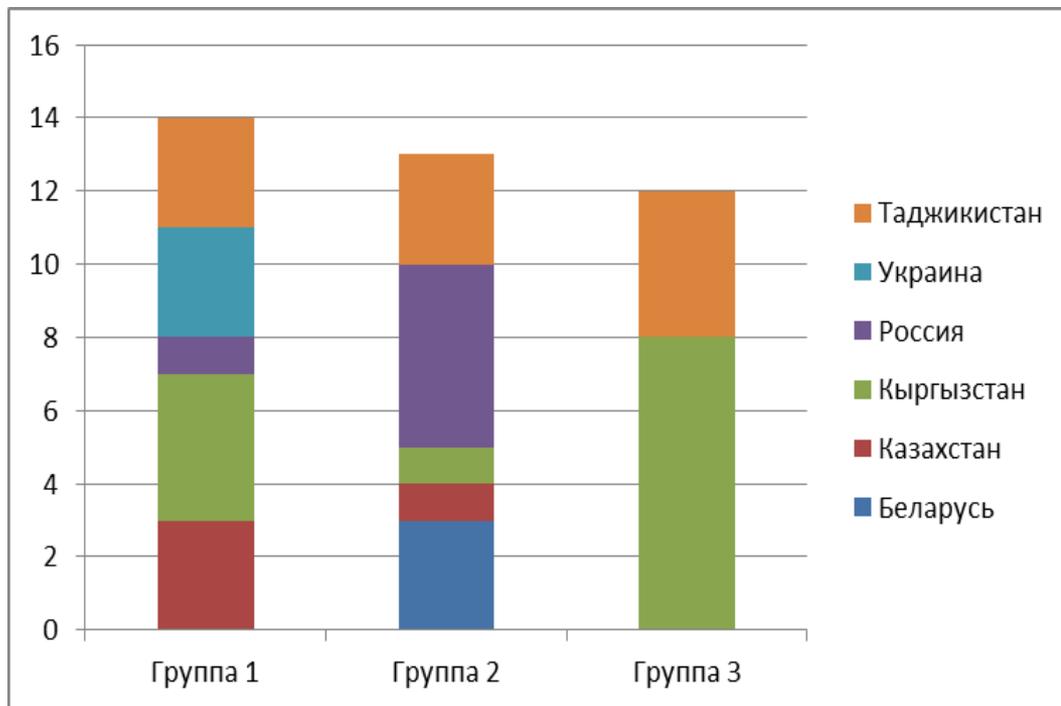
Апрель 2014 - июль 2015 на базе
НОУ ДПО «ЦИПК Росатома» проведено
9 рабочих совещаний с разработчиками
курса и преподавателями

В разработке и преподавании курса приняло
участие 15 человек из 6 организаций, из них
2 доктора наук и 1 кандидат наук



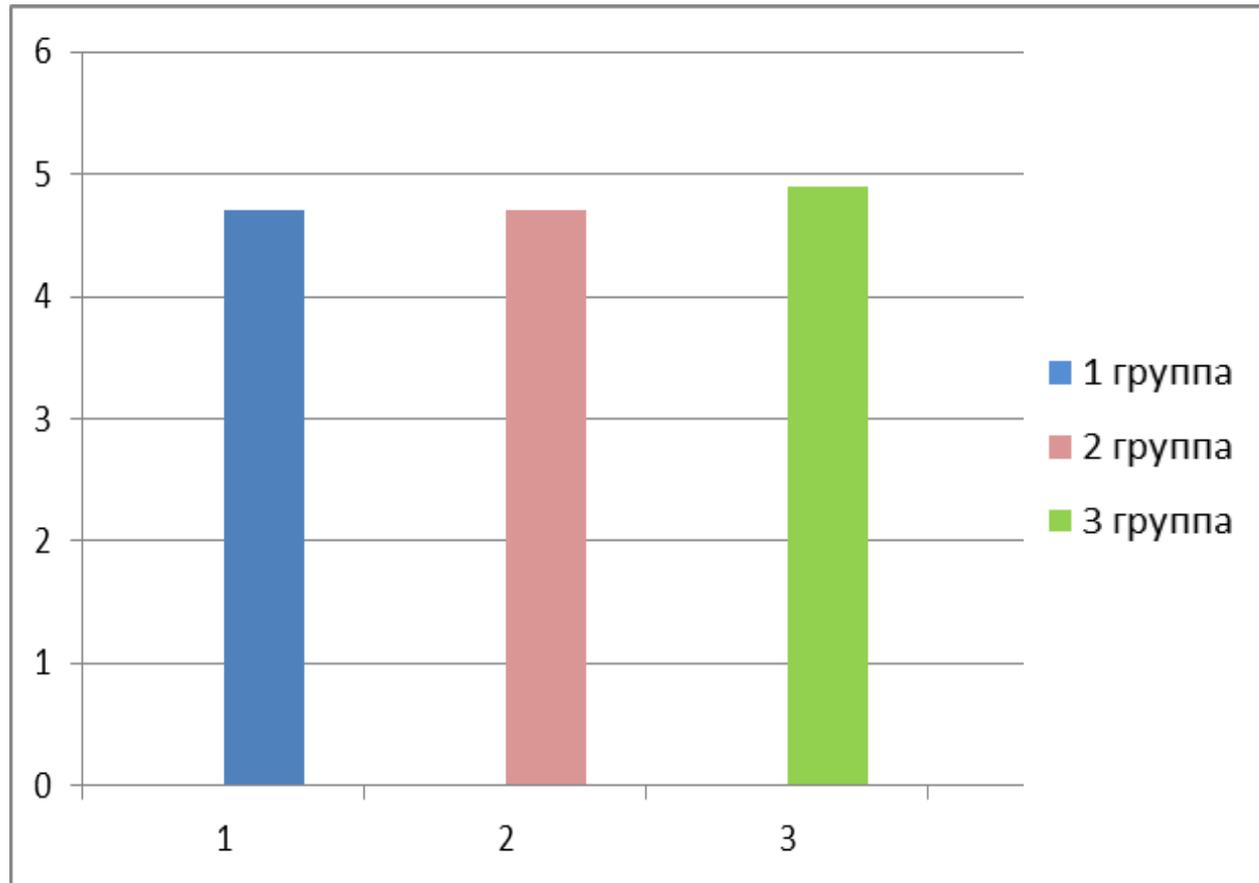
С апреля 2014 по июль 2015 на базе НОУ ДПО
«ЦИПК Росатома» в рамках проекта было
обучено 39 человек из 6 стран

Национальный состав обученных по группам



	Группа 1	Группа 2	Группа 3
Беларусь	0	3	0
Казахстан	3	1	0
Кыргызстан	4	1	8
Россия	1	5	0
Украина	3	0	0
Таджикистан	3	3	4
ИТОГО	14	13	12

Общая оценка учебного курса слушателями



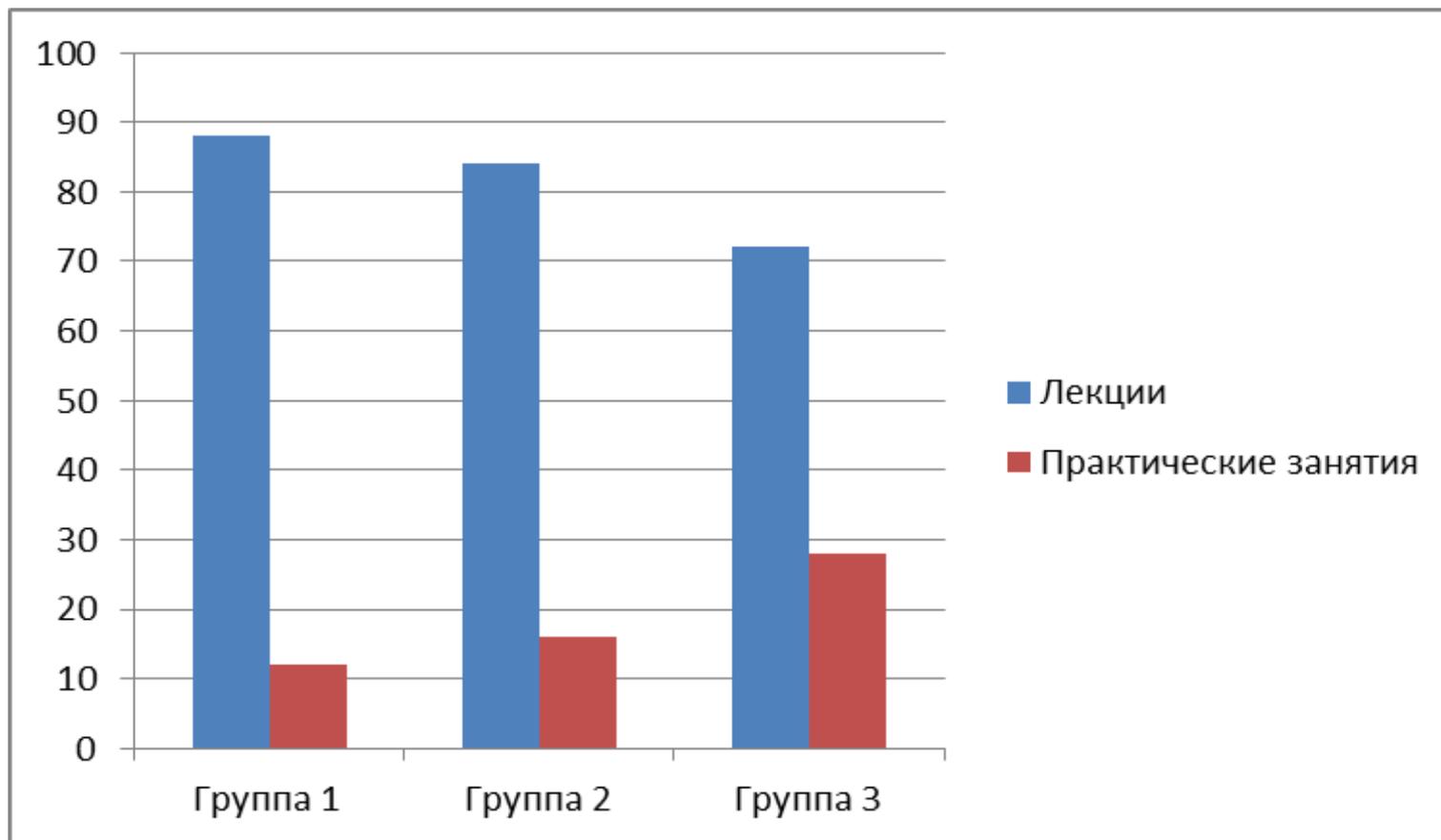
Предложения слушателей по совершенствованию курса

По завершения учебных занятий проводится анкетирование слушателей и круглый стол по итогам обучения. На основе анализа обратной связи НОУ ДПО «ЦИПК Росатома» формулирует направления для совершенствования курса, которые обсуждаются с представителями заказчика и кураторами курса

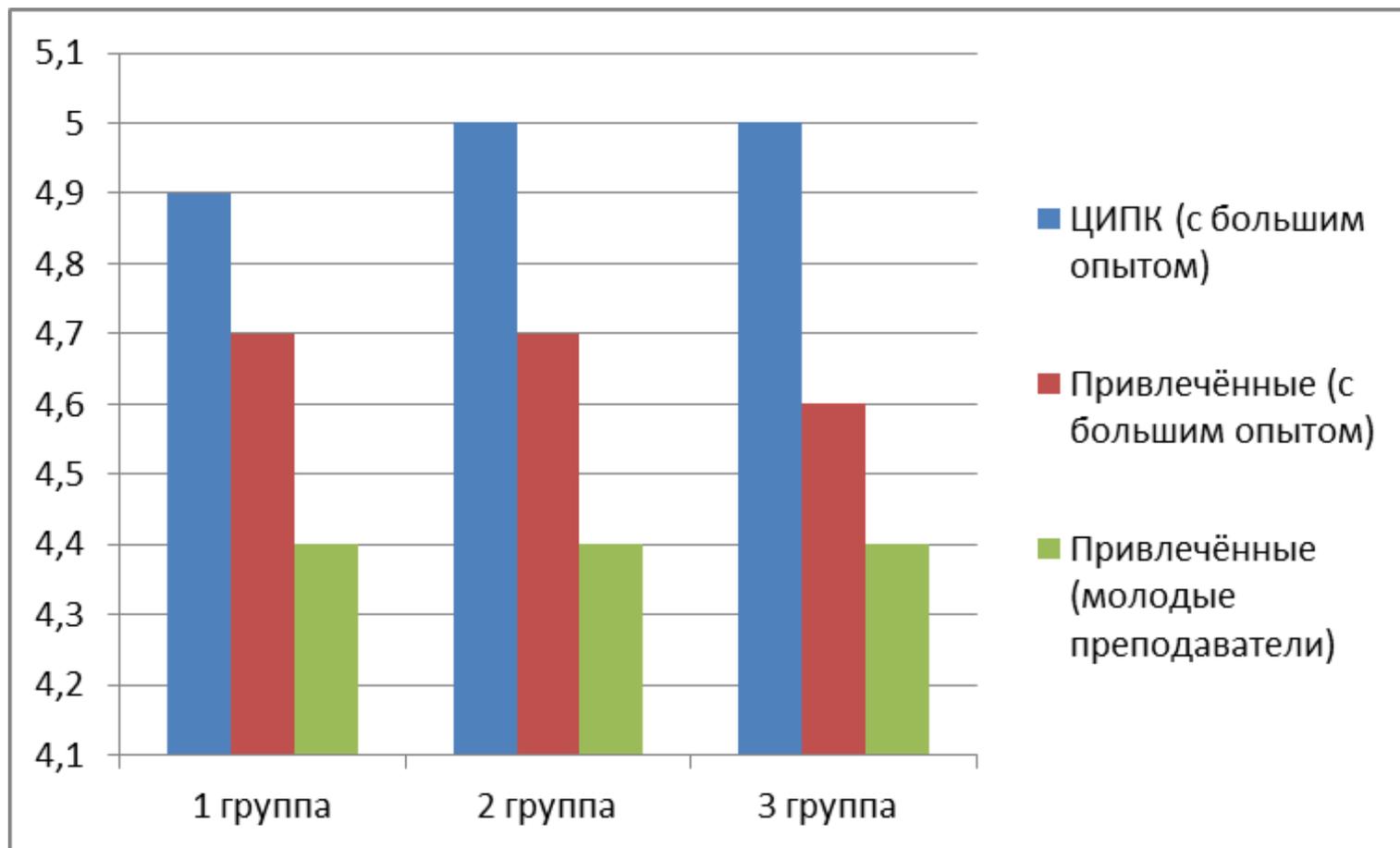
Группа слушателей	Содержание замечаний и предложений			
	Усиление практической направленности	Увеличение времени для обучения	Более глубокая проработка отдельных тем курса	Более активное вовлечение слушателей, диалог с преподавателем
Группа 1	а		а	а
Группа 2	а			
Группа 3	а	а		

Усиление практической направленности курса

Увеличение доли практических занятий – кейс-стади, тренинги, упражнения (в % от длительности курса)



Оценка преподавателей слушателями



Направления совершенствования курса

Определяются с учётом

Предложения слушателей

Мнение представителей МАГАТЭ

Новые документы МАГАТЭ

Новый опыт преподавателей

Основные направления развития

Усиление практической направленности

Углубление содержания отдельных учебных модулей

Разработка углубленных курсов по наиболее актуальным направлениям

Основные инструменты, используемые НОУ ДПО «ЦИПК Росатома»

Регулярная актуализация курса

Регулярное проведение рабочих совещаний

Привлечение к преподаванию экспертов МАГАТЭ

Обратная связь со слушателями, прошедшими обучение

- n Результаты обучения 3-х групп показали, что курс востребован
- n Курс рассматривается МАГАТЭ, как база для углубленной подготовки специалистов по ремедиации и выводу из эксплуатации
- n На совещании в МАГАТЭ (02.2015 г.) определены направления для разработки двухнедельных углубленных курсов
 - § ремедиация поверхностных и подземных вод
 - § стабилизация форм рельефа
 - § планирование и управление проектами ремедиации
 - § взаимодействие со стейкхолдерами

- n По инициативе Секретариата МАГАТЭ прорабатывается вопрос о продлении RER/7/006 на 2016-2017 гг.
 - n Национальные координаторы в мае 2015 г. отобрали проект для рассмотрения на совете управляющих МАГАТЭ
 - n Совет управляющих запланирован на сентябрь 2015 г.
-

- n Опыт реализации курса также рассматривается, как потенциальная основа для создания «Школы ремедиации», в рамках которой будет преподаваться 10-месячный учебный курс с последующей сертификацией выпускников



ОПЫТ ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ РЕМЕДИАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ ГОСУДАРСТВ СРЕДНЕЙ АЗИИ, ПОДВЕРГШИХСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ УРАНОВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

К.б.н. Н.Е. Латынова

В.Л. Латынов

Характеристика объектов уранового наследия



отвалы добычи



хвостохранилища



седименты в отстойниках

Средне-и мелкодисперсный песок или илистая фракция после размола и экстракции рудного материала с высокой активностью ^{226}Ra , ^{230}Th , ^{210}Pb , ^{210}Po ,...а также остаточным количеством урана с относительно низкими концентрациями в хвостах и почти равновесным содержанием U и Ra в отвалах обедненных руд.

Отходы производства и осадки очистки загрязненных вод могут содержать металлы As, Y, Bi, Fe, Cu, Cd, Mn и другие компоненты.

Объекты Уранового наследия государств Центральной Азии



Таджикистан
5566 млн т
Узбекистан
1882 тыс куб м
Кыргызстан
11900 тыс куб м
Казахстан
168640,4 тыс куб м



Общие особенности формирования объектов уранового наследия

- Разрыв экономических связей между производствами по добыче и по переработке урана, снижение заказов но производство урана привели к вынужденному прекращению добычи и переработки урановых руд.
- Фаза вывода из эксплуатации и, соответственно, ресурсы не были предусмотрены.
- Существовавшая регуляторная база не позволяла эффективно и безопасно вывести из эксплуатации закрытые производства.
- Многие бывшие производства остались «без хозяина»



Майлуу-Суу, КР



Необходимость решения проблем усугубляется следующими обстоятельствами:

- n «Хвосты» и радиационно-опасные объекты остались «бесхозными»
- n Площадки уранового наследия представляют опасность:
 - р открытые колодцы, вентиляционные шахты,
 - р открытые траншеи, нестабильные склоны отвалов и хвостов, ..
- n Объекты являются радиационно-опасными:
 - р радиоактивные отвалы и хвосты часто не имеют покрытия
 - р радон,
 - р радиоактивная вода, ...
- n Радиоактивные и токсичные вещества активно мигрируют с площадок уранового наследия
 - р поверхностный и подземный сток
 - р пыление
 - р эрозия



Эрозия, золоотвалы КИГ



Табошар, ТAD отвалы

Основные пути облучения

- n внешнее облучение, вызванное загрязнением почвы
- n **облучение внутри и снаружи зданий;**
- n аэрозольное загрязнение внутри и снаружи зданий
- n облучение за счет возможного прямого поступления загрязненных частичек грунта с пищей;
- n **содержание радионуклидов в воде** и продуктах питания, которые выращены с использованием загрязненных вод для полива;
- n облучение за счет ингаляционного поступления радионуклидов с аэрозолями при вдыхании, в том числе от Rn-222 и продуктов распада ^{238}U , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb и ^{228}Th .

n Один из важнейших путей облучения – поверхностные воды



Результаты исследований МАГАТЭ

Потенциальные дозы облучения за счет потребления загрязненных вод могут быть значительными, а материалы хвостов могут распространяться на большие расстояния с селевыми и водными потоками

Hazard	Exposure	Dose Sv/y	
		Min	Max
Mine water	Drinking	8.2E-04	1.3E-03
	Ingestion of contaminated vegetables	6.6E-05	1.1E-04
Uranium pit water	Drinking	9.4E-04	1.7E-03
Tailing's water	Ingestion of contaminated milk	1.5E-05	2.5E-05
	Ingestion of contaminated meat	8.3E-06	1.4E-05



Tailing materials washed out to the river side due to mudflow



Uranium mine waters used for cattle water place



Gamma dose rate 2,0-3,0 $\mu\text{Sv h}^{-1}$

Проблемы, возникающие при реализации проектов по ремедиации

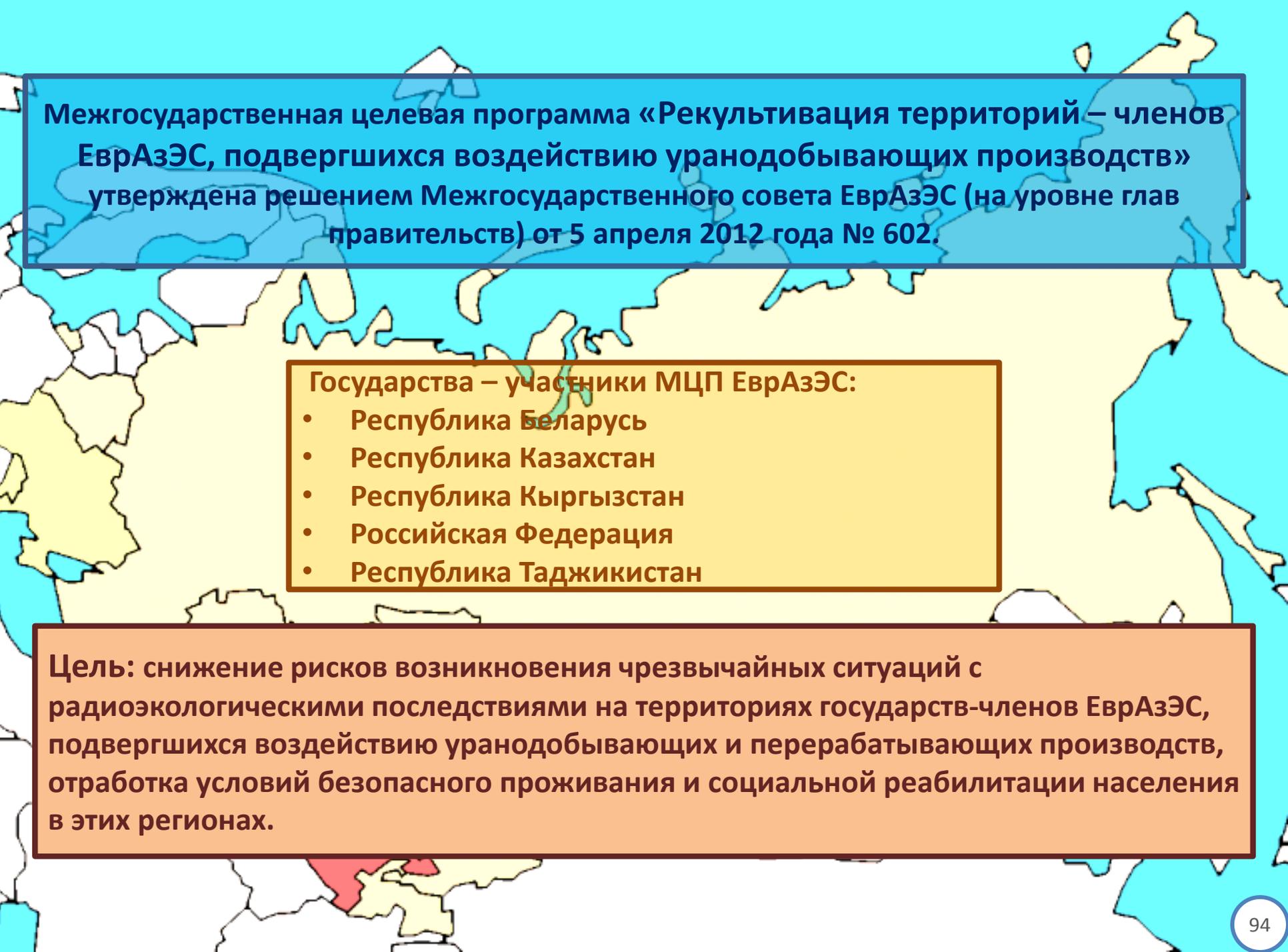
Перечень основных проблем и особенностей

- n Финансы
- n Кадры
- n Оборудование
- n Доступ к новым технологиям
- n Взаимодействие с местным населением
- n Планирование и менеджмент проектов ремедиации

Особенности объектов уранового наследия ЦА

- р Горная местность, непосредственно вблизи населенных пунктов.
- р Сейсмически и селеопасный регион.
- р Высокая вероятность размыва горными реками и селями
- р Население использует материал укрытия хвостохранилищ и отвалов бедных руд для строительных нужд.





Межгосударственная целевая программа «Рекультивация территорий – членов ЕврАзЭС, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств» утверждена решением Межгосударственного совета ЕврАзЭС (на уровне глав правительств) от 5 апреля 2012 года № 602.

Государства – участники МЦП ЕврАзЭС:

- Республика Беларусь
- Республика Казахстан
- Республика Кыргызстан
- Российская Федерация
- Республика Таджикистан

Цель: снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций с радиоэкологическими последствиями на территориях государств-членов ЕврАзЭС, подвергшихся воздействию уранодобывающих и перерабатывающих производств, отработка условий безопасного проживания и социальной реабилитации населения в этих регионах.

Проекты Регионального технического сотрудничества МАГАТЭ в странах Центральной Азии

RER/7/006 (2014 – 2016) Создание потенциала для разработки и внедрения интегрированных программ ремедиации

территорий, подвергшихся воздействию урановых производств

RER/9/122 (2012 – 2015) Управление безопасностью на площадках уранового наследия

«ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПОСАДОЧНОЙ ОБРАБОТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ПРОДУКТАМИ ПЕРЕРАБОТКИ, ПОЛУЧЕННЫМИ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Н.Н. Лой¹, Н.И. Санжарова¹,
А.А. Кузнецов², А.А. Молин², В.А. Винокуров³

¹ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск

²ООО «Центр «Атоммед», г. Москва

³ФГБОУ ВПО РГУНГ им. И.М. Губкина, г. Москва

Цель исследований

Изучение влияния предпосадочной обработки клубней продуктами переработки, полученными в результате гидролиза радиационно обработанного сырья (доза 100 кГр) при получении биотоплива (ППГРОС), на урожай картофеля сорта Елизавета

**Объект исследований:
картофель сорта «Елизавета»**



Схема полевого опыта

№ п/п	Вариант
1	контроль
2	$1 \cdot 10^{-7}$
3	$1 \cdot 10^{-9}$
4	$1 \cdot 10^{-11}$
5	$1 \cdot 10^{-13}$
6	$1 \cdot 10^{-15}$

Примечание:

- | Повторность 6-кратная
- | Тип почвы дерново-подзолистая супесчаная







Морфометрические показатели

Вариант	Высота растений картофеля (см), среднее значение по:			
	повторности			варианту
	1	2	3	
К	24,80	36,45	32,78	31,34
$1 \cdot 10^{-7}$	24,42	30,57	28,58	27,86
$1 \cdot 10^{-9}$	24,50	26,81	24,91	25,41
$1 \cdot 10^{-11}$	22,96	26,83	25,54	25,11
$1 \cdot 10^{-13}$	26,48	26,48	27,80	26,92
$1 \cdot 10^{-15}$	28,76	33,28	30,26	30,77
$НСР_{05}$				0,49

Таблица 1. Влияние предпосадочной обработки клубней органическими кислотами на высоту растений картофеля сорта Елизавета

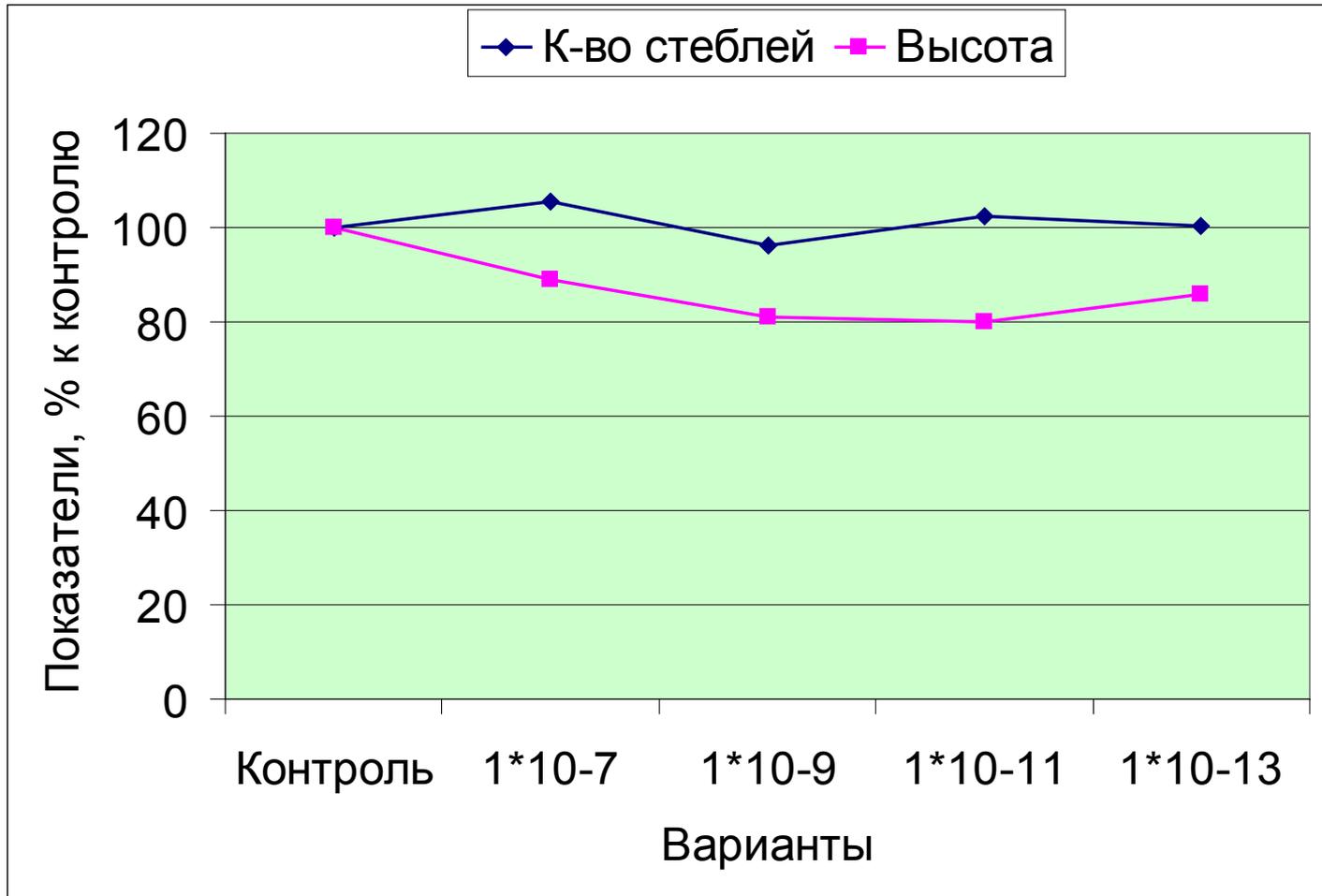


Рис. 1. Влияние предпосадочной обработки клубней СОК на высоту растений и количество стеблей картофеля

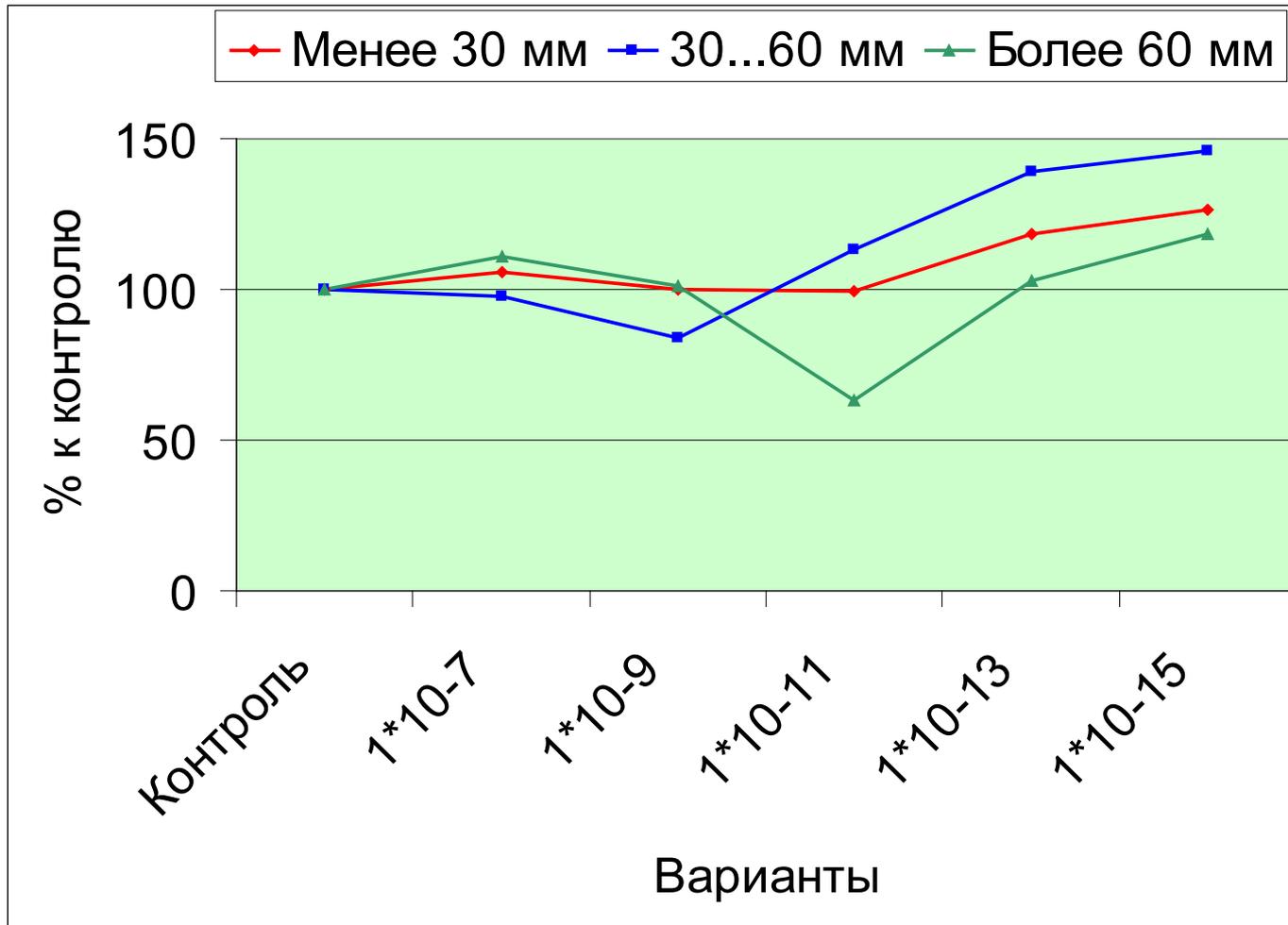


Рис. 2. Фракционный состав клубней

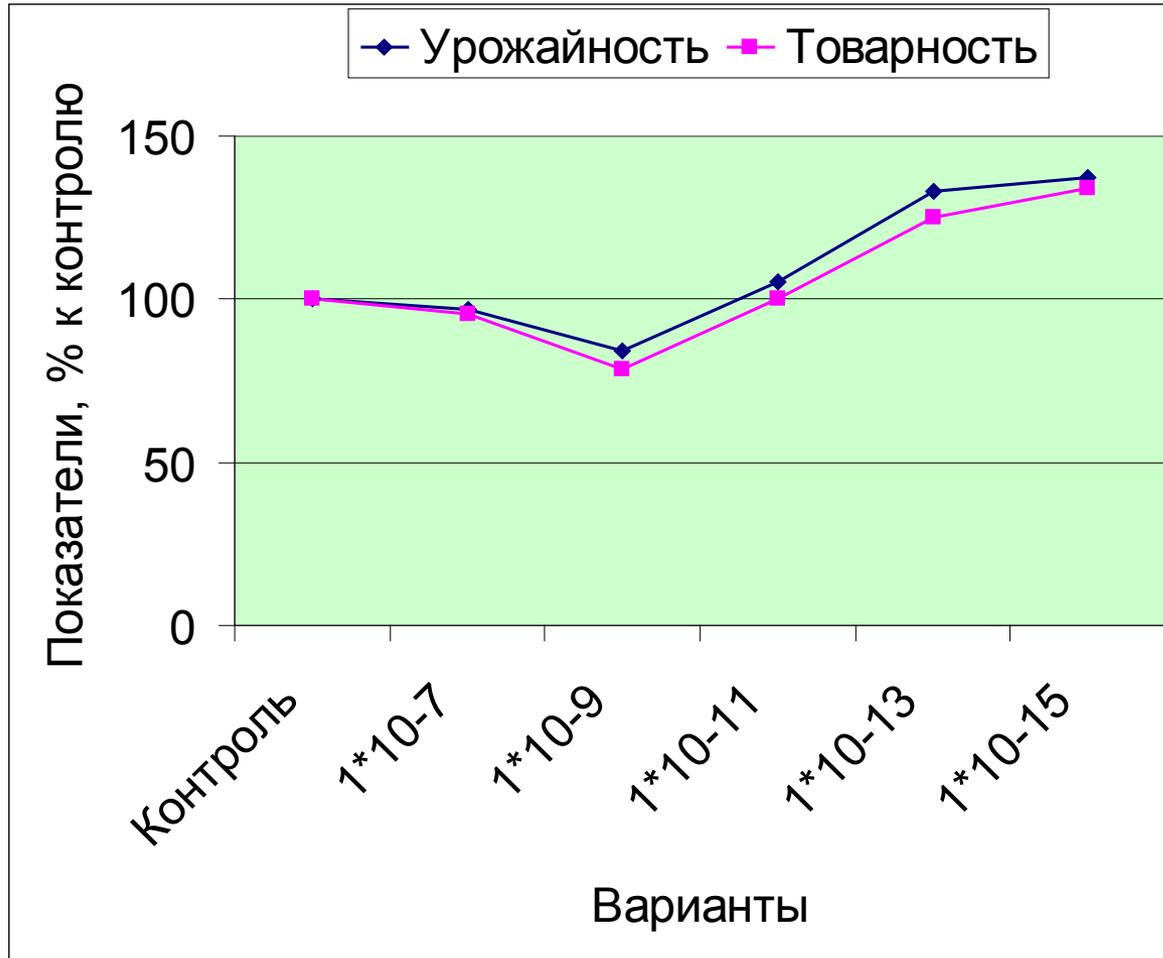


Рис. 3. Влияние обработки клубней СОК на урожайность и товарность картофеля

Выводы:

- | Применение обработки клубней СОК, способствовало увеличению урожайности картофеля сорта Елизавета на 13,5...34%. Наибольший стимулирующий эффект на урожайность картофеля оказала обработка СОК в концентрации 1*10-13 и 1*10-15%.
- | Использование СОК в низких концентрациях для предпосевной обработки семян повышало товарность клубней картофеля на 24,9...33,8%.
- | Продукты переработки, полученные в результате гидролиза радиационно обработанного сырья (доза 100 кГр) при получении биотоплива обладают ростостимулирующим действием и могут использоваться в качестве регулятора роста растений при возделывании сельскохозяйственных культур.



**Федеральное государственное унитарное предприятие
"Крыловский государственный научный центр"**

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ И ПОДЪЕМЕ ЗАТОПЛЕННЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЦЕЛЯХ РЕАБИЛИТАЦИИ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ

Н.Л. Кучин, А.И. Лайкин, Ю.В. Михеев

Крыловский государственный научный центр, г. Санкт-Петербург

X Российская научная конференция
«Радиационная защита и радиационная безопасность в ядерных технологиях»

г. Обнинск 24 сентября 2015 г.



Экологическая реабилитация акваторий арктических морей

1959 - 1993 г.г. затопление
ядерно и радиационно-опасных объектов

- ▶ нарушению целостности барьеров безопасности при ударе о грунт
- ▶ коррозионное разрушение корпусных конструкций при подъеме и транспортировке к месту утилизации



Приемлемый уровень экологической безопасности

- допустимый предел возможных отрицательных последствий воздействия на природную среду подводных объектов и операций выполняемых с ними
- особенности облучения человека, связанного с загрязнением морской среды
- основные пути и факторы радиационного воздействия;
- выбор допустимых уровней радиоактивного загрязнения воды в месте затопления ядерно и радиационно-опасных морских объектов для ограничения облучения персонала, занятого в работах



Пути радиационного воздействия на персонал

- ингаляционного поступления радионуклидов внутрь организма человека
- внешнее облучение с учётом экранировки излучения естественными экранами
- вода, дно и донные осадки при подводных работах



Мощность эффективной дозы облучения (Зв/с) по различным путям воздействия при объёмной активности каждого радионуклида в морской воде 1 Бк/м³.

Нуклид	Ингаляционное поступление за счёт морских аэрозолей	Внешнее облучение			
		При работах на судах, баржах и т.п.	При подводных работах		
			Вода	Дно на расстоянии 1,0 м	Взмученные донные осадки с концентрацией 1 мг/л
Mn-54	$5,75 \cdot 10^{-20}$	$1,68 \cdot 10^{-17}$	$1,68 \cdot 10^{-16}$	$7,57 \cdot 10^{-15}$	$3,36 \cdot 10^{-17}$
Fe-59	$1,01 \cdot 10^{-19}$	$2,53 \cdot 10^{-17}$	$2,53 \cdot 10^{-16}$	$2,53 \cdot 10^{-15}$	$1,26 \cdot 10^{-17}$
Co-60	$1,11 \cdot 10^{-18}$	$5,03 \cdot 10^{-17}$	$5,03 \cdot 10^{-16}$	$2,03 \cdot 10^{-14}$	$1,01 \cdot 10^{-16}$
Ni-63	$4,15 \cdot 10^{-21}$	$1,20 \cdot 10^{-19}$	$1,20 \cdot 10^{-18}$	–	$1,20 \cdot 10^{-19}$
Zn-65	$7,79 \cdot 10^{-20}$	$1,32 \cdot 10^{-17}$	$1,32 \cdot 10^{-16}$	$5,17 \cdot 10^{-16}$	$2,64 \cdot 10^{-18}$
Y-91	$5,58 \cdot 10^{-18}$	$1,18 \cdot 10^{-19}$	$1,18 \cdot 10^{-18}$	$2,38 \cdot 10^{-15}$	$1,18 \cdot 10^{-17}$
Zr-95	$4,03 \cdot 10^{-19}$	$1,33 \cdot 10^{-17}$	$1,33 \cdot 10^{-16}$	$1,3 \cdot 10^{-14}$	$1,33 \cdot 10^{-16}$
Sb-125	$1,16 \cdot 10^{-19}$	$9,99 \cdot 10^{-18}$	$9,99 \cdot 10^{-17}$	$6,24 \cdot 10^{-18}$	$1,00 \cdot 10^{-19}$
Cs-134	$1,75 \cdot 10^{-19}$	$3,04 \cdot 10^{-17}$	$3,04 \cdot 10^{-16}$	$9,54 \cdot 10^{-17}$	$9,12 \cdot 10^{-19}$
Cs-137	$1,24 \cdot 10^{-19}$	$1,15 \cdot 10^{-17}$	$1,15 \cdot 10^{-16}$	$3,34 \cdot 10^{-17}$	$3,44 \cdot 10^{-19}$
Ce-144	$7,52 \cdot 10^{-18}$	$5,95 \cdot 10^{-19}$	$5,95 \cdot 10^{-18}$	$1,27 \cdot 10^{-17}$	$1,19 \cdot 10^{-17}$
Po-210	$3,91 \cdot 10^{-15}$	$2,01 \cdot 10^{-22}$	$2,01 \cdot 10^{-21}$	$9,08 \cdot 10^{-18}$	$4,02 \cdot 10^{-20}$
Ra-226	$8,30 \cdot 10^{-17}$	$3,76 \cdot 10^{-17}$	$3,76 \cdot 10^{-16}$	$6,04 \cdot 10^{-16}$	$1,88 \cdot 10^{-18}$
U-235	$1,98 \cdot 10^{-16}$	$4,08 \cdot 10^{-18}$	$4,08 \cdot 10^{-17}$	$1,48 \cdot 10^{-19}$	$4,08 \cdot 10^{-20}$



Суммарное радиационное воздействие

$$D_i = a_i \sum_j p_{ij} t_j$$

где p_{ij} – мощность эффективной дозы облучения по j -му пути воздействия при объёмной активности i -го радионуклида в морской воде 1 Бк/м³.



Блок детектирования в глубоководной капсуле с подводным кабелем и промышленный компьютер, установленный в офис-контейнере средней части палубы баржи "Гигант-4"





Комплекс подводного радиационного мониторинга (ПРМ-К)

Назначение комплекса

- обнаружение радиоактивного загрязнения водной среды при превышении ее фонового значения
- измерение объемной активности гамма излучающих радионуклидов в воде путем обработки полученной спектрометрической информации

Состав комплекса

- ▶ блок детектирования на основе монокристалл NaI(Tl) Ø63x250 мм в глубоководной капсуле с подводным кабелем
- ▶ платформа с кнехтами для хранения и подачи подводного кабеля
- ▶ палубные кабели на катушках
- ▶ 8 плат АЦП (256 каналов), блок питания и плата связи с промышленным компьютером

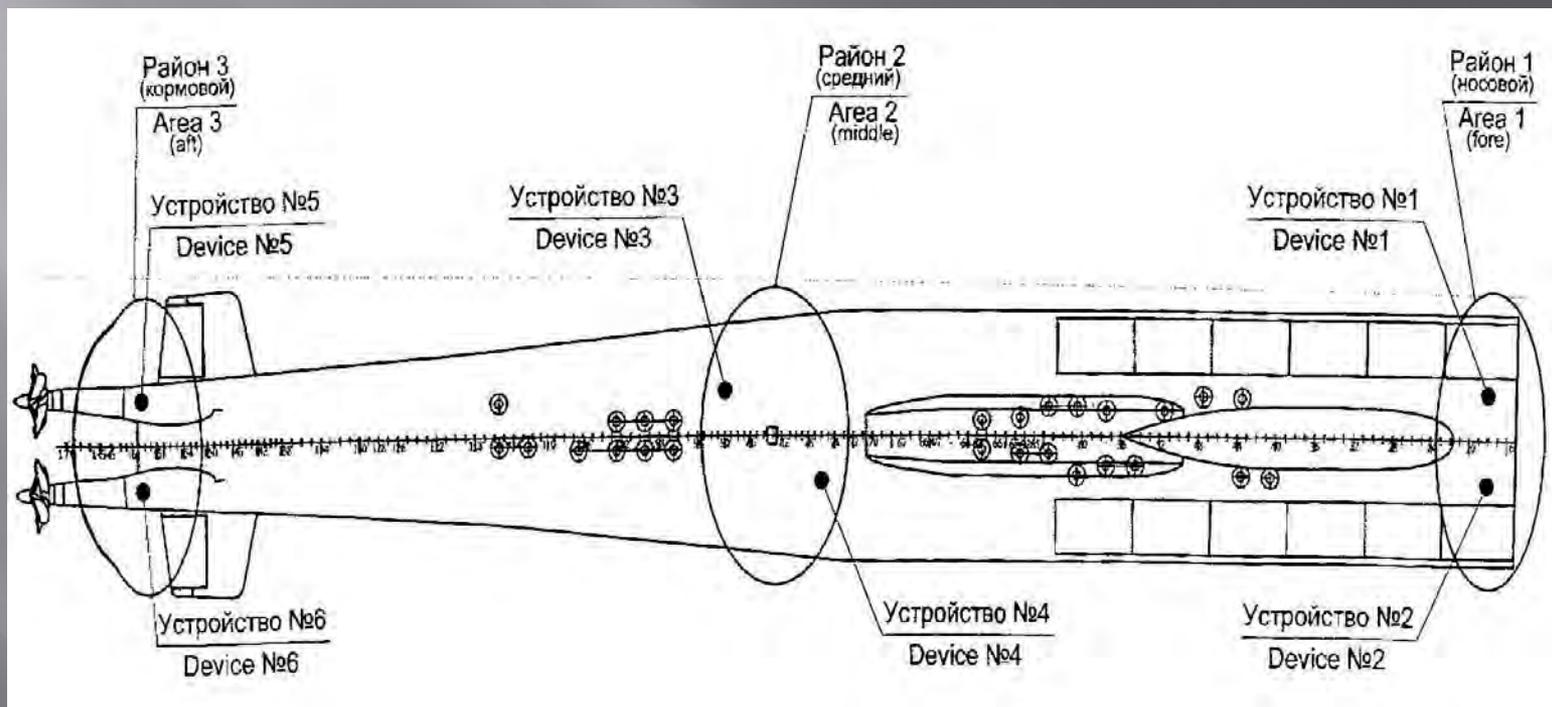


Технические характеристики: ПРМ-К

- Ø энергетический диапазон измерений - 0.15 – 3.0 МэВ
- Ø диапазон измерений объемной активности Cs-137 гамма детектором:
 - ($1.2 \cdot 10^3 - 6.5 \cdot 10^5$) Бк/м³ в энергетическом диапазоне 0.2 – 0.8 МэВ
 - ($3.6 \cdot 10^2 - 2.0 \cdot 10^6$) Бк/м³ в энергетическом диапазоне 0.55 – 0.75 МэВ
 - ($1.2 \cdot 10^3 - 6.5 \cdot 10^5$) Бк/м³ в энергетическом диапазоне 0.2 – 2.5 МэВ
- Ø чувствительность (по радионуклиду Cs-137), равномерно растворенному в воде:
 - ($1.3 - 1.8$) $\cdot 10^{-3}$ [(имп/сек)/(Бк/ м³)] в диапазоне (0.2 – 0.8; 0.2 – 2.5) МэВ
 - ($4.1 - 4.9$) $\cdot 10^{-4}$ [(имп/сек)/(Бк/ м³)] в диапазоне (0.2 – 0.8; 0.2 – 2.5) МэВ
- Ø длина подводного кабеля каждого детектора – 200 метров;
- Ø максимальная глубина погружения – 120 метров;
- Ø питание – ~ 220 В, однофазное , 50 Гц, не более 3 А.
- Ø масса каждого детектора с глубоководной капсулой – 20 кг.



Схема расположения детекторов на корпусе АПЛ "Курск"





Погружной гамма спектрометр «ЭКО-7» и жидкостной альфа, бета радиометр-спектрометр TRIATHLER («Семен Дежнев»)





Энергетический спектр фонового гамма излучения в воде в районе затопления АПЛ "Курск"





Совместное заключение о результатах радиационного обследования АПЛ «Курск» и баржи «Гигант-4»:

"The extensive programmes of radiation measurements carried out onboard the barge "Giant - 4" and the hull of NSS "Kursk" have not revealed levels of radiation or radioactive contamination in excess of background values. On the basis of these measurements it is concluded that the recovery operations have not resulted in any radiation dose to personnel or in any detectable release of radioactivity into the environment.

(10 October 2001)"



Заключение

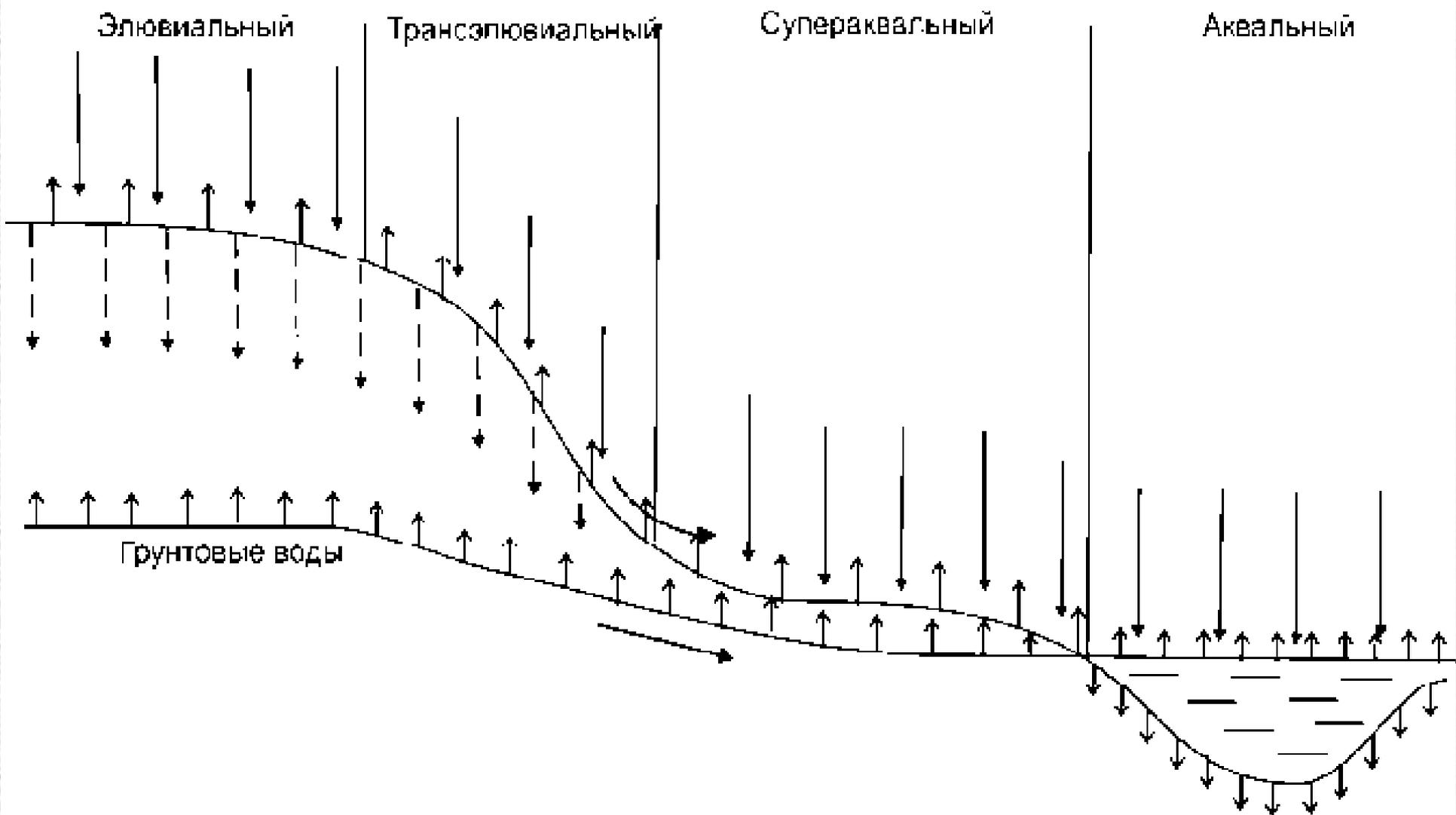
1. На основе анализа процессов, обуславливающих миграцию техногенных радионуклидов в морской среде, определены особенности облучения человека, связанного с загрязнением морской среды, и установлены основные пути и факторы радиационного воздействия.
2. Показано, что для выбора критериев оценки последствий радиационного воздействия при операциях по подъему затонувших объектов и их последующей транспортировке к месту утилизации могут быть использованы гигиенические критерии радиационной защиты, ориентированные на обеспечение радиационной безопасности человека, с учетом особенностей его облучения, обусловленного радиоактивным загрязнением морской среды.
3. Рекомендовано использовать для ограничения облучения персонала и загрязнения морской природной среды радиационно-гигиенические нормативы на основе характерных для исследуемых объектов дозовых коэффициентов, которые позволяют учесть специфику операций выполняемых подводных и судоподъемных работ.
4. Рассмотрены требования к объему информации, необходимой для выполнения предварительных оценок радиоэкологического состояния акваторий в местах проведения работ по обследованию и подъёму затонувших или затопленных объектов.

Факторы, определяющие особенности нахождения и распределения урана в почвах берега озера Иткуль

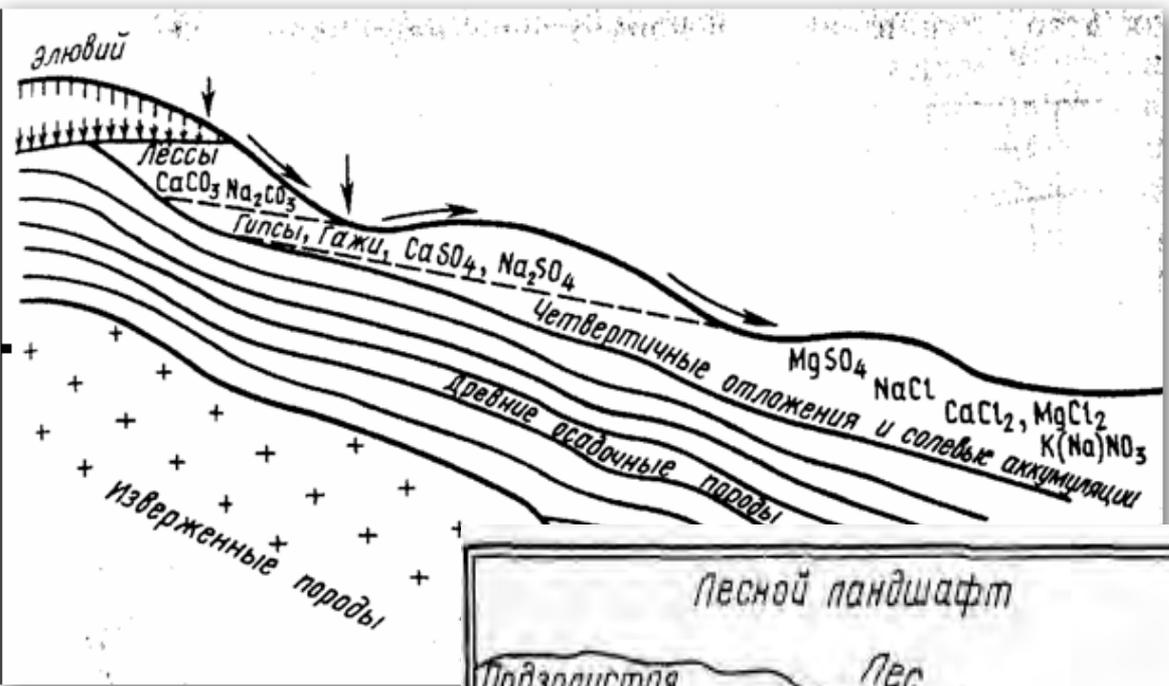
ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. Академ. Е.И.Забабахина»

Инженер по РК
А.Л.Полюдин

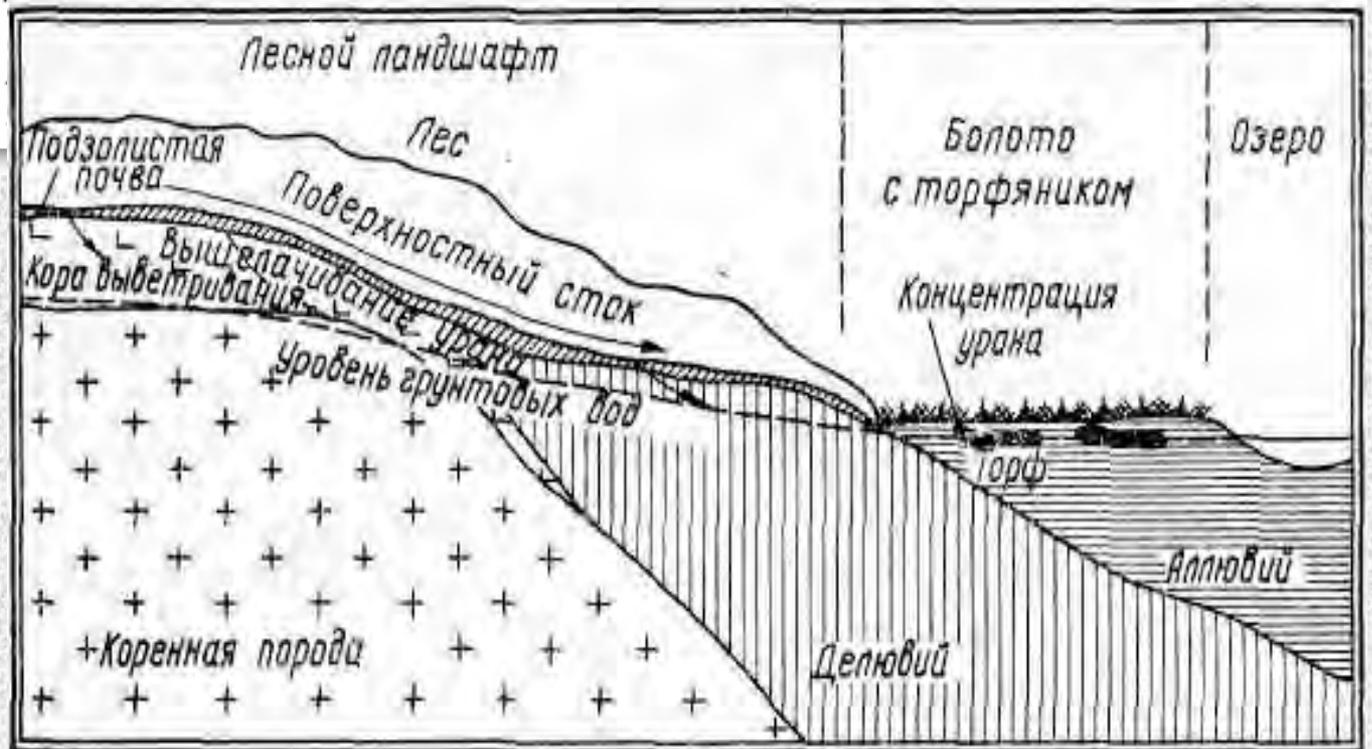
Элементарные ландшафты (по Б.Б. Полинову)



Обобщённая схема миграции, дифференциации и аккумуляции солей в континентальных условиях (В.А.Ковда).



Геохимическое сопряжение коры выветривания, почв и континентальных отложений в условиях влажного климата (Евсеева Л. С. Перельман А.И.)



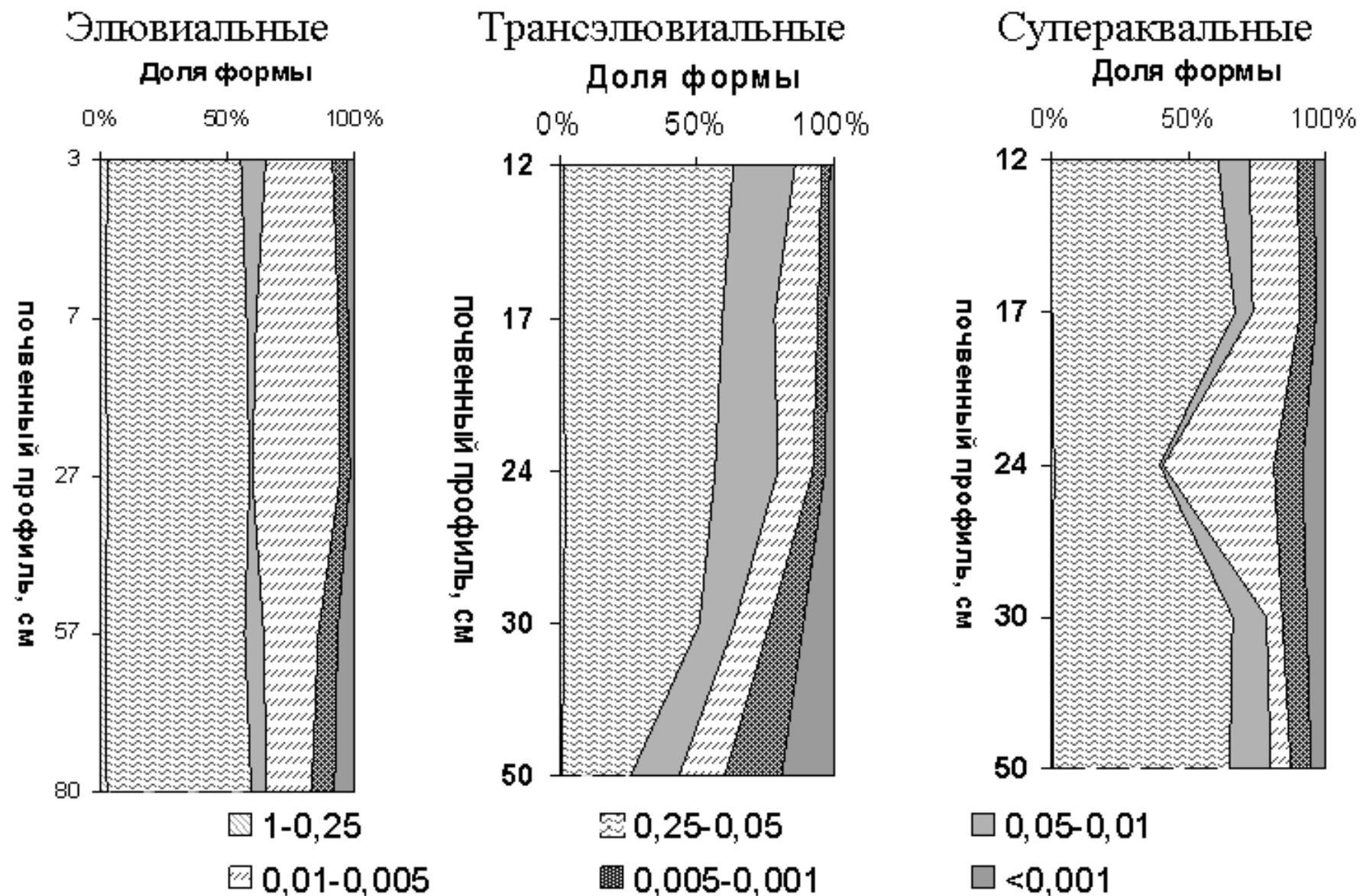
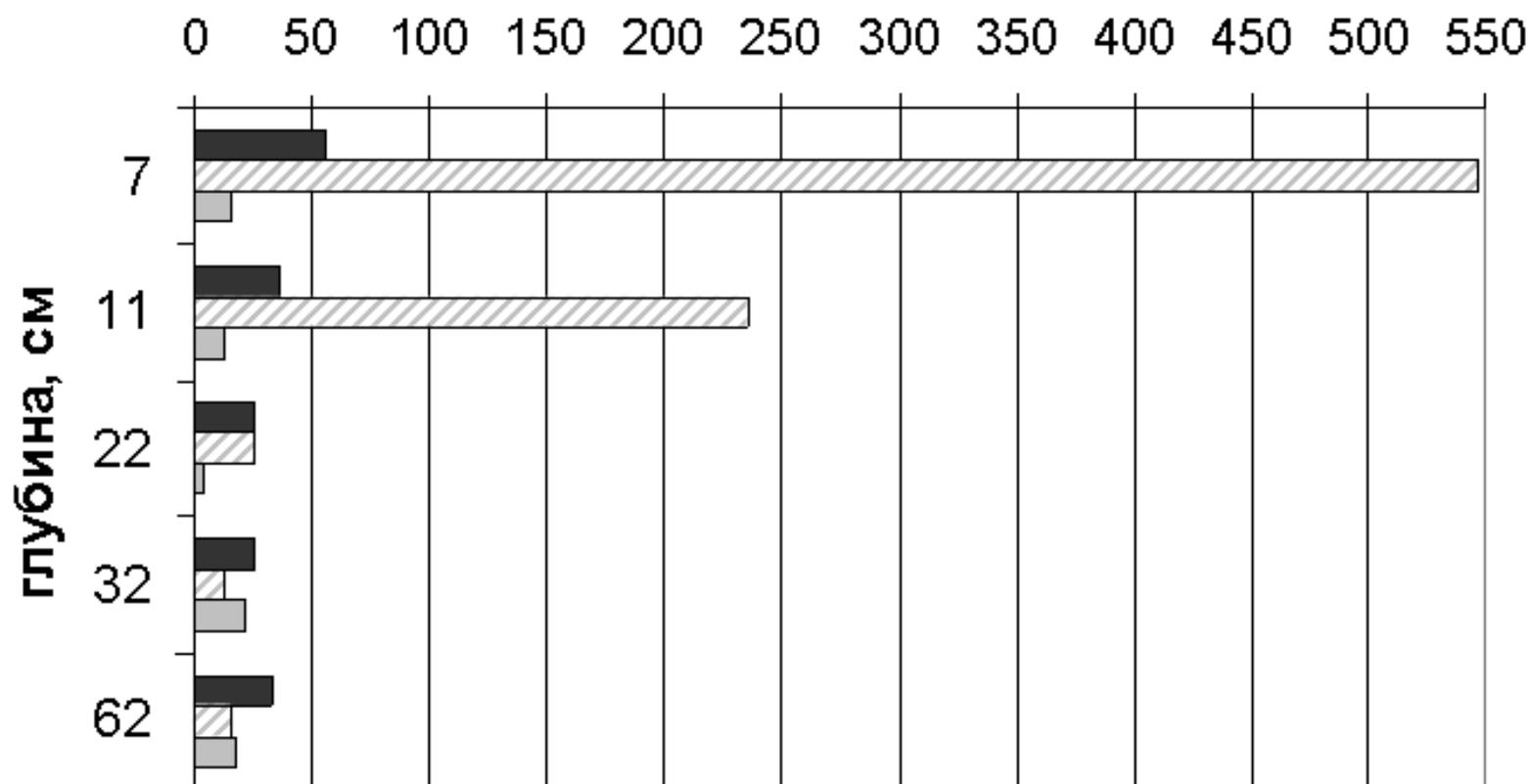


Рис.1. Гранулометрический состав исследуемых почв

см/сутки



Почвы элювиальной позиции



Почвы трансэлювиальной позиции



Почвы суперэлювиальной позиции

Коэффициент фильтрации исследуемых почв

Почвы элювиальной
позиции (КФ до 55 см/сутки)

Почвы
транзэлювиальной
позиции (КФ до 546
см/сутки)

Почвы суперэлювиальной
позиции (КФ до 16
см/сутки)

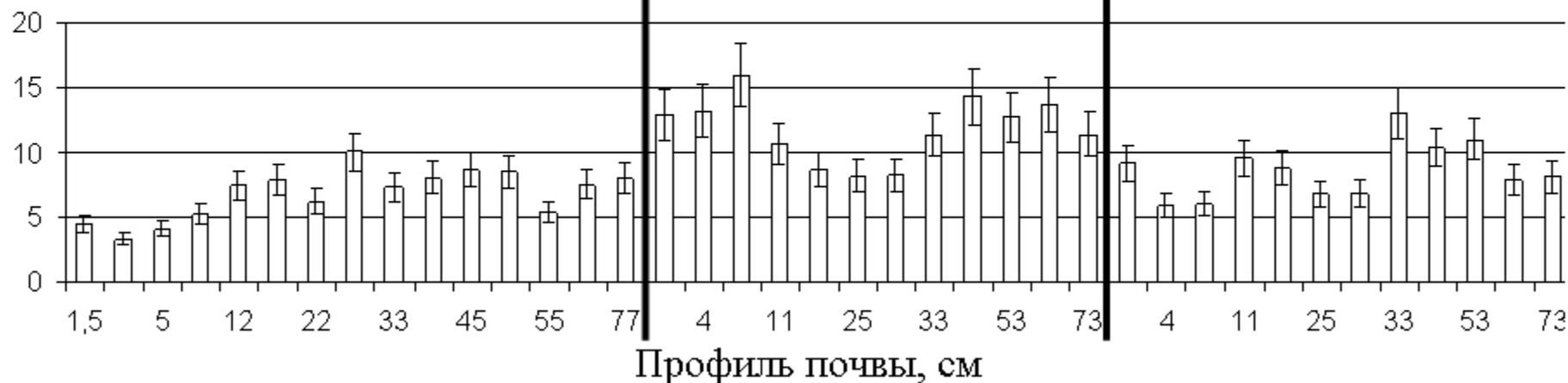
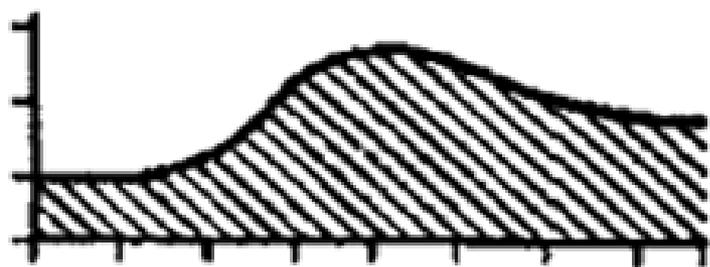
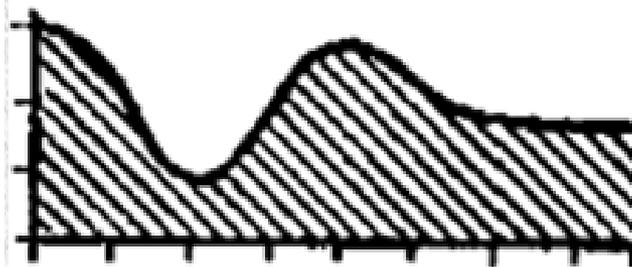


Рис.3. Общее содержание урана в исследуемых почвах (мг/кг)



ЭЛЮВИАЛЬНО –
ИЛЛЮВИАЛЬНЫЙ
ТИП



аккумулятивно
элювиально –
иллювиальный
ТИП



ЭЛЮВИАЛЬНО –
ИЛЛЮВИАЛЬНЫЙ
ТИП

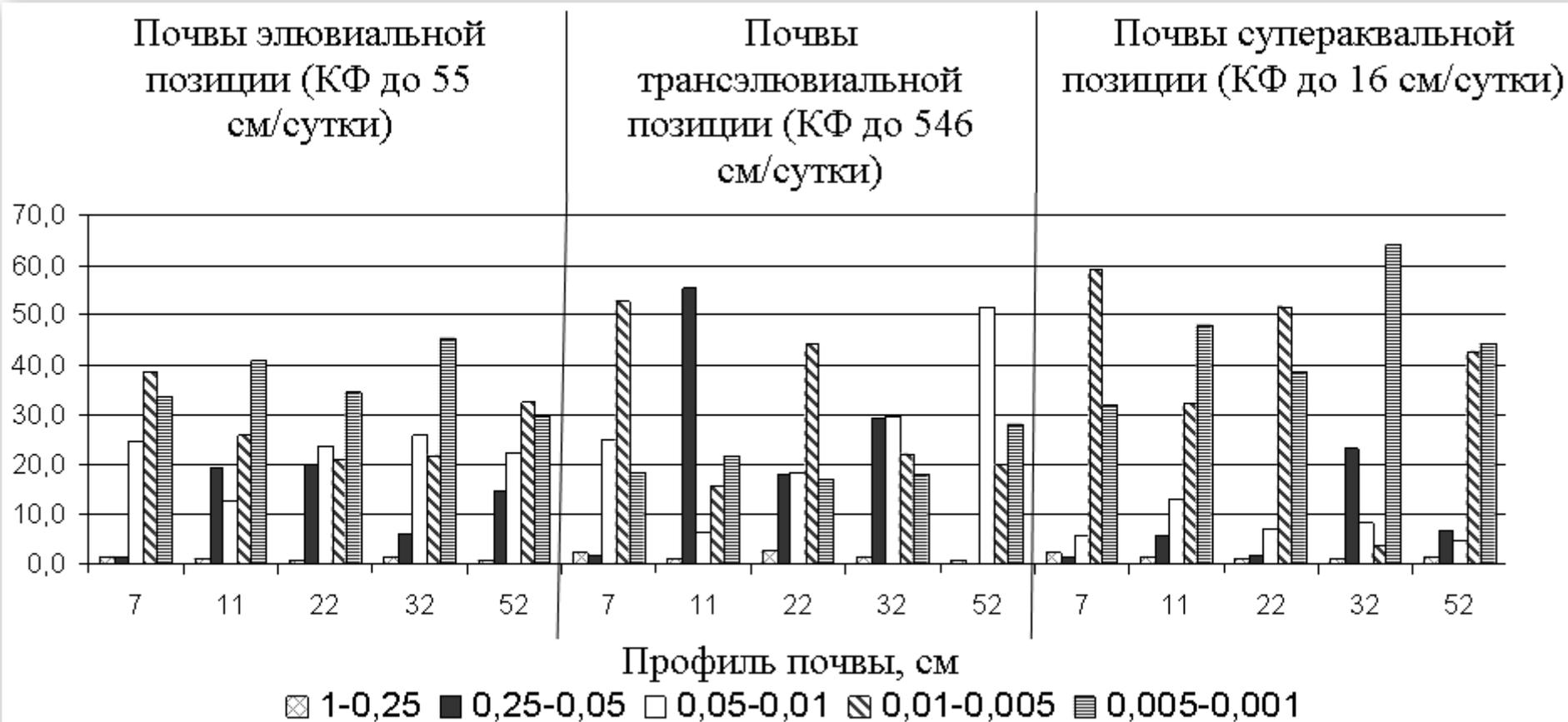
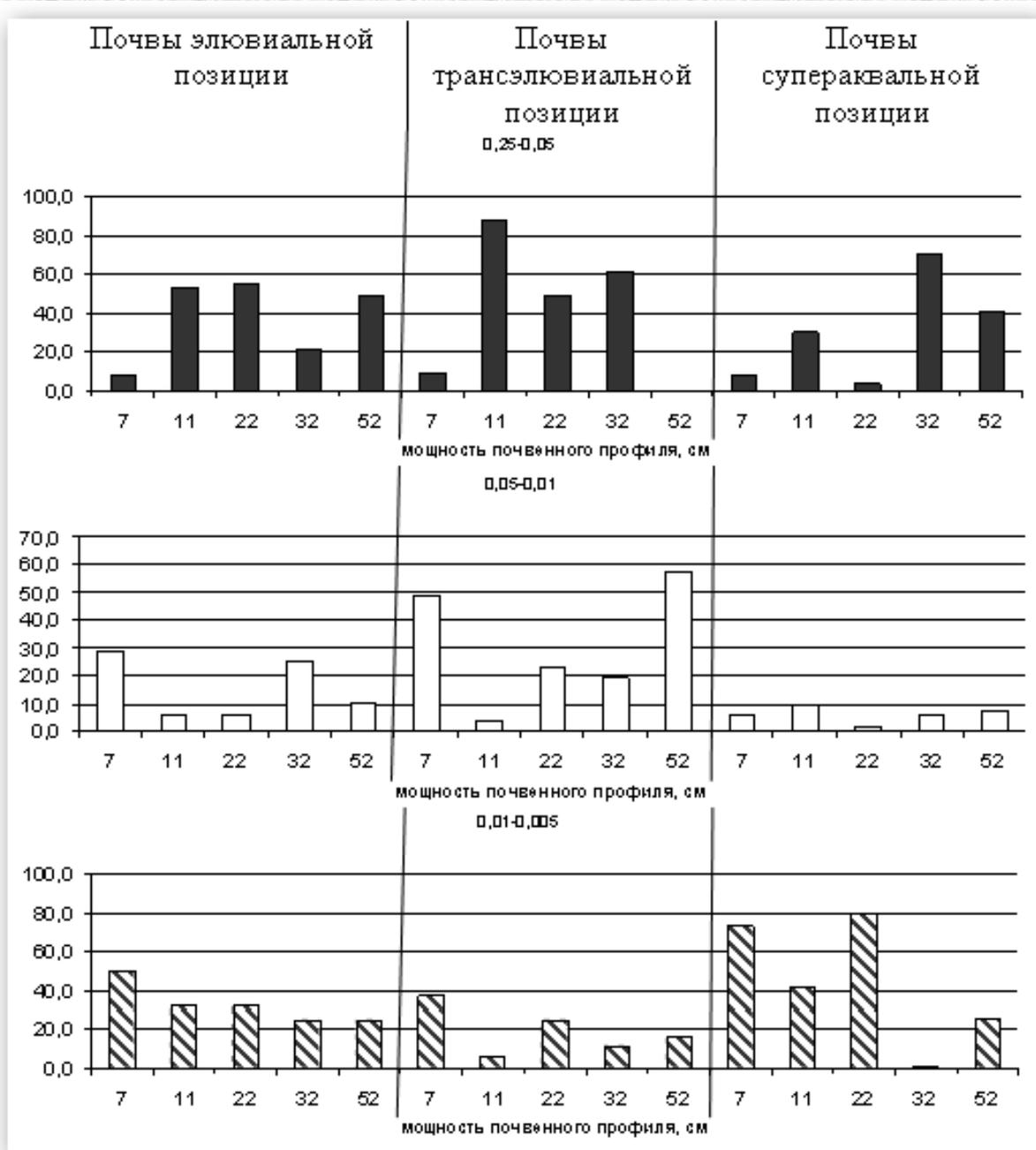


Рис.4. Фракционное распределение урана в исследуемых почвах (в %)



Удельное Содержание урана различных фракций (в %)

Выводы:

1. Исследуемые почвы имеют лёгкий гранулометрический состав с преобладанием фракции мелкого песка и, как следствие, обладают низкой сорбционной способностью по отношению к урану.

2. Фильтрующая способность почвы находится в широком диапазоне, достигая исключительно высоких показателей.

3. Кислотность почвы характеризуется как слабокислая, нейтральная.

4. Окислительно – восстановительный потенциал описывает окислительно – восстановительные процессы как слабовосстановительные. В данных условиях уран подвержен вымыванию из профиля почвы.

5. Содержание исследуемого элемента достигает 14 мг/кг, что до 70 раз превышает содержание урана «фонового» участка.

6. Уран сконцентрирован, преимущественно, в почвах трансэлювиальной позиции на глубине 25 см – 40 см.

7. Фракционное распределение урана свидетельствует, что данный элемент аккумулируется во фракциях средней и мелкой пыли (0,01мм-0,001мм).

8. Содержание урана с учётом массы исследуемых фракций показало, что аккумулирование урана идёт на доминирующих фракциях исследуемых почв.



КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЯРОО ПО ДАННЫМ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ

Крышев И.И., Панченко С.В.,
Сазыкина Т.Г., Скакунова М.А.,
Лунёва К.В.

ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета
ИБРАЭ РАН

Радиационный мониторинг окружающей среды

- Важным средством обеспечения безопасности при использовании ядерной энергии является радиационный мониторинг окружающей среды, под которым понимается система регулярных наблюдений за содержанием радионуклидов в компонентах окружающей среды и другими параметрами радиационной обстановки с целью своевременного выявления и прогноза нежелательных для человека и экосистем последствий.
- Государственный радиационный мониторинг на территории РФ осуществляется Росгидрометом совместно с другими федеральными органами исполнительной власти в соответствии с их компетенцией.

Радиационный мониторинг окружающей среды

- В соответствии с современными представлениями и международной практикой радиационный мониторинг должен быть ориентирован на обеспечение радиационной безопасности человека на социально приемлемом уровне. Социально приемлемый уровень риска предполагает, что риск от радиоактивного загрязнения окружающей среды не должен являться существенным добавлением к суммарному риску, которому подвергается человек и среда его обитания в процессе жизнедеятельности общества.
- Кроме этого, данные радиационного мониторинга окружающей среды должны позволять делать оценки радиационного воздействия на референтные объекты окружающей среды для обеспечения радиационной защиты биосферы.

Радиационный мониторинг окружающей среды

В соответствии с рекомендациями ОНБ (МАГАТЭ, 2014) методология комплексной оценки радиационно-экологического воздействия ЯРОО включает следующие ключевые элементы (рис. 1):

- статистический анализ и обобщение данных радиоэкологического мониторинга в зонах наблюдений ЯРОО и на фоновых участках;
- оценку планируемого радиационного воздействия на население от штатных выбросов и сбросов радионуклидов;
- оценку фактического радиационного воздействия на население с учетом регионального радиационного фона и множественных путей радиоактивного загрязнения окружающей среды;
- оценку и прогнозирование радиационного воздействия на население при потенциальной аварийной ситуации;
- оценку радиационного воздействия на референтные объекты биоты;
- научно-практические рекомендации по управлению радиоэкологической безопасностью ЯРОО.

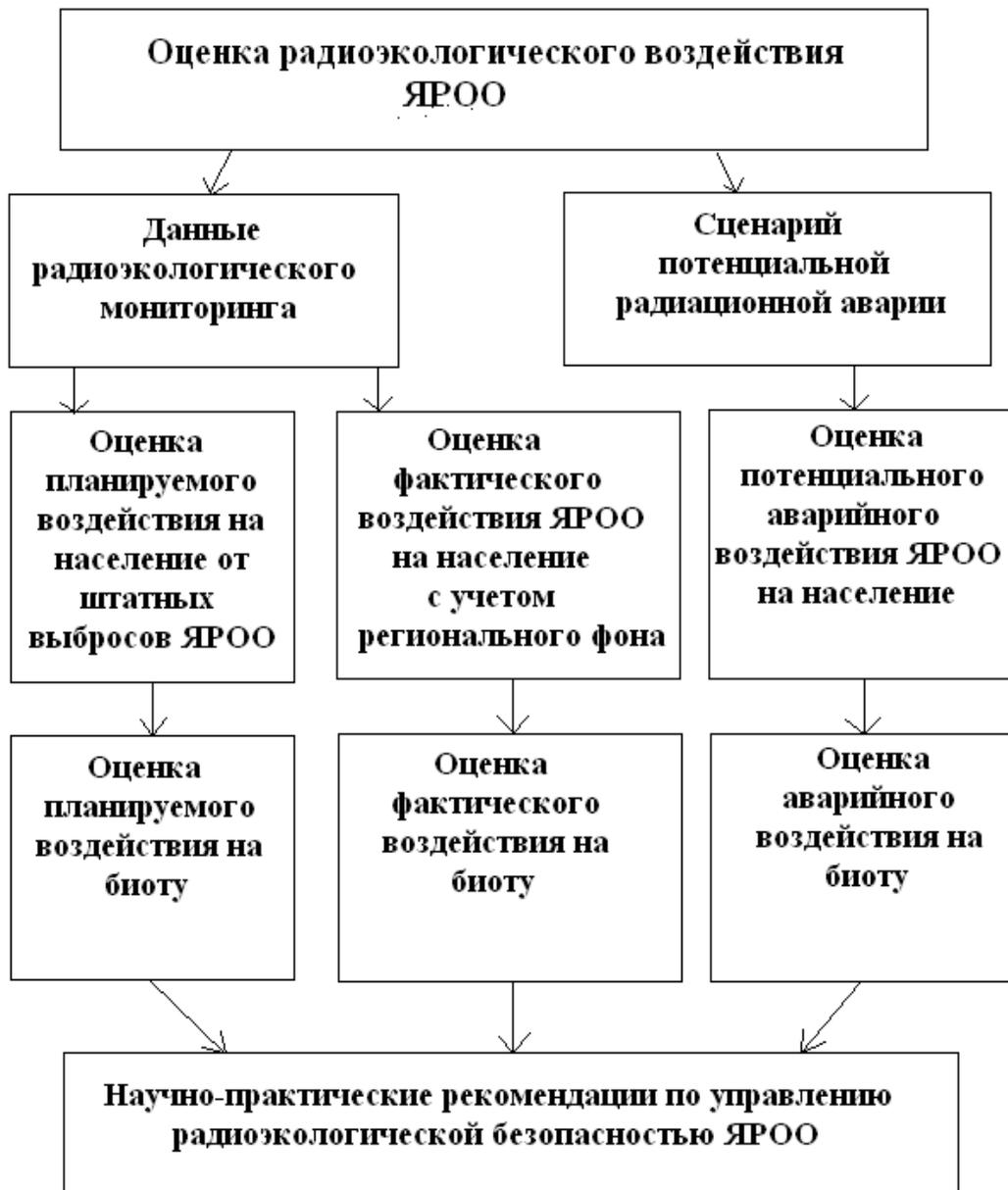


Рис. 1. Методология оценки радиационного воздействия ЯРОО на население и биоту

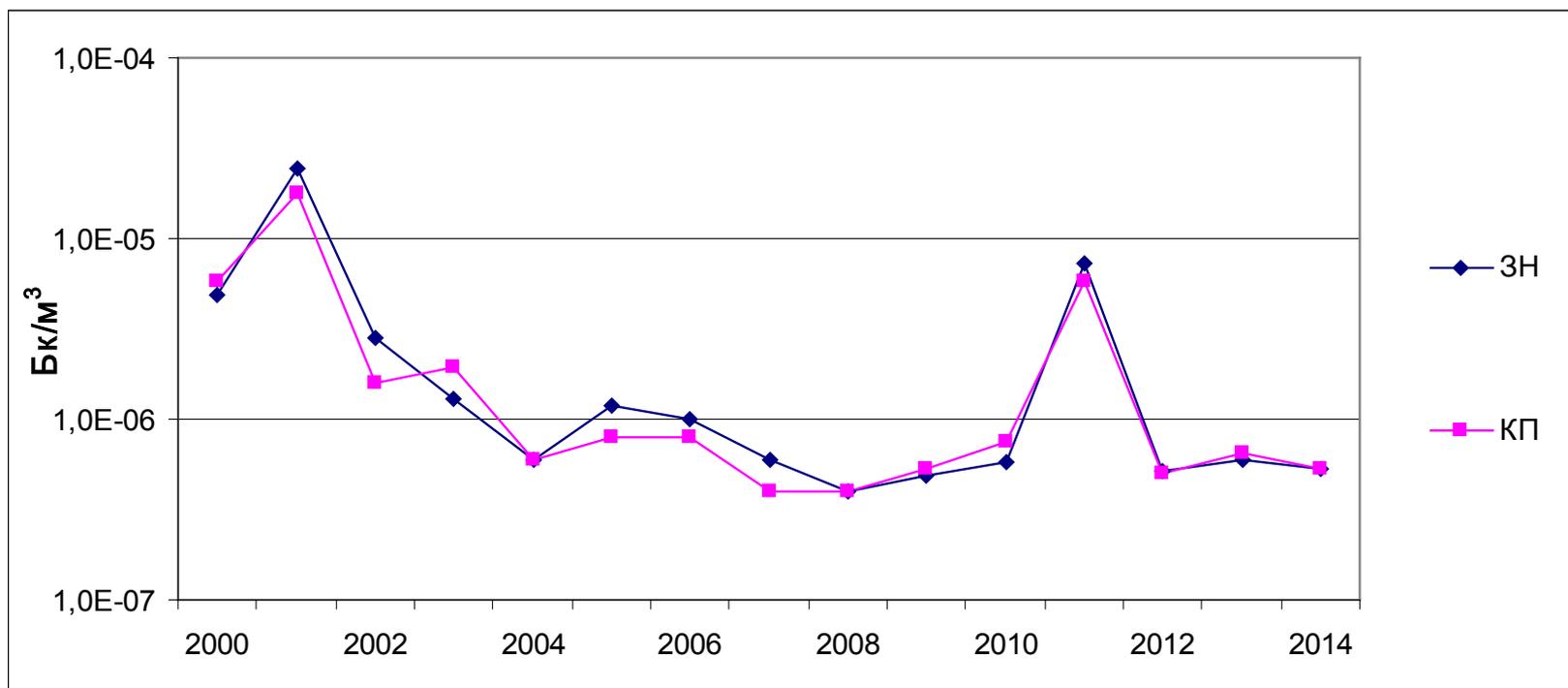
Радиоэкологическая обстановка в районе Балаковской АЭС

- Балаковская АЭС размещена на левом берегу Саратовского водохранилища (рис.2). Расстояние от АЭС до районного центра, города Балаково - 8 км, до областного, города Саратова - 170 км. Общая численность населения в зоне наблюдений Балаковской АЭС составляет около 230 тыс. человек.
- В эксплуатации на Балаковской АЭС находятся четыре однотипных энергоблока с реакторами ВВЭР-1000 общей электрической мощностью 4000 МВт.

Радиоэкологическая обстановка в районе Балаковской АЭС

- По результатам статистического анализа не было обнаружено достоверных различий в содержании ^{137}Cs и ^{90}Sr в воздухе ЗН и СЗЗ Балаковской АЭС по сравнению с содержанием этих радионуклидов в воздухе контрольного пункта (рис. 3).
- Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве зоны наблюдений Балаковской АЭС находится на уровне значений, наблюдаемых в контрольном пункте. Содержание в почве ^{60}Co и ^{134}Cs было ниже минимально-детектируемой активности (МДА), которая составляет $0,1 \text{ кБк/м}^2$.
- Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr во всех видах сельскохозяйственной продукции, производимой в зоне наблюдений Балаковской АЭС значительно ниже допустимых нормативов.

Рис. 3. Среднегодовые объемные активности Cs-137 в воздухе в районе Балаковской АЭС



Радиоэкологическая обстановка в районе Балаковской АЭС

- Содержание Cs-137 в донных отложениях водоема-охладителя АЭС в среднем в 3,5 раза выше, чем в р. Волга, а для Sr-90 не отличается значительно от р. Волга (таблица 1).
- Содержание Cs-137 и Sr-90 в водорослях несколько выше в водоеме-охладителе АЭС по сравнению с р. Волга, однако это различие не является статистически значимым.
- Удельная активность Cs-137 и Sr-90 в рыбе, выловленной в районе Балаковской АЭС, намного ниже допустимой.

Таблица 1. Содержание Cs-137 и Sr-90 в компонентах экосистем водоемов в районе Балаковской АЭС

Водоемы	Радионуклид	Вода, Бк/л	Донные отложения, Бк/кг	Водоросли, Бк/кг	Рыба, Бк/кг
Водоем-охладитель АЭС	^{137}Cs	$1,3 \cdot 10^{-2}$ ($1,2-1,7$) $\cdot 10^{-2}$	4,5 (3,1 - 5,8)	1,4 (0,9 - 1,8)	5,7
	^{90}Sr	<МДА	4,4 (2,2 - 5,4)	0,9 (0,7 - 1,3)	0,58
р. Волга	^{137}Cs	<МДА	1,3 (1,0 - 3,0)	0,9 (0,3 - 4,5)	1,0
	^{90}Sr	<МДА	3,1 (1,8 - 5,0)	0,7 (0,5 - 1,0)	0,28

Радиоэкологическая обстановка в районе Балаковской АЭС

- Суммарная доза от существующего облучения (^{137}Cs и ^{90}Sr) в зоне наблюдений Балаковской АЭС составляет $5,5 \cdot 10^{-3}$ мЗв/год.
- Основными путями формирования дозы существующего облучения являются потребление сельскохозяйственной продукции, произведенной в зоне наблюдения АЭС (вклад в суммарную дозу составляет 78%) и внешнее облучение от почвы (вклад в суммарную дозу равен 22%) (рис.4).
- Доза, обусловленная ингаляцией техногенных радионуклидов, незначительна и составляет $<1\%$.
- Доза облучения от выбросов Балаковской АЭС составляет $1,1 \cdot 10^{-6}$ мЗв/год, что на два порядка ниже уровня облучения, относящегося к категории пренебрежимого радиационного риска.

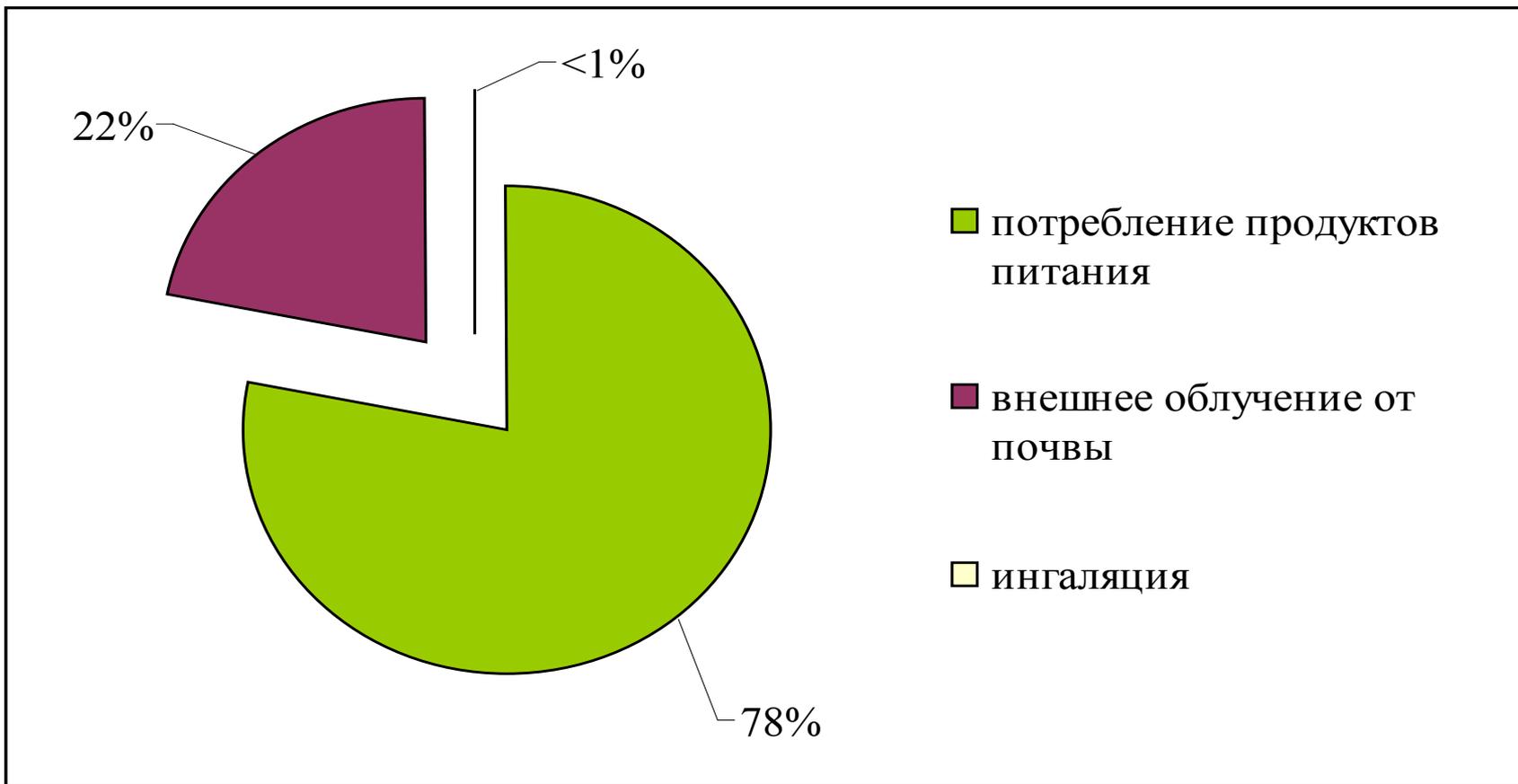


Рис. 4. Вклады различных путей в суммарную дозу существующего облучения населения в зоне наблюдения Балаковской АЭС

Радиоэкологическая обстановка в районе Балаковской АЭС

Оценки дозы для биоты:

- Согласно расчетным оценкам (таблица 2) значения мощности дозы облучения гидробионтов водоема-охладителя Балаковской АЭС несколько выше, чем в р. Волга.
- При этом мощности дозы облучения референтных видов биоты на четыре-шесть порядков ниже экологически безопасных уровней облучений.

В целом, анализ данных многолетнего мониторинга и модельные оценки позволяют сделать вывод об отсутствии в штатных условиях эксплуатации значимого воздействия Балаковской АЭС на радиоактивность контролируемых объектов окружающей среды и дозы облучения населения и биоты.

Таблица 2. Дозы облучения гидробионтов ^{137}Cs и ^{90}Sr в районе Балаковской АЭС, мкГр/ч

Объект биоты	Внутреннее облучение	Внешнее облучение от воды	Внешнее облучение от донных отложений	Суммарная мощность дозы	БУОБ
<i>Водоем-охладитель Балаковской АЭС:</i>					
Водоросли	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$	40
Окунь	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	40
Карп	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	100
Моллюски	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	400
<i>р. Волга:</i>					
Водоросли	$2,7 \cdot 10^{-4}$	-	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	40
Судак	$3,7 \cdot 10^{-4}$	-	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	40
Щука	$3,7 \cdot 10^{-4}$	-	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	100
Моллюски	-	-	$5,6 \cdot 10^{-4}$	$5,6 \cdot 10^{-4}$	400

Радиоэкологическая обстановка в районе Ленинградской АЭС

- Ленинградская АЭС (ЛАЭС) расположена в 80 км западнее г. Санкт-Петербурга на побережье Копорской губы Финского залива Балтийского моря (рис.5). Наиболее крупные населенные пункты в районе расположения ЛАЭС: г. Сосновый Бор (65,1 тыс. человек), и п. Лебяжье (5,4 тыс. человек).
- В настоящее время на ЛАЭС эксплуатируются четыре энергоблока с реакторами РБМК-1000, введенными в эксплуатацию в 1973, 1975, 1979 и 1981 гг. соответственно.
- Особенностью района расположения ЛАЭС является сосредоточение в пределах сравнительно небольшой промышленной зоны наряду с АЭС других значимых предприятий атомно-промышленного комплекса таких как: Ленинградское отделение филиала «Северо-западный территориальный округ» ФГУП РосРАО, Научно-исследовательский технологический институт им. А. П. Александрова (НИТИ), предприятие ЗАО «Экомет-С» – завод по переплавке радиоактивных металлических отходов.

Радиоэкологическая обстановка в районе Ленинградской АЭС

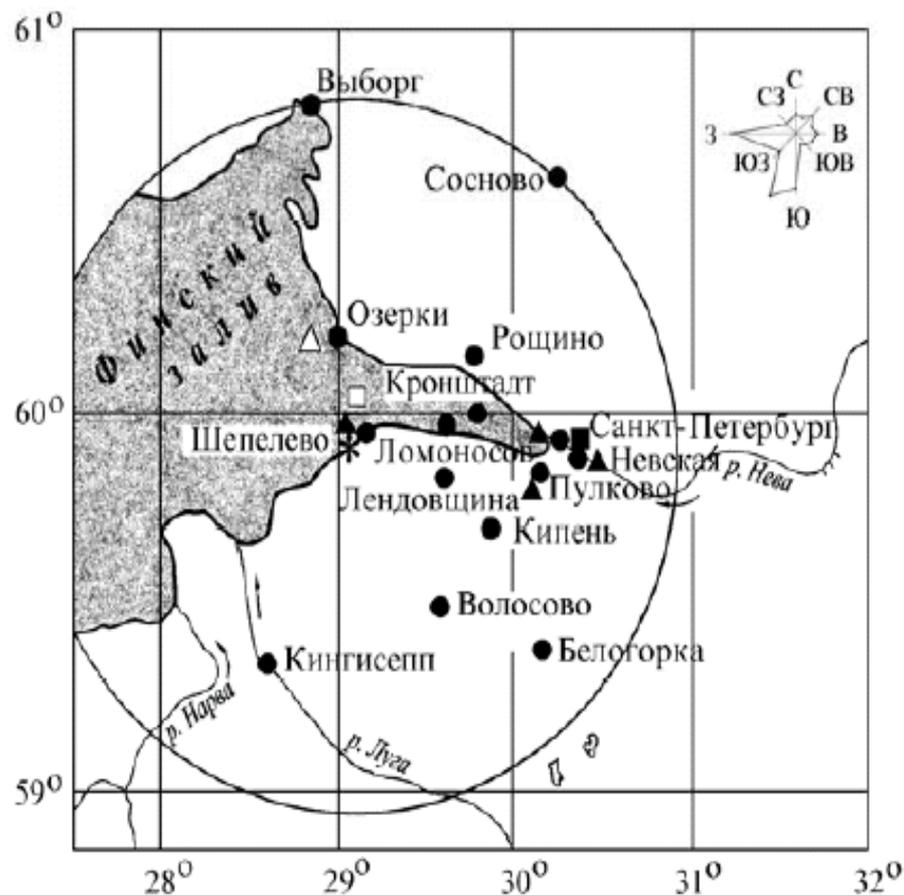


Рис. 5. Расположение пунктов радиационного мониторинга в 100-км зоне вокруг ЛАЭС:

- – АЭС; ● – наблюдения за γ -фоном; ▲ – отбор проб атмосферных выпадений;
- – отбор проб атмосферных аэрозолей; △ □ – планируемые наблюдения

Радиоэкологическая обстановка в районе Ленинградской АЭС

- Согласно данным многолетнего мониторинга содержание техногенных радионуклидов в атмосферном воздухе в зоне наблюдений ЛАЭС существенно ниже (в 10^7 – 10^8 раз) допустимых среднегодовых объемных активностей для населения согласно действующим нормам радиационной безопасности.
- Среднее значение содержания ^{137}Cs в почве зоны наблюдения равно 1,6 (1,2 – 1,9) кБк/м², и не отличается значимо от фонового регионального значения.
- В реках Систа и Коваш (основном и резервном источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения населения) содержание ^{137}Cs составляет 0,036 (0,033-0,040) Бк/л, что значительно ниже уровня вмешательства (УВ=11 Бк/л). В остальных контролируемых водных объектах содержание техногенных радионуклидов в воде также значительно ниже УВ.
- Согласно результатам многолетнего мониторинга, содержание ^{137}Cs в продуктах питания из зоны наблюдений ЛАЭС существенно ниже действующих нормативов.



Оценки дозы

- Суммарная доза от существующего техногенного облучения в зоне наблюдений ЛАЭС с учетом регионального техногенного радиационного фона составляет 0,013 мЗв/год. Наибольший вклад в эту дозу вносят: потребление местных продуктов питания (51 %) и внешнее облучение от поверхности почвы (46 %) (рис.6).
- Доза от выбросов ИРГ ЛАЭС не превышает 0,2 мкЗв/год. Величина годовой дозы от выбросов других контролируемых радионуклидов (Co-60, I-131, Cs-134, Cs-137) оценивается в 0,15 мкЗв/год, что значительно уровня дозы 10 мкЗв/год, соответствующей пренебрежимому радиационному риску.
- Согласно расчетным оценкам мощности дозы облучения референтных объектов биоты на несколько порядков ниже референтных безопасных уровней облучения (таблица 3).

Оценки дозы

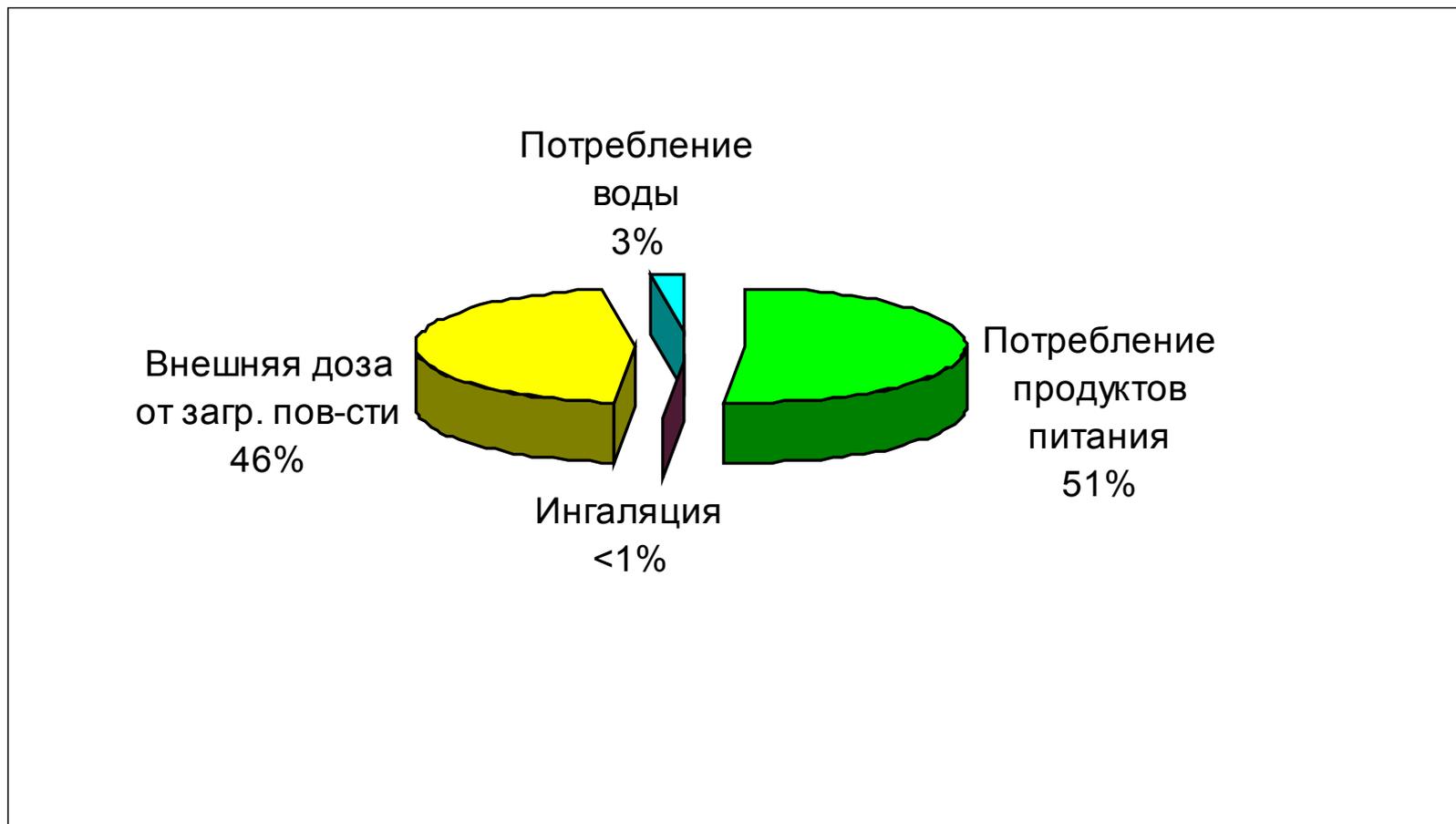


Рис. 6 - Вклады различных путей в суммарную дозу от существующего облучения населения в районе расположения ЛАЭС

Таблица 3. Мощность дозы облучения биологических объектов природных экосистем в регионе г. Сосновый Бор, мкГр/ч

Биологический объект	Мощность поглощенной дозы			БУОБ
	Внешнее облучение	Внутреннее облучение	Полная мощность дозы	
Древесное растение	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$6,8 \cdot 10^{-4}$	$3,3 \cdot 10^{-3}$	40
Травянистое растение	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	400
Крупное млекопитающее (лось)	$1,8 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-2}$	40
Мелкое млекопитающее (мышь)	$3,8 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$4,8 \cdot 10^{-3}$	40
Птица (чайка)	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	40
Пресмыкающееся (уж)	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-3}$	40
Кольчатый червь	$8,7 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$8,9 \cdot 10^{-3}$	400
Рыба (окунь)	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$9,1 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-4}$	40



Оценка воздействия на радиационную обстановку хранилищ РАО Ленинградского отделения филиала «Северо-западный территориальный округ» ФГУП РосРАО

- Предприятие расположено в 5 км от г. Сосновый Бор рядом с Ленинградской АЭС, примерно в 1 км от берега Финского залива.
- Основными источниками радиационного воздействия предприятия являются: поступление радионуклидов от временных хранилищ твердых РАО в грунтовые воды, выбросы радиоактивных веществ в атмосферу в результате технологической деятельности по переработке РАО.
- В грунтовых водах промплощадки предприятия наблюдаются такие техногенные радионуклиды как H-3, Sr-90, Cs-137, Co-60 и др. С удалением от хранилищ ТРО удельные активности техногенных радионуклидов в грунтовых водах резко снижаются, практически их загрязнение локализовано в пределах промплощадки.
- Объемные активности радионуклидов в приземном воздухе в районе расположения предприятия значительно ниже допустимых значений (в 10^4 – 10^6 раз). Уровень радиоактивности почвы и растительности на промплощадке и в санитарно-защитной зоне не отличается от уровней регионального радиационного фона.
- Мощности дозы на биоту вблизи хранилищ РАО не превышают БУОБ. За пределами промплощадки предприятия уровни облучения организмов биоты существенно снижаются и практически не превышают фоновых значений.

Хранилище РАО предприятия





Оценки дозы

- Согласно расчетным оценкам дозы облучения населения от выбросов предприятия не превышают 0,11 мкЗв/год, что на два порядка ниже величины дозы, относящейся к категории пренебрежимого радиационного риска. Наибольший вклад в суммарную дозу от выбросов вносят продукты питания, а из выбрасываемых радионуклидов - Рo-210.
- Доза существующего техногенного облучения в районе расположения предприятия и ЛАЭС составляет 0,015 мЗв/год и практически полностью определяется Cs-137, попавшим в окружающую среду в атмосферных выпадениях после Чернобыльской аварии.
- В целом, на основе статистического анализа данных многолетнего радиационного мониторинга окружающей среды и модельных оценок, можно сделать вывод о том, что радиозэкологическая обстановка в районе расположения ЛАЭС находится в норме, как в отношении населения, так и объектов биоты, т.е. соответствует критерию благоприятной окружающей среды.



Выводы

- Выполнена оценка радиозэкологического воздействия референтных ЯРОО на основе данных многолетнего радиационного мониторинга окружающей среды.
- Показано, что в штатных условиях эксплуатации планируемые дозы облучения населения от выбросов и сбросов ниже уровня пренебрежимого радиационного риска.
- Более высокие дозы характерны для существующего облучения, что обусловлено региональным техногенным радиационным фоном. В ряде случаев основной вклад в этот техногенный фон дает ^{137}Cs «чернобыльского» происхождения. При этом дозы существующего облучения значительно ниже допустимых пределов дозы для населения.



Выводы

- В соответствии с новыми Международными основными нормами безопасности наряду с радиологическими оценками для населения рассчитаны оценки радиационного воздействия на биоту. Показано, что дозы облучения объектов биоты в районах расположения АЭС значительно ниже референтных экологически безопасных уровней облучения.
- Результаты статистического анализа данных многолетнего радиационного мониторинга и модельные оценки показывают, что радиоэкологическая обстановка в районе расположения рассмотренных объектов использования атомной энергии находится в норме, как в отношении населения, так и объектов биоты, т.е. соответствует критерию благоприятной окружающей среды.



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ (РЫБНЫЕ ПРЕСЕРВЫ).

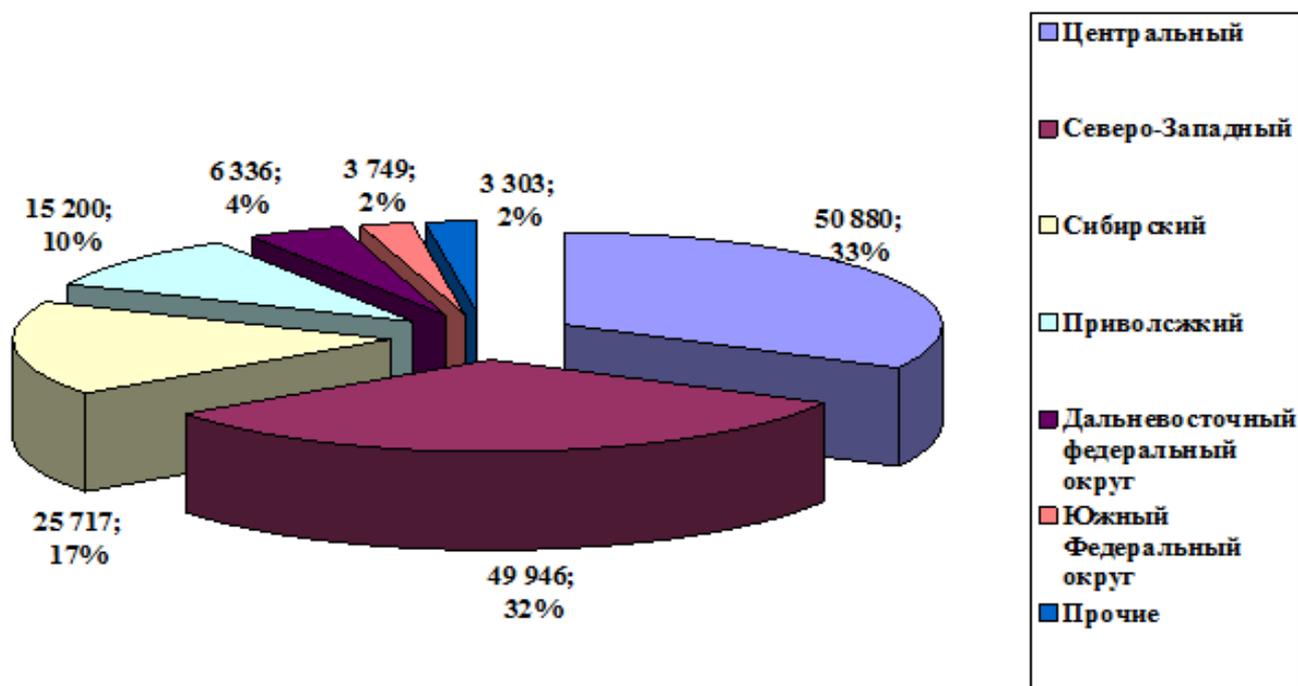
В.Я.Саруханов¹, Г.В.Козьмин¹, В.О. Кобялко¹, Н.А. Фролова¹, И.Н.Лыков²

¹ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск

²КГУ им. К.Э. Циолковского, г. Калуга

В настоящее время в рационе населения возрастает доля многокомпонентных пищевых продуктов готовых к употреблению и, в частности, рыбных пресервов. Несмотря на объективные трудности, рынок этой продукции устойчиво развивается. В 2008-2014 гг. доля потребителей консервов и пресервов из рыбы и морепродуктов от населения России составляла в среднем 64%.

СТРУКТУРА ПРОИЗВОДСТВА РЫБНЫХ ПРЕСЕРВОВ ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ В РОССИИ ЗА 2012 г. (ТЫС. УСЛ. БАНК / ДОЛЯ)



Рыбные пресервы состоят из филе рыбы, специй и заливки, расфасованы в плотно закупоренную тару, и не подвергается термической стерилизации. Благодаря этому, в них сохраняется большее, чем в консервах, основное количество белков и витаминов, но возрастает угроза развития микробиологического заражения и сокращаются сроки хранения. Микрофлора пресервов состоит не только из микроорганизмов рыбы и специй, но и потенциально опасных микробов, которые могут попадать в продукцию в процессе изготовления при нарушении санитарных правил организации производства.



По данным испытательного центра ОАО «Гипрорыбфлот» в каждой третьей банке рыбных пресервов от разных производителей обнаружена кишечная палочка, а недопустимое превышение дрожжей и плесеней в каждой пятой.



В рамках решения этой задачи был выполнен поиск оптимальных доз облучения, эффективно подавляющих жизнедеятельность микроорганизмов и не приводящих к потере качества обработанной продукции.

В экспериментах использовались рыбные пресервы, изготовленные по стандартной технологии (ТУ 9272-099-00472124-03), расфасованные в пластиковые банки, залитые подсолнечным маслом и герметично упакованные. Вся партия свежеприготовленной продукции была разделена на 5 частей по 20 банок (вес одной банки 200 г) и подвергнута воздействию ионизирующего излучения в дозах 0 (контроль); 0,5; 1,5; 3,0 и 6,0 кГр, с мощностью дозы 5,4 кГр/час. Образцы исследовали сразу после облучения и через 1, 2, 3 и 4 месяца после радиационной обработки.

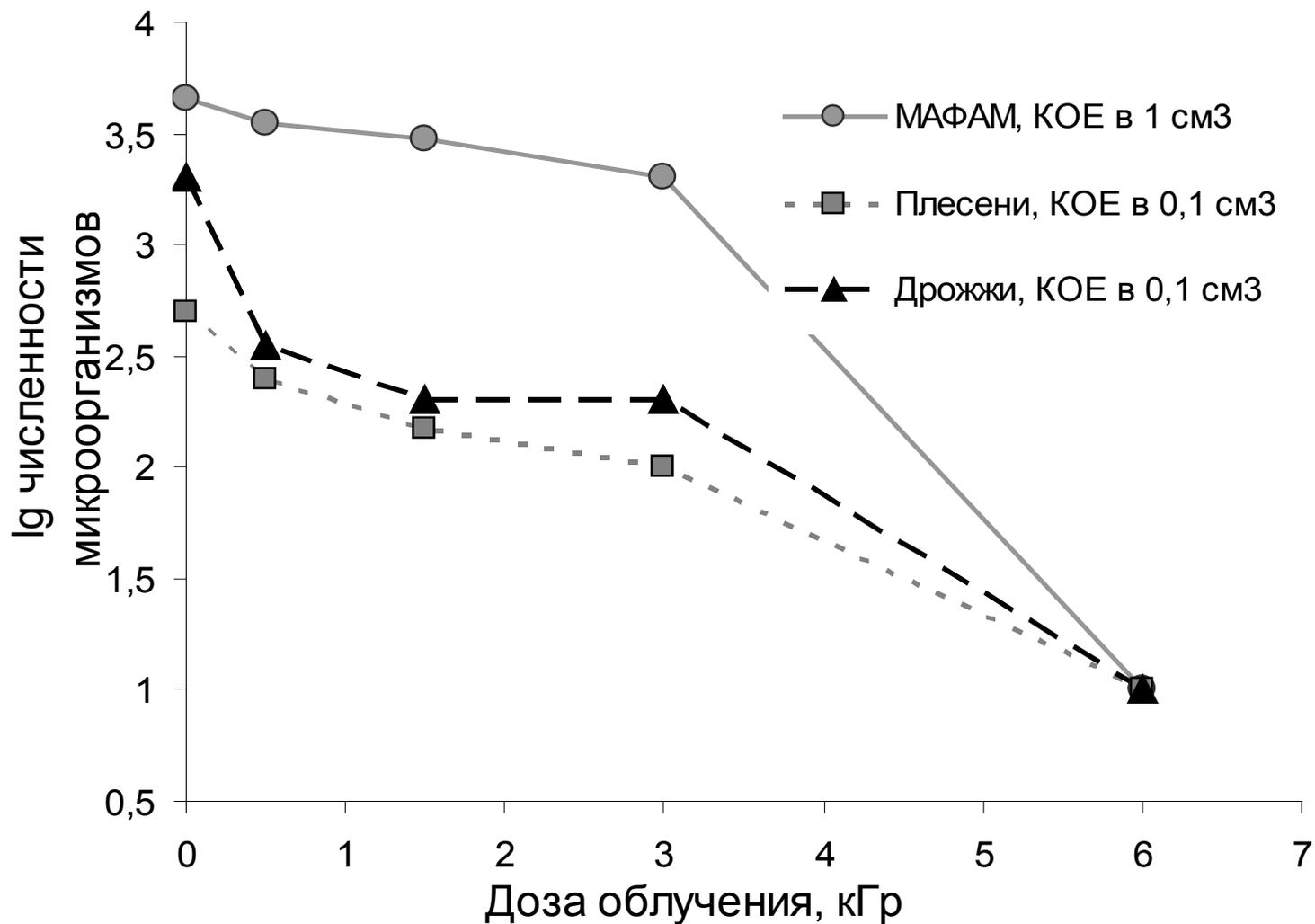
Качество и безопасность облученных рыбных пресервов контролировали с помощью стандартных методик в соответствии с ГОСТом (в том числе и жирно-кислотный состав подсолнечного масла заливки)

Уровень биогенных аминов (гистамина) определяли с помощью высокоэффективного жидкостного хроматографа

Работа выполнялась при участии финансирования регионального гранта РФФИ №14-44-03095

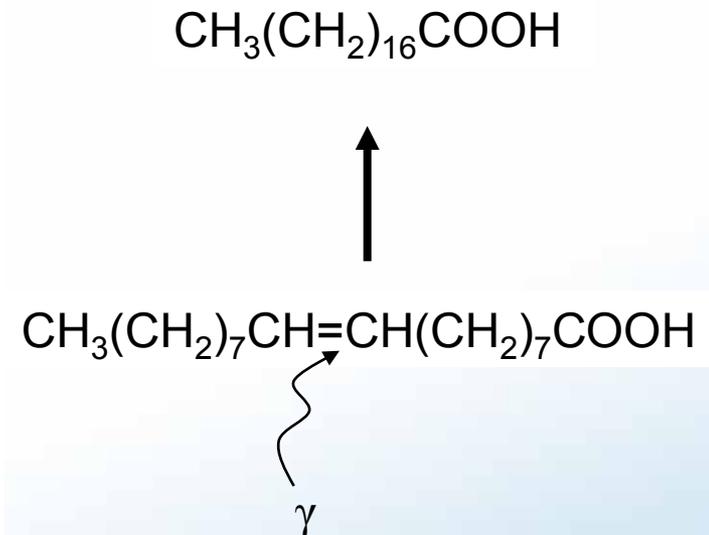
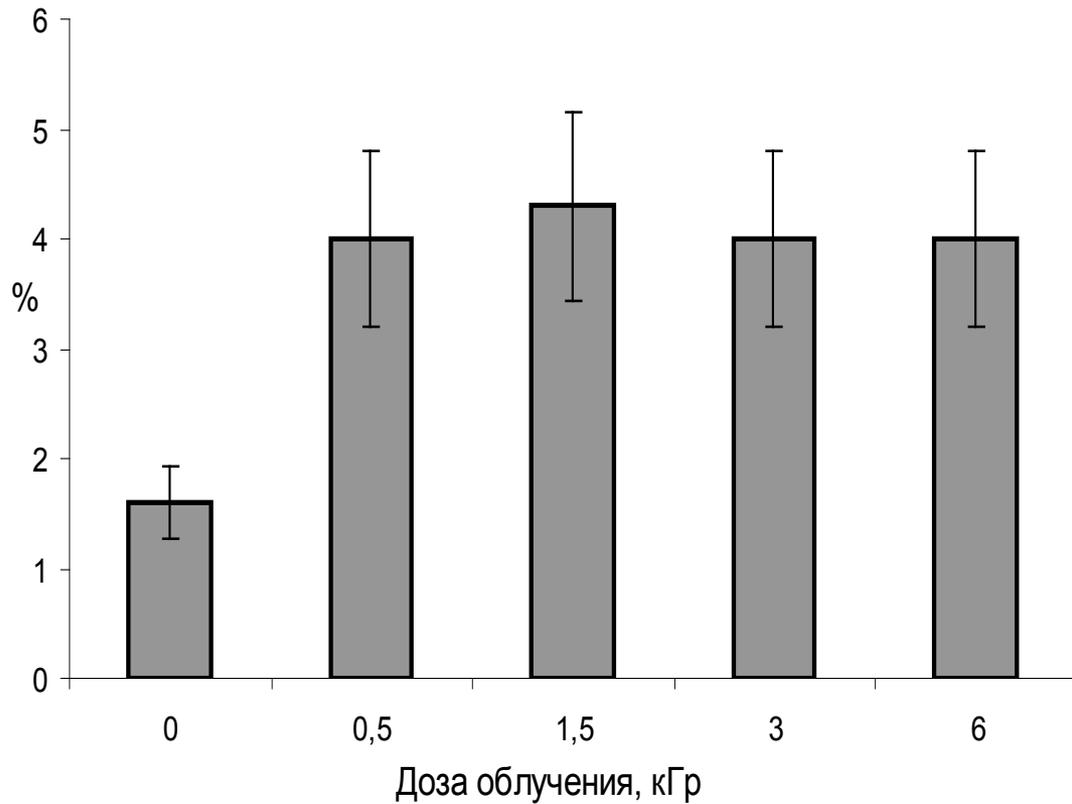
Результаты

Зависимость микробиологической обсемененности рыбных пресервов от дозы облучения



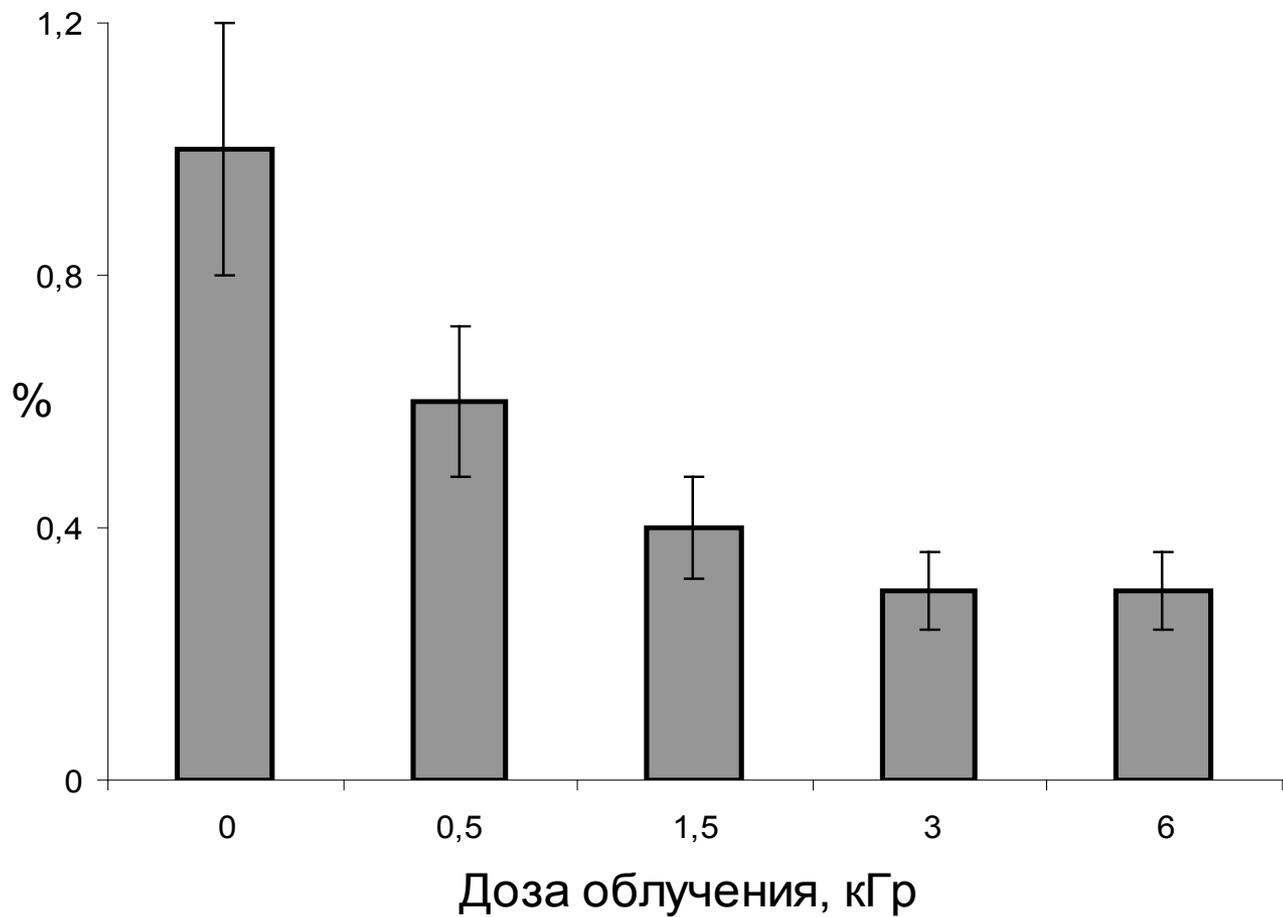
Результаты

Зависимость содержания стеариновой кислоты в облученных и не облученных рыбных пресервах



Результаты

Зависимость содержания бегеновой кислоты от дозы облучения в рыбных пресервах



Результаты

Динамика количества МАФМ в облученных рыбных пресервах в разные сроки хранения

Доза облучения, кГр	Сроки хранения, сутки				
	1	30	60	90	120
0	$4,5 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$
0,5	$3,5 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$
1,5	$3,0 \cdot 10^3$	$8,0 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$6,0 \cdot 10^2$
3,0	$2,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$4,5 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^2$
6,0	<10	<10	$2,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^4$

Норма: не более $2 \cdot 10^5$ КОЕ в 1 см^3 (ГОСТ 10444.15-94)

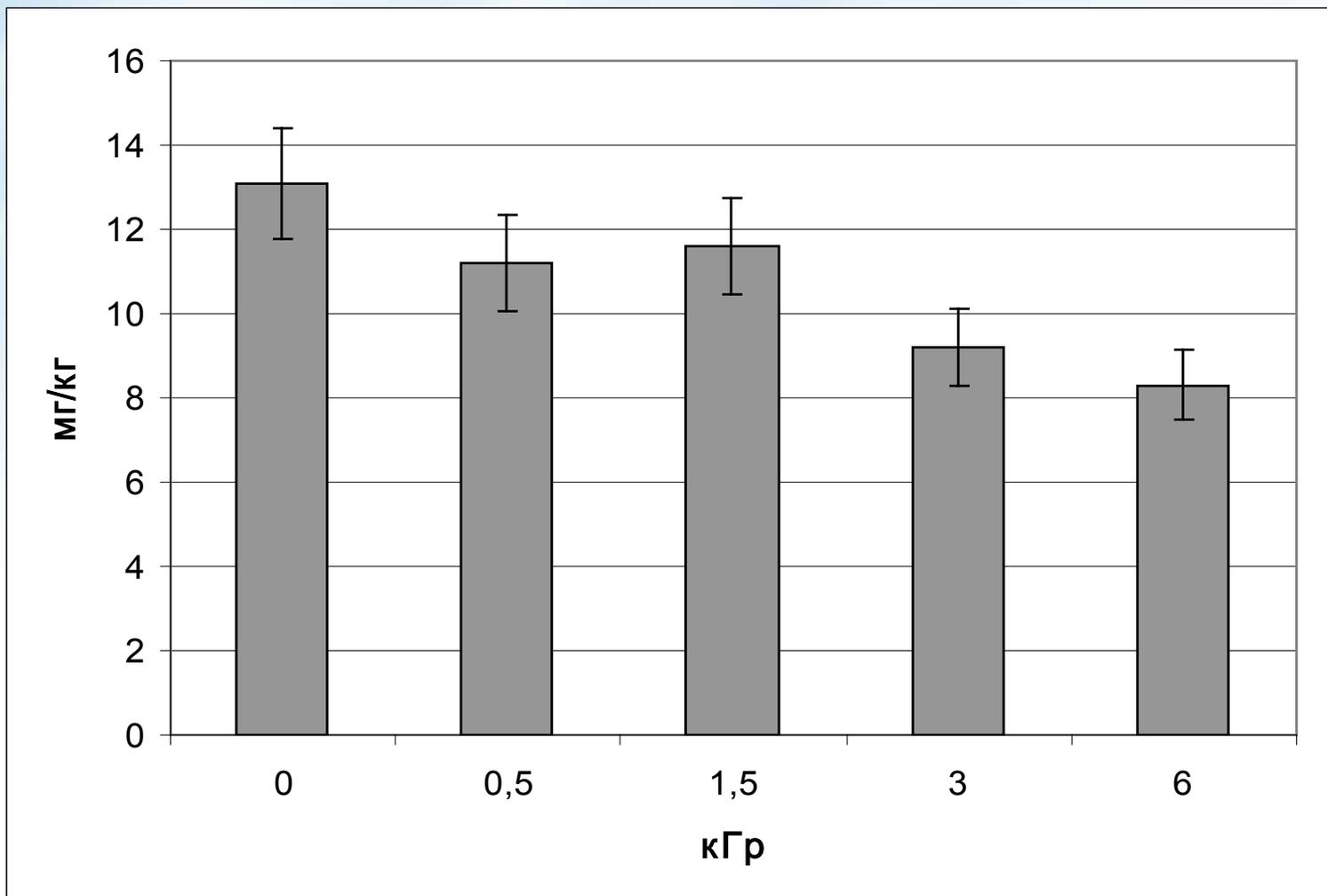
Результаты

Динамика дрожжей в облученных рыбных пресервах в разные сроки хранения

Доза облучения, кГр	Сроки хранения, сутки				
	1	30	60	90	120
0	$2,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^4$
0,5	$3,5 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$	$4,0 \cdot 10^4$
1,5	$2,0 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^4$	$1,0 \cdot 10^4$
3,0	$2,0 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$	$3,0 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$
6,0	<10	$2,0 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^5$
Норма: не более 100 КОЕ в 0,1 см ³ (ГОСТ 10444.12-88)					

Результаты

Уровень гистамина в пробах, взятых через месяц хранения



Выводы

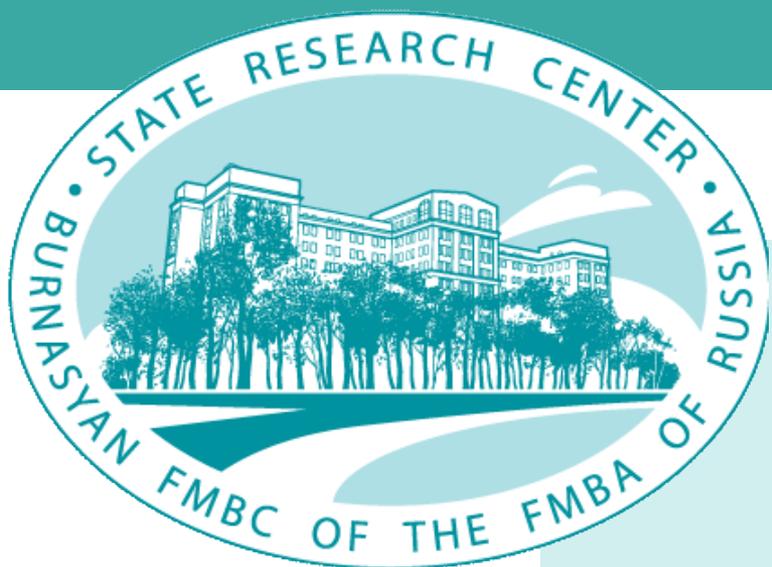
- Показано, что максимальная эффективность радиационной обработки рыбных пресервов достигается при дозе 6 кГр. В результате облучения в такой дозе происходит практически полное подавление жизнедеятельности микроорганизмов, делающих эту продукцию непригодной к использованию по санитарно-гигиеническим требованиям, а незначительное изменение физико-химических свойств некоторых компонентов продукта не выходит за рамки нормативов.
- Выявлена высокая резистентность дрожжей к γ -облучению. При отсутствии конкуренции со стороны других микроорганизмов, происходит бурное размножение сохранившихся дрожжевых грибов, первоначально подавленных воздействием ионизирующего излучения в дозе 6 кГр. Также обращает на себя внимание существенное снижение содержания бегеновой кислоты с ростом дозы облучения.
- Следует отметить, что практическое применение радиационной обработки требует неукоснительного соблюдения температурного режима хранения рыбных пресервов при $t \leq 0^{\circ}\text{C}$ в связи с возможностью сохранения в облученном продукте радиорезистентных спор *Clostridium botulinum*, которые при более высокой температуре способны прорасти и стать источником токсина.
- Представленные материалы подтверждают перспективность разработок в области радиационных технологий, внедрение которых может стать ключевым методом сохранения качества сельскохозяйственной и пищевой продукции.

Интересные результаты

Через 12 месяцев хранения продукции было обнаружено, что в контрольных образцах произошло полное нарушение сенсорных характеристик. Состояние облученной продукции по этому показателю соответствовало норме. Максимальный эффект отмечали при дозе 6 кГр.



Радиационно-гигиенические исследования в районе расположения ОАО ППГХО



**Дмитрий Исаев
Владимир Серегин**



Содержание

- § Комплексное изучение состояния окружающей среды и здоровья персонала Приаргунского предприятия по добыче и переработке урановых руд
- § Оценка содержания радионуклидов уранового ряда в объектах окружающей среды и местных пищевых продуктах в жилом районе, прилегающем к местам подземной добычи урана в России
- § Радиационная обстановка на территории города Краснокаменск



ОАО ППГХО

- § Создано в 1968 году
- § Добыча урана ведется подземным горным способом
- § Готовой продукцией предприятия является закись-окись урана — U_3O_8
- § Переработка руды осуществляется на гидрометаллургическом заводе и на площадке кучного выщелачивания.
- § Является градообразующим предприятием





г. Краснокаменск



§ Расположен в 18 км к юго-западу от ППГХО

§ Население 60 тыс. человек



Мощность дозы гамма-излучения на территории СЗЗ ППГХО

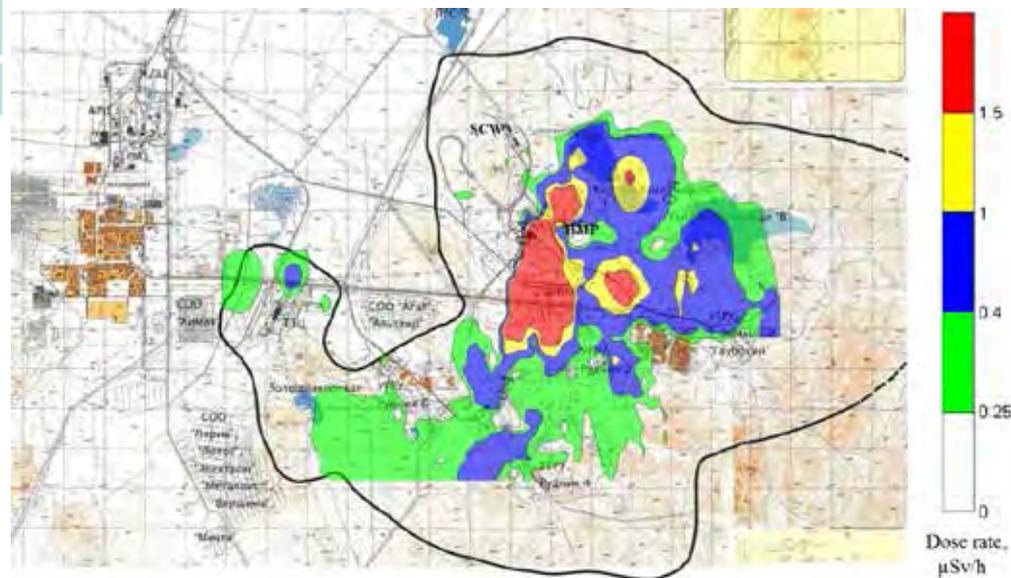
Территория	Диапазон мощности дозы, мкЗв/ч
------------	--------------------------------

Территория СЗЗ ППГХО

Надшахтные здания	0.33-3.5
Гидрометаллургический завод (300-1200 м)	0,18-2,1
Хвостохранилище (300-800 м)	0,11-1,48
Сернокислотный завод	0.19-0.57
Огаркоохранилище (300-800 м)	0,14-2,8
ТЭЦ	0.12-0.45
Поселок Октябрьский	0. 1-2.5

Территория за пределами СЗЗ ППГХО

г. Краснокаменск	0,20-0,35
п. Соктуй	0,14-0,16





Содержание ЕРН в почве и растительности

Место отбора пробы	Отношение удельных активностей		
	Ra^{226}/Th^{232}	Ra^{226}/K^{40}	Th^{232}/K^{40}
Надшахтное здание 8К-9К направление Западное 300 м и Восточное 300 м	25,4	0,44	0,017
Надшахтное здание 3Р направление Южное 300 м и Северное 300 м	750	15	0,019
Надшахтное здание 5В направление Северное 300 м и Восточное 300 м	9,3	0,325	0,035
Надшахтное здание 3В направление Восточное 300 м и Северное 300 м	16	0,40	0,025
Шурф «Западный» направление Западное 300 м и Южное 300 м	1,5	0,074	0,05
Хвостохранилище Все направления 300 м	3,3	0,15	0,043
п. Соктуй	0,32	0,054	0,17
Красноярский край	0,67±0,07	0,090±0,018	0,15±0,04



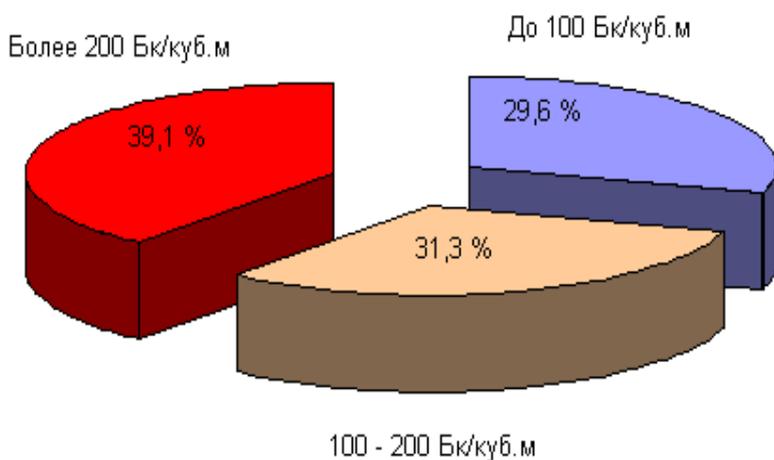
Содержание ЕРН в питьевой воде, воде открытых водоемов и в подземной воде

Место отбора пробы	Характеристика пробы	Объемная активность, Бк/л						$\Sigma(A_i/УВ_i)$
		^{238}U	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{90}Sr	^{137}Cs	
Умыкеевские озера в месте сброса	Сточная вода	0,9	0,23	7,4	0,75	0,38	0,15	1,8
Насосная станция	Шахтная вода	0,2	0,04	1,5	0,5	0,21	0,09	1,26
Умыкеевские озера	Вода озера	1,0	0,15	5,5	0,35	0,20	0,08	1,14
Наблюдательная скважина № 77207	Подземная вода	0,2	0,03	0,8	0,04	0,03	0,02	0,20
Наблюдательная скважина № 8016	Подземная вода	0,4	0,06	2,0	0,12	0,05	0,06	0,48
п. Октябрьский	Питьевая вода	0,1	0,15	5,5	0,30	0,03	0,09	0,89



Поселок Октябрьский

§ Мощность дозы до 2,5 мкЗв/ч

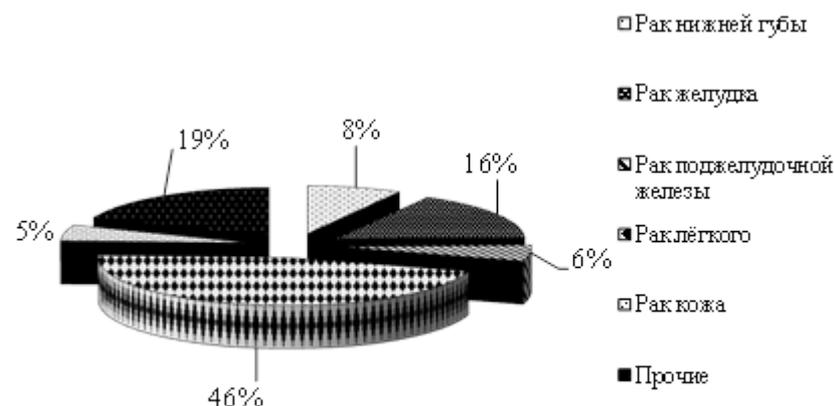
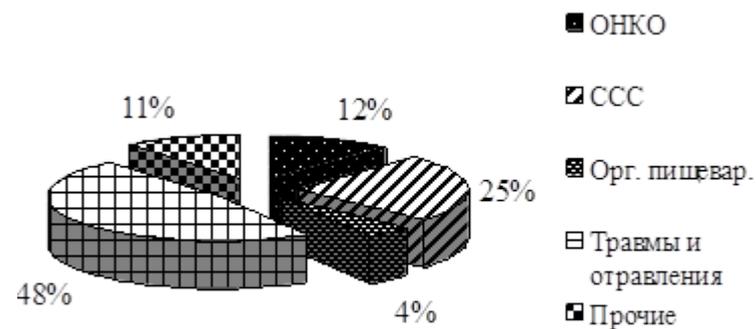


Группа населения	Поселок Октябрьский		Поселок Соктуй
	Среднегодовая доза, мЗв	Диапазон, мЗв/год	Среднегодовая доза, мЗв
Пенсионеры и работающие в зданиях	14.0	1.3 – 85.0	7.6
Население, работающее за пределами поселка	8.4	0.82 – 52.0	4.7
Дети(а)	9.2	0.85 – 57.0	5.1



Оценка профессиональной заболеваемости персонала

Обобщены материалы по группе шахтёров Приаргунского производственного горно-химического объединения в количестве 584 человек по дозам внешнего и внутреннего облучения за 1980-2008 гг. и их медицинская база





Радиационная обстановка в г. Краснокаменск

Характеристики распределения мощности дозы гамма-излучения по территории г. Краснокаменск

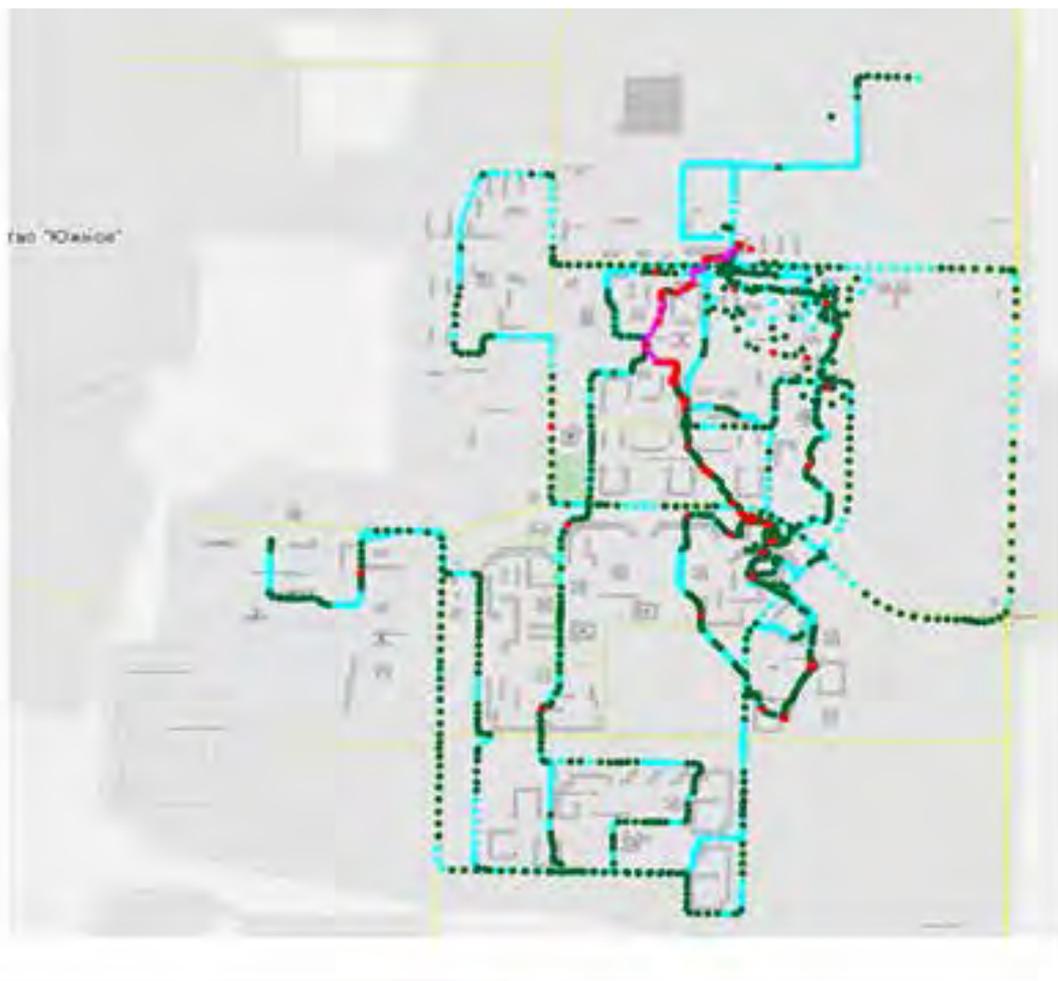
Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	
0,19	0,15	0,24	

Характеристики распределения мощности дозы гамма-излучения по жилым помещениям г. Краснокаменск

	Среднее значение	Минимальное значение	Максимальное значение	
	0,18	0,10	0,29	



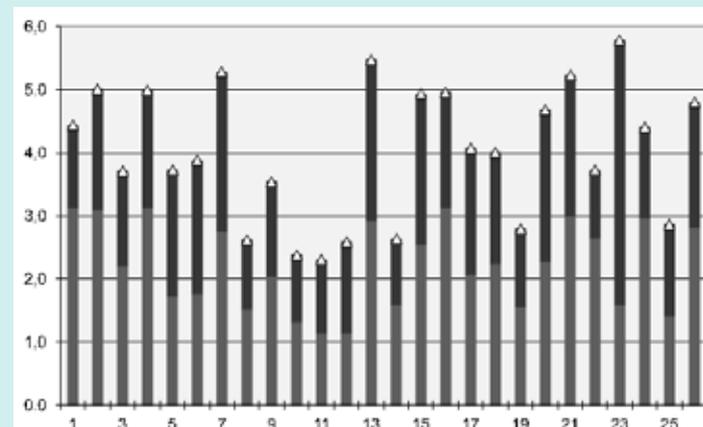
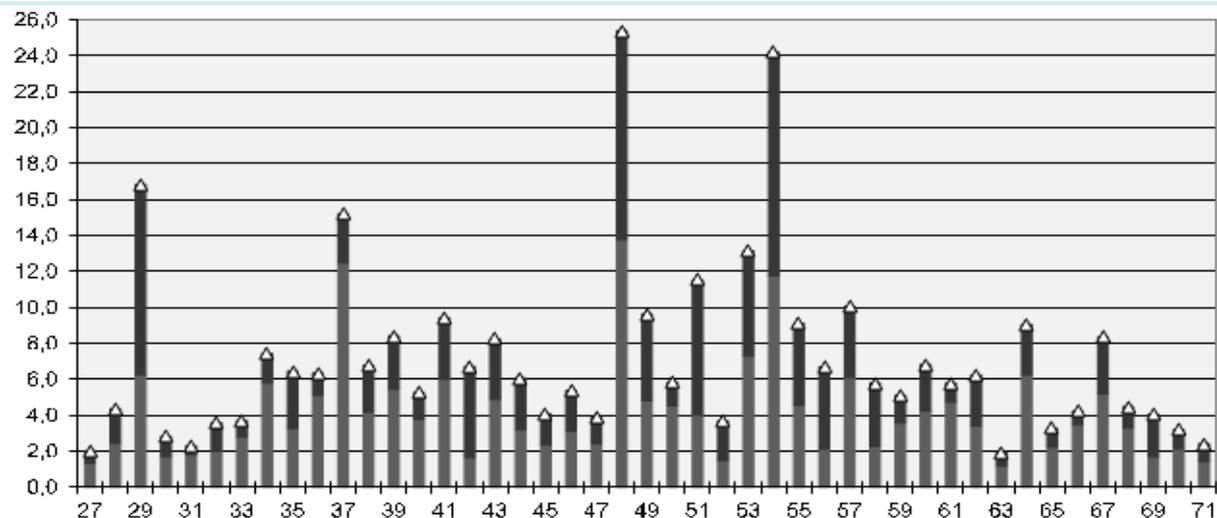
Содержание ЕРН в почве





Исследование содержания радона

ЭРОА
радона и дозы
облучения не
превышают
значения
приемлемого уровня
облучения населения от
природных источников излучения.
Однако, следует провести более детальные
исследования в детских учреждениях, где доза от
Радона превышает 4 мЗв/год





Содержание ЕРН в питьевой воде распределительной сети города Краснокаменска

Р/н	Удельная активность радионуклида, Бк/кг						УВ, Бк/кг
	29.04.2010 ¹	06.05.2011 ¹	2009 ²	2010 ²	2011 ²	2012 ²	
²³⁴ U	0,96	0,87	-	-	-	-	2,8
²³⁸ U	0,71	0,59	2,3	1,6	1,9	2,0	3,0
²³⁵ U	-	-	0,12	0,046	0,095	0,0711	2,9
²¹⁰ Po	<0,02	<0,02			-	<0,006	0,11
²¹⁰ Pb	<0,05	0,13		0,0128	0,64	<0,003	0,2
²²⁸ Th	<0,01	<0,1			-		1,9
²³⁰ Th	<0,02	<0,1			-		0,65
²³² Th	<0,01	<0,1	0,034	0,013	0,027	0,017	0,60
²²⁶ Ra	0,08	<0,1	0,086	0,05	0,33	0,061	0,49
²²⁸ Ra	0,07	<0,1	0,038		0,055		0,2



Пищевые продукты

Пищевой продукт	Удельная активность, Бк/кг(л)						
	^{210}Pb	^{210}Po	^{238}U	^{226}Ra	^{232}Th	^{228}Ra	^{235}U
Картофель ¹	<0,014-0,08	0,014	3,9- 8,0	0,1-0,34	0,027-0,072	0,044-0,094	0,02-0,081
Картофель ²	0,06-0,48	0,04-0,06	3,5-5,0	0,07-0,24	0,031-0,062	0,1-0,13	0,039-0,19
Корнеплоды ¹	<0,015-0,14	<0,003-0,01	2,0-3,3	0,11-0,16	0,033-0,086	0,16	0,027-0,051
Корнеплоды ²	0,21-0,28	< 0,035	2,1-4,2	0,17-0,26	0,095	0,22	0,047-0,070
Мясо ¹			2,8-4,3	0,089-0,17	0,032-0,041		0,022-0,054
Мясо ²	0,14-1,2		5,9	0,14-1,5	0,58	0,51	0,042-0,22
Молоко ¹	<0,016-0,22	<0,002-0,012	3,7	0,035-0,26	0,042		0,15
Молоко ²	0,04	<0,006	2,6-3,5	0,035-0,15	0,0087-0,025	0,047-0,086	0,023-0,11
Рыба	<0,0013	<0,005	3,5	0,057-0,16	0,021-0,047	0,1	0,033
Грибы (сыр.вес)			4,1	0,10	0,032	0,095	0,062



Среднегодовые дозы облучения населения г. Краснокаменск

Путь облучения	Среднегодовая доза, мЗв
Внешнее облучение на открытой местности	0,3
Внешнее облучение в помещении	1,3
Ингаляционное поступление радона и продуктов его распада в жилых помещениях	2,5
Потребление пищевых продуктов	0,4
Потребление питьевой воды	0,3
Всего	4,8



Выводы

- § Превышаются уровни вмешательства, установленные в НРБ-99/2009 для питьевой воды. Среднегодовая эффективная доза облучения населения за счет потребления такой воды составляет 0,4 мЗв (менее 10 % от суммарной среднегодовой дозы)
- § Удельная активность ЕРН в пищевых продуктах местного производства практически не отличается от удельной активности привозных продуктов
- § Среднегодовая эффективная доза облучения населения ЕРН по всем путям воздействия составляет 4,8 мЗв. Более половины дозы формируется в результате ингаляционного поступления радона и продуктов его распада при нахождении в помещениях
- § В соответствии с ОСПОРБ 99/2010 облучение населения г. Краснокаменска природными источниками излучения находится на границе приемлемого и повышенного облучения

*ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии,
Обнинск*

**ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ РАДИОАКТИВНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ЭКОСИСТЕМ:
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ И РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
РИСКИ**

**С.И. Спиридонов, В.В. Иванов,
В.Л. Тетенькин, Р.А. Микаилова**

Основные задачи прикладной радиоэкологии:

1. Задачи оценки – оценка и прогнозирование радиоэкологических ситуаций
2. Задачи управления - устранение или смягчение последствий радиоактивного загрязнения экосистем (разработка защитных мероприятий и оптимизационных стратегий)

Корректное решение задач 1:

- обоснованная постановка задач 2
- наработка “инструментария”, который может быть использован при их решении

Общая классификация радиоэкологических ситуаций

(согласно Basic Safety Standards, МАГАТЭ, 2011):

- **А) Плановые (planned exposure situation)**
 - функционирование объектов ЯТЦ в штатном режиме
- **В) Аварийные (emergency exposure situation)**
 - проектные, запроектные аварии, непредвиденные ситуации
- **С) Существующие (existing exposure situation)**
 - радиоактивное загрязнение территорий в результате произошедших аварий, испытания ядерного оружия и т.д.

Этапы прогнозирования и оценки последствий радиоактивного загрязнения экосистем и соответствующие “инструменты”



Ключевые методологические аспекты :

**Неравновесные ситуации (“временной аспект”)
*(динамика дозовых нагрузок и изменение объектов)***

Неопределенности радиозэкологических оценок

- пространственная неоднородность выпадений,***
- вариабельность миграционных параметров,***
- в итоге - дозовых нагрузок,***
- неопределенность критериев риска (для биоты)***

Уровень детализации оценок (учет методол. аспектов) определяется:

- **постановкой задачи**
(задачи обоснования ядерных объектов и циклов, ОВОС для конкретных объектов, оценка по данным мониторинга)
- **особенностями радиоэкологической ситуации**
(острое или хроническое загрязнение, уровни радиационного воздействия и т.д.)
- **возможностью информационного обеспечения**
(сложные модели требуют большого количества параметров, а вероятностные методы требуют статистически достоверных выборок данных)

Радиоэкологические риски — унифицированные итоговые показатели оценки последствий радиоактивного загрязнения экосистем для человека и биоты

(учет различного рода неопределенностей)



Методы расчета радиоэкологических рисков

Методы оценки рисков	Иллюстрация методов
<p>Детерминистский метод (индексы радиационного воздействия)</p>	<p style="text-align: center;">Иллюстрация методов Фактор Критерий</p> <p>The figure consists of three vertically stacked graphs. The y-axis is labeled 'P (плотности вероятности распределений)' and the x-axis is labeled 'Дозовая нагрузка'. A horizontal axis at the top has two points marked with red and blue circles, labeled 'Фактор' and 'Критерий' respectively. Vertical dashed lines extend from these points down through all three graphs. In the top graph, an orange curve labeled P_1 is shown. A red dot is on the x-axis at D_1 and a blue dot is at D_2. The area under the curve to the right of D_2 is shaded with diagonal lines. In the middle graph, a blue curve labeled P_2 is shown. A red dot is on the x-axis at D_1 and a blue dot is at D_2. The area under the curve to the left of D_1 is shaded with diagonal lines. In the bottom graph, both orange (P_1) and blue (P_2) curves are shown. A red dot is on the x-axis at D_1 and a blue dot is at D_2. The area under both curves between D_1 and D_2 is shaded with a cross-hatch pattern.</p>
<p>Вероятностный метод 1-го типа (учтена неопределенность дозовой нагрузки)</p>	
<p>Вероятностный метод 2-го типа (учтена неопределенность резистентности объекта)</p>	
<p>Интегральный вероятностный метод (учтены неопределенности дозовой нагрузки и резистентности объекта)</p>	

ВНИИРАЭ – выполнены работы, демонстрирующие влияние variability плотностей загрязнения и неопределенности миграционных параметров на результаты оценок

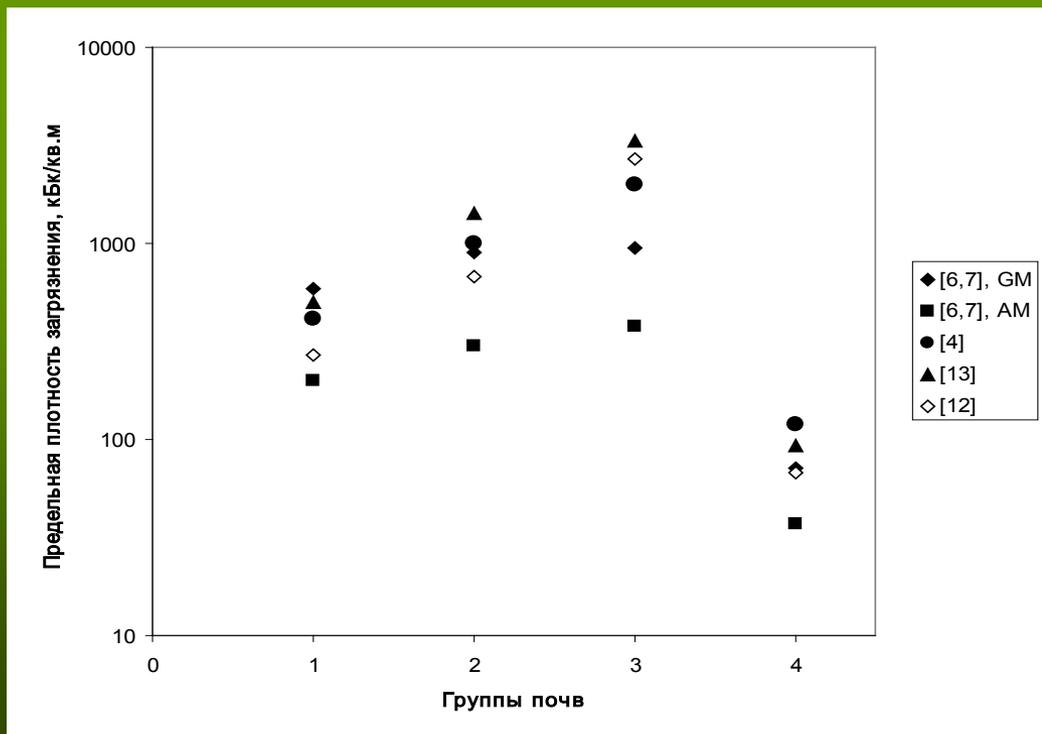
Три радиоэкологических ситуации:

- I. Долгосрочный период после чернобыльских выпадений – риски загрязнения агропродукции**
- II. Долгосрочный период после ядерных испытаний на территории СИП – риски превышения дозовых критериев для населения и биоты**
- III. “Острый” период после радиоактивного выброса при запроектной аварии на реакторе PHWR – риски для биоты (референтный объект)**

I. - Значимость проблемы

Средние плотности загрязнения ^{137}Cs почв с.-х. угодий, на которых возможно получение нормативно чистого молока, по данным различных литературных источников. (Во всех случаях – детерминистский подход)

Группы почв: 1 – песчаные, супесчаные; 2 – легко и среднесуглинистые; 3 – тяжелосуглинистые и глинистые; 4 – органические (торфяные)



В зависимости от способа стат. обработки (оценка среднего) индекс вариабельности – 1.9-3.0 (для почв различных групп)

I. — исходные данные и ”инструментарий”

Равновесная ситуация

В документах МАГАТЭ (TRS-472, TECHDOC-1616), носящих рекомендательный характер, приводятся параметры перехода радионуклидов в растения и продукцию животноводства:

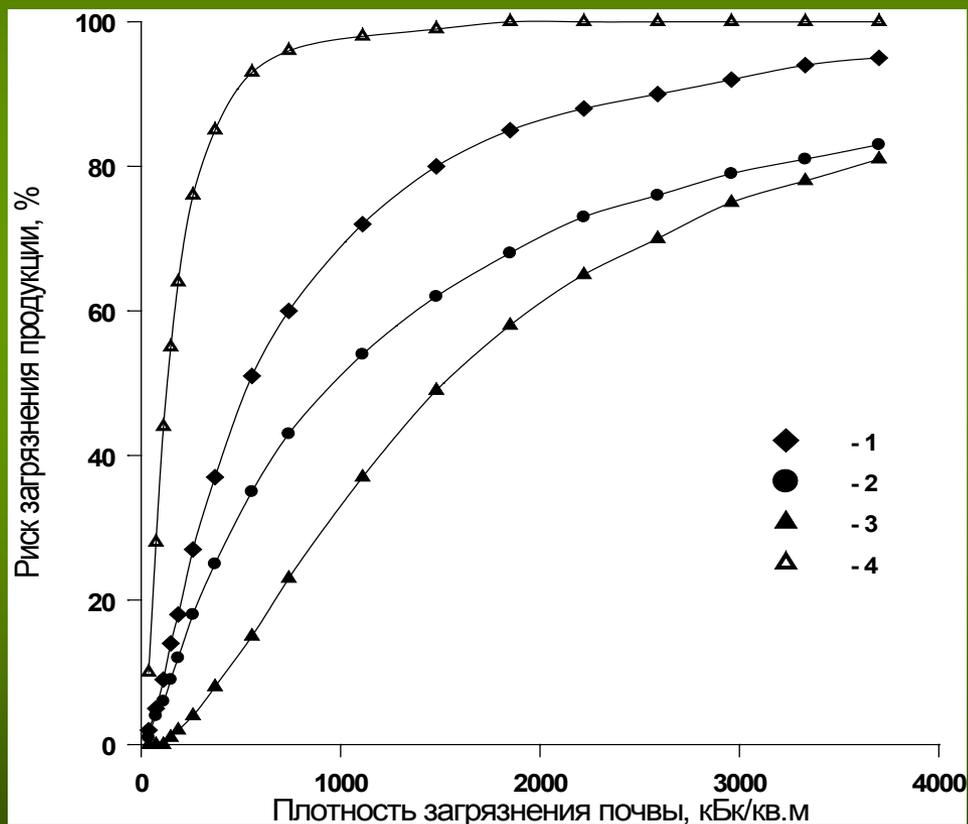
- среднее арифметическое (AM),
- среднее геометрическое (GM),
- стандартные отклонения нормального (SD) и логнормального распределений (GSD).

Разработаны модели и программные модули, позволяющие:

- рассчитывать риски превышения нормативов содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства и животноводства (“прямая задача”)
- оценивать допустимые уровни загрязнения почв (“обратная задача”)

I. — некоторые результаты

Зависимости рисков загрязнения зерновой продукции ^{137}Cs от плотности загрязнения почв (КН подчиняется логнормальному закону)



- S-образный характер
- Аналогичная закономерность получена для тяжелых металлов в диапазоне нетоксичных концентраций

(1 – sand; 2 – loam; 3 - clay; 4 – organic)

I. — некоторые результаты

“Обратная задача”

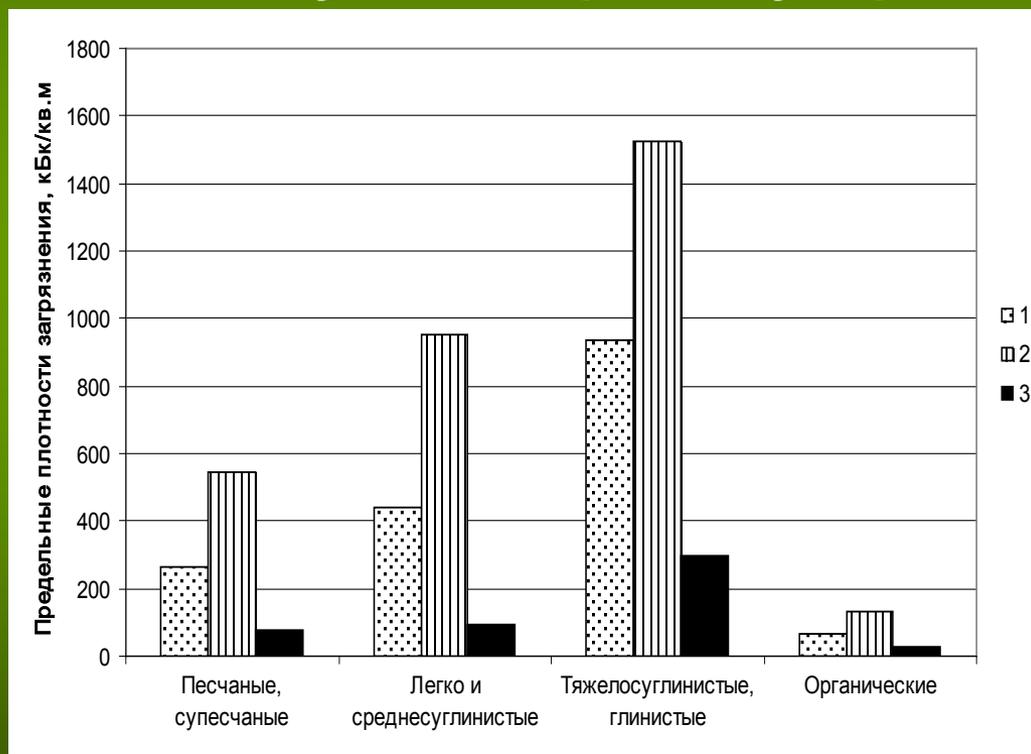
Предельные уровни загрязнения почв, при которых риски загрязнения зерновой продукции ^{137}Cs не превышают заданных значений, кБк/м^2 (Ки/км^2)

Допустимый риск, %	Группы почв			
	Sand	Loam	Clay	Organic
1	34 (0.92)	36 (0.97)	151 (4.1)	13 (0.35)
5	77 (2.1)	94 (2.5)	298 (8.1)	26 (0.69)
10	118 (3.2)	156 (4.2)	428 (11.6)	37 (0.99)
20	200 (5.4)	290 (7.8)	662 (17.9)	57 (1.3)
30	292 (7.9)	454 (12.3)	907 (24.5)	77 (2.1)
50	546 (14.7)	951 (25.7)	1530 (41.3)	130 (3.5)

I. — некоторые результаты

Сопоставление детерминистского и вероятностного подходов

Плотности загрязнения почв ^{137}Cs , обеспечивающие получение соответствующей нормативу зерновой продукции.



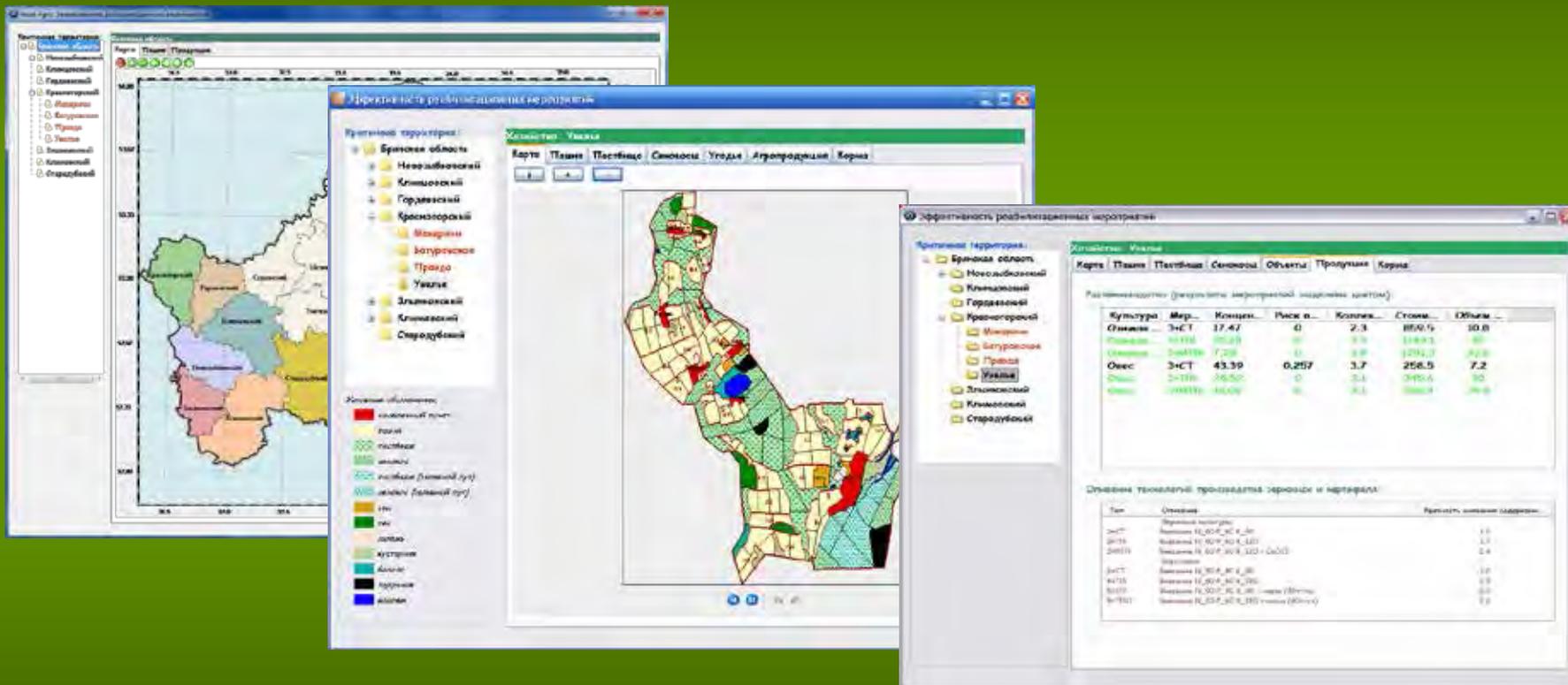
1 и 2 – оценка с использованием среднеарифметического и среднегеометрического значений КН

3 – расчет на основе вероятностного подхода (допустимый риск 5%)

I. — некоторые результаты

Влияние variability плотностей загрязнения - уровень хозяйства

Хозяйство “Увелье” Красногорского района Брянской обл.



Средняя концентрация 137Cs в овсе – 43 Бк/кг – ниже норматива (60 Бк/кг)

Риск превышения норматива – 0,26

I. — выводы

1. Для решения “прямой” и “обратной” задач целесообразно использовать вероятностные методы. Детерминистский подход может служить причиной недооценки доли “грязной” продукции и уровней загрязнения почв

Предельные уровни загрязнения песчаных почв ^{137}Cs изменяются в 5 и 7 раз при допустимых рисках загрязнения зерновой продукции 10 и 5% (по сравнению со средними оценками)



Кратность снижения содержания ^{137}Cs в продукции растениеводства за счет технологических приемов – не превышает 4-5 раз

I. – выводы

2. Снижение “сущностной” неопределенности КН возможно на основе детализации системы р.э. классификации почв

В то же время, усложнение классификационной системы может привести к методическим трудностям и увеличению погрешности

Оптимальный уровень детализации - ??

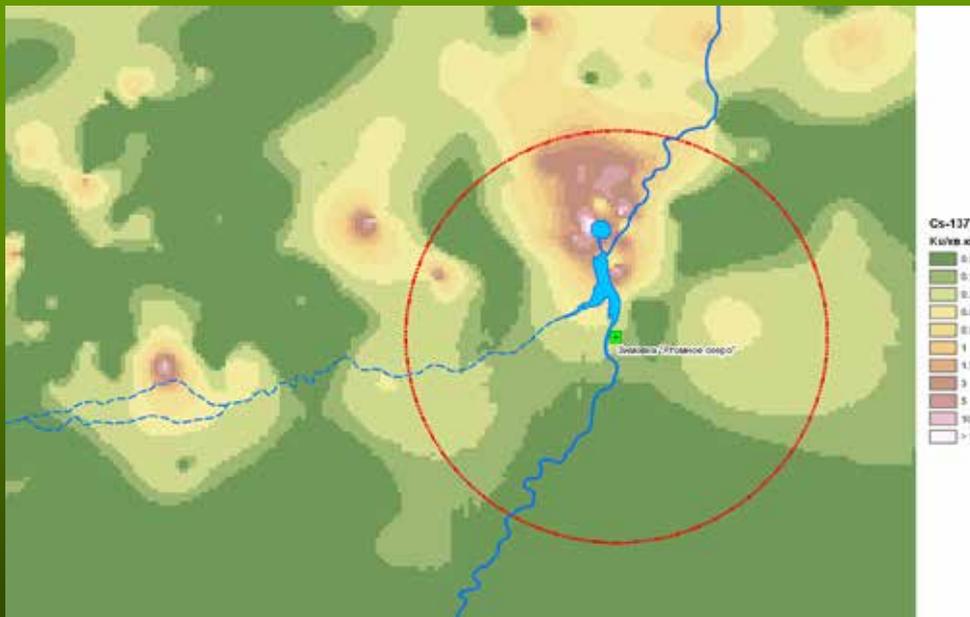
3. Важная задача - научное обоснование и законодательное утверждение величины приемлемого риска загрязнения продукции с учетом радиологических, экономических и социальных аспектов.

Ее решение может способствовать развитию подходов к классификации и зонированию с.-х. земель

II. — исходные данные

Радиоэкологическая ситуация – загрязнение долгоживущими радионуклидами (^{137}Cs и ^{90}Sr) территории Семипалатинского испытательного полигона (долгосрочный период после ядерных испытаний)

Специфика ситуации – существенная пространственная неоднородность загрязнения ареалов выпаса с.-х. ЖИВОТНЫХ



Плотности загрязнения ^{137}Cs в ареале выпаса лошадей и овец на территории, прилегающей к “Атомному озеру”

II. — дозовые нагрузки и р.э. риски для человека

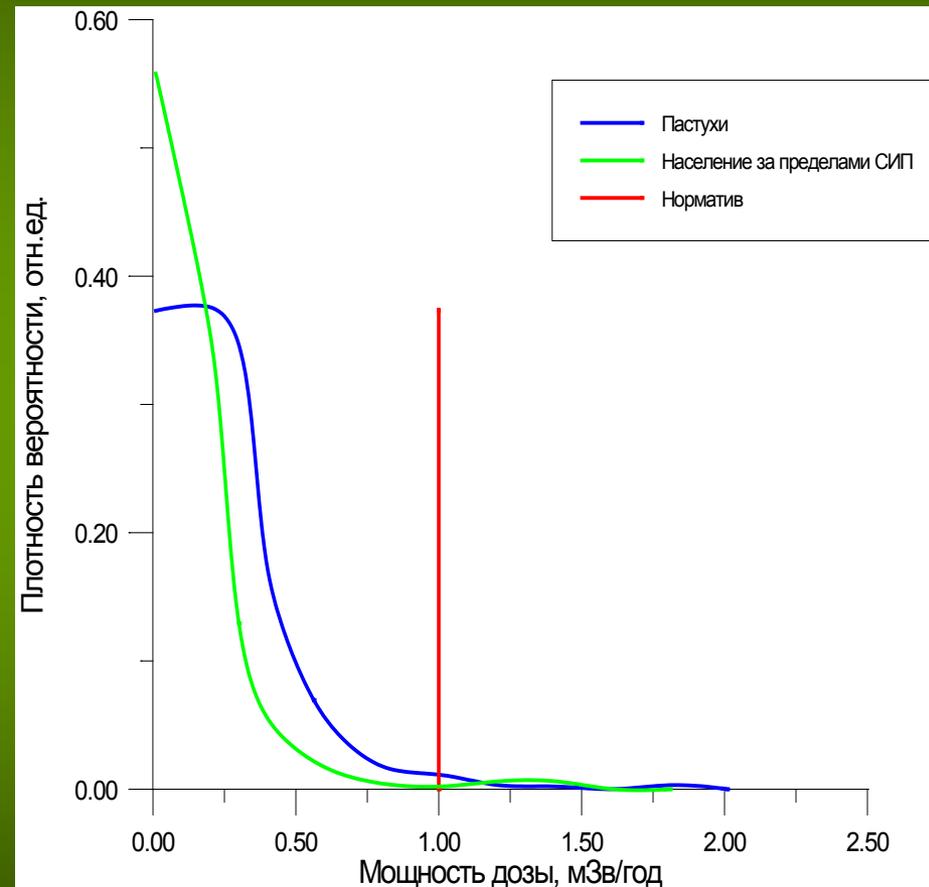
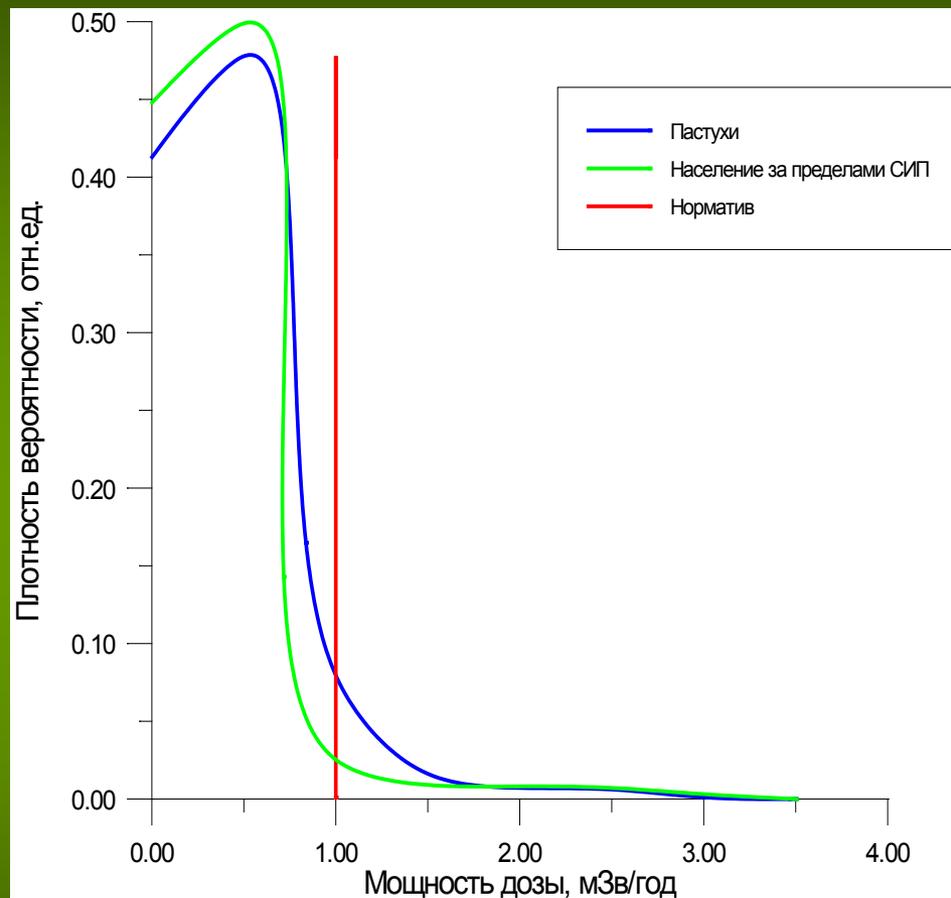
**На основе данных по загрязнению ареалов выпаса
рассчитаны:**

- вероятностные распределения
дозовых нагрузок на различные категории населения**
- риски превышения норматива 1 мЗв/год**

Вероятностный подход реализован двумя способами:

- 1. С учетом вариабельности только исходных данных по
плотностям загрязнения**
- 2. С учетом вариабельности исходных данных и
неопределенностей параметров миграции радионуклидов (метод
Монте Карло)**

II. — дозовые нагрузки и р.э. риски для человека



“Атомное озеро”

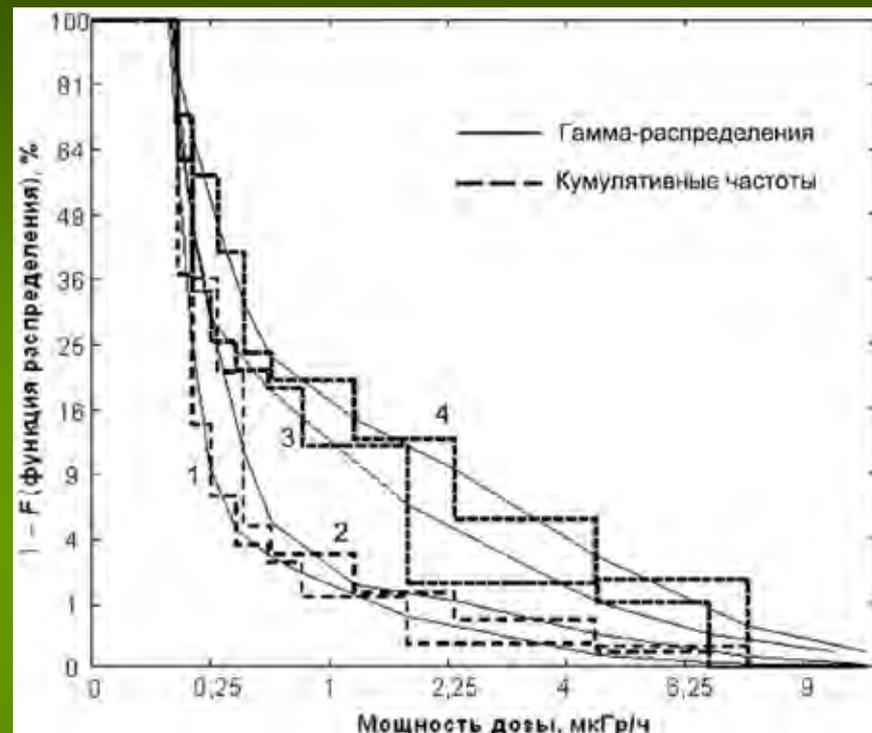
“Тактакойль”

II. — дозовые нагрузки и р.э. риски для биоты

Оценены:

- вероятностные
распределения дозовых
нагрузок на пастбищную
растительность
(в ареалах выпаса)

- радиоэкологические риски
(вероятности превышения
дозовых стандартов)



Дозовые стандарты для
наземной растительности,
приведенные в литературе
(400, 100, 10 мкГр/час)

II. — выводы

1. Значения вероятностных рисков связаны со результатами детерминистских оценок нелинейно.

Результаты р.э. сопоставления территорий на основе точечных индексов и рисков превышения дозовых критериев - различаются

2. Использование вероятностных показателей в условиях пространственной неоднородности загрязнения является предпочтительным

3. Риски превышения дозового норматива варьируют в широком диапазоне для различных территорий выпаса и категорий населения (максимум – 0, 1)

Риски для растительности - при использовании наиболее жесткого дозового предела не превышают $8 \cdot 10^{-4}$

III. “Острый” период после аварийного выброса

Процесс формирования дозовых нагрузок носит неравновесный характер, а их пространственное распределение может быть существенно неоднородным. “Временной” и “пространственный” аспекты – значимы при оценках

Пример - результаты оценок в рамках проекта INPRO-PE

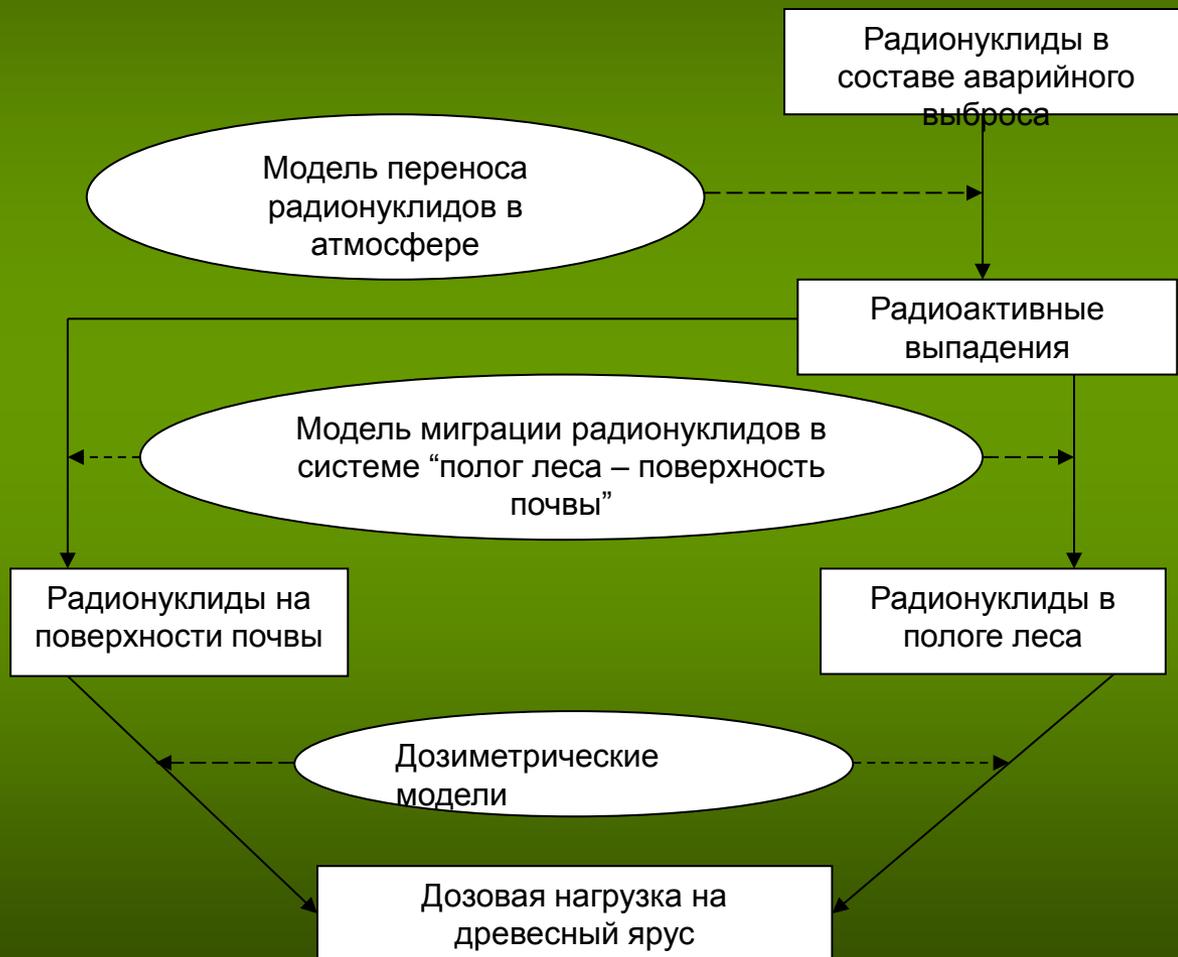
Исходная информация – атмосферный выброс при запроектной аварии на реакторе РНWR-745

Состав выброса – 70 радионуклидов !!

Высота выброса – 35 м

Референтный природный объект - хвойный лес (древесный ярус)

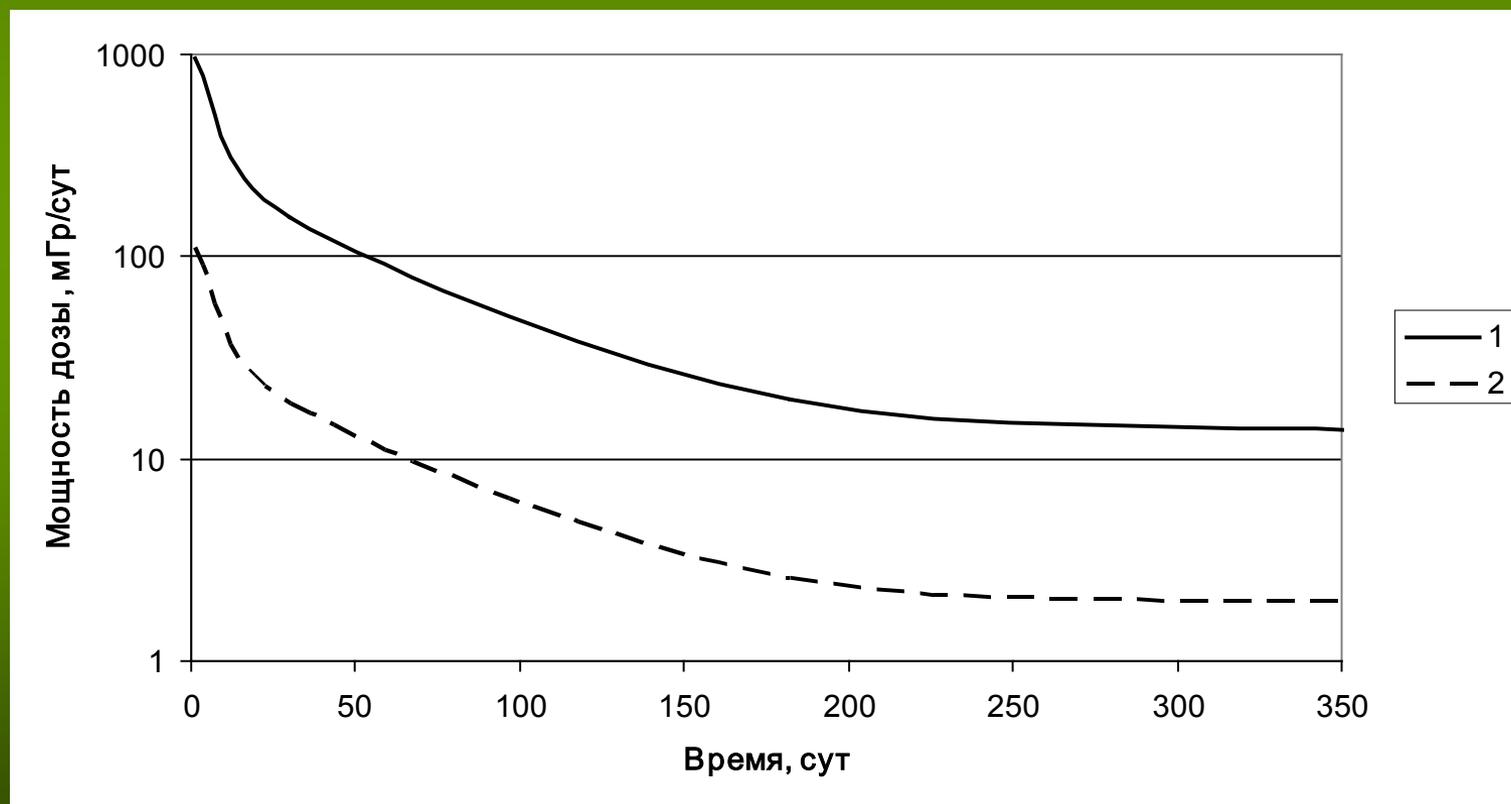
Расчетные “инструменты”



Динамика дозовой нагрузки на референтное хвойное насаждение :

1 - максимальная мощность дозы;

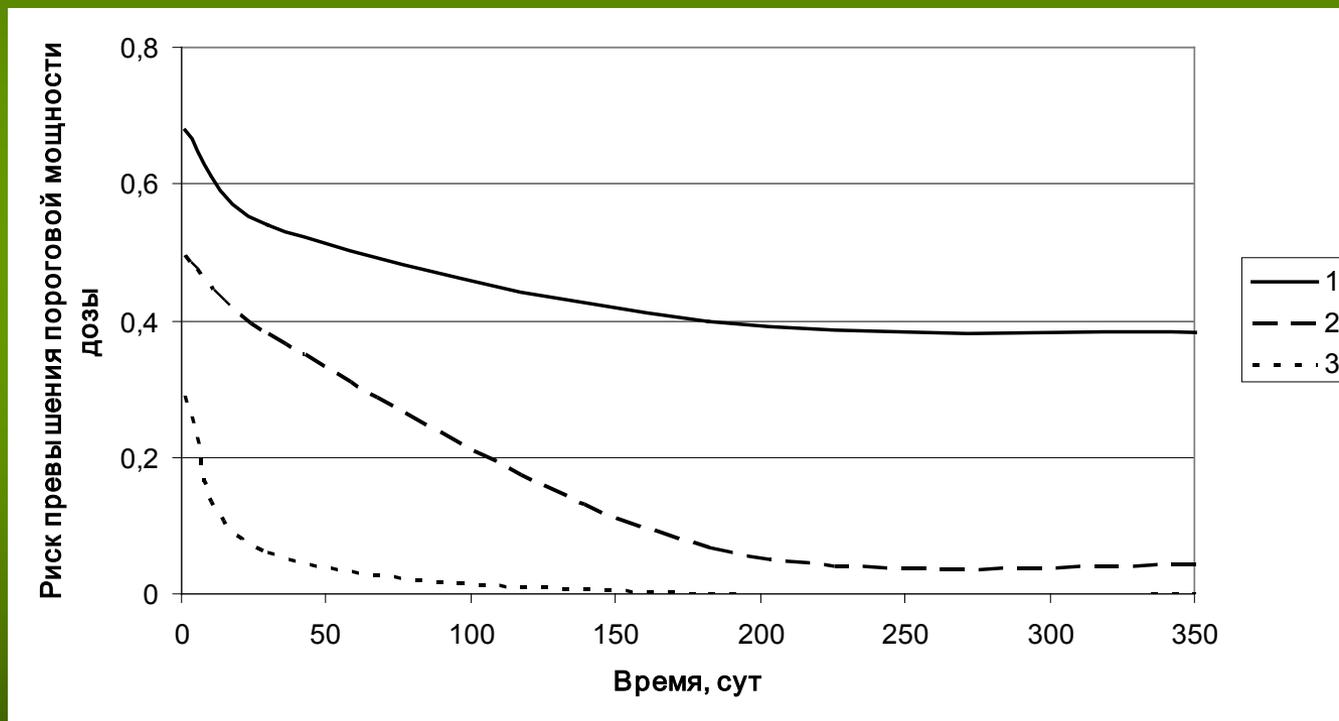
2 - средняя по территории радиоактивного следа (95% активности) мощность дозы



Радиоэкологические риски для референтного хвойного насаждения на территории радиоактивного следа

Критерии риска (“предельные” **мощности дозы**):

1 – 1 мГр/сут (ICRP, 2008); 2 – 10; 3 – 100 мГр/сут (диапазон 10-100 мГр/сут – повреждение хвойных деревьев)



Риски по критерию “мощность дозы” - функция времени

Абсолютные оценки - ?

Важный вопрос –установление критерия риска для неравновесных ситуаций

1. Дозовая нагрузка носит продолгованный характер (в составе радиоактивного выброса как коротко-, так и долгоживущие радионуклиды)

Характер облучения нельзя определить как “острый”.

2. В то же время происходит снижение дозовой нагрузки
Радиационное воздействие не является хроническим с постоянной мощностью дозы (как для нормализованных выбросов)

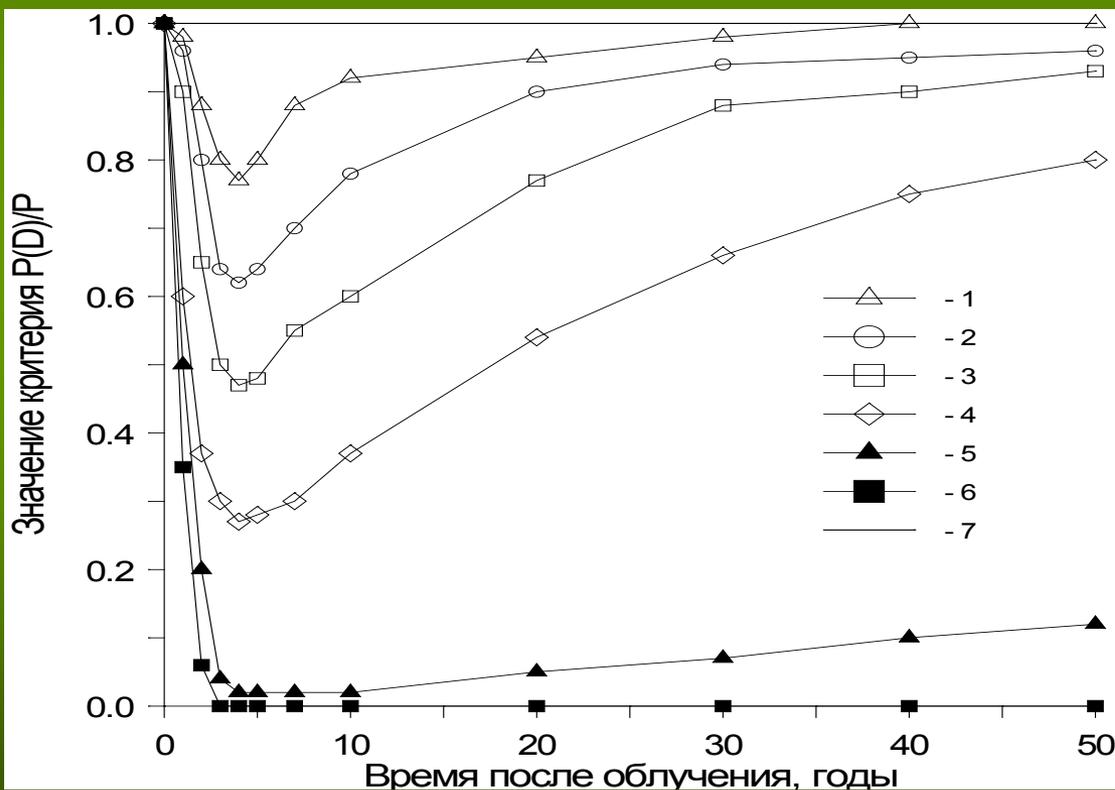
Вопрос о подходах к установлению дозовых пределов (критериев риска) - ?

- мощность дозы,
- кумулятивная (накопленная за определенный период) доза

Изменение объекта, подвергнувшегося радиационному воздействию

Максимальная, накопленная за год доза облучения древесных растений – 26 Гр

Средняя годовая доза на следе – 3.1 Гр



Динамика относительной продуктивности соснового насаждения после острого (1 месяц) внешнего облучения, рассчитанная по модели, разработанной на основе данных “Экос”

1 – поглощенная доза 5 Гр, 2 – 10 Гр, 3 – 15 Гр, 4 – 25 Гр, 5 - 50 Гр, 6 – 70 Гр, 7 – отсутствие облучения

Общие выводы

1. Учет неопределенностей исходных данных и параметров – важное условие выполнения оценок ряда радиозэкологических ситуаций
2. Универсальные показатели – вероятностные радиозэкологические риски, оцениваемые как для человека, так и для биоты, - позволяют “на выходе” аккумулировать неопределенности

3. Оценка критериев риска для компонентов биоты в виде функции распределения радиорезистентности — возможное направление дальнейшего развития концепции р.э. рисков

Например – “наложение” пространственного распределения радиоактивных выпадений (дозовых нагрузок) и распределения радиочувствительности растений в рамках популяционного ареала

4. Для прогнозирования последствий аварийных выбросов - установление критериев риска для биоты с учетом характера формирования дозовых нагрузок (острое и, в дальнейшем, пролонгированное воздействие)

5. При высоких уровнях загрязнения окружающей среды в результате аварийных ситуаций

- прогнозирование развития природных сообществ с учетом нарушения связей между их компонентами (вторичные экологические эффекты) и пострадиационного восстановления

6. Для сопоставления потенциальной опасности объектов ЯТЦ (при обосновании новых энерготехнологий) — оценка пересечения технологических и радиоэкологических рисков

**ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
РАДИОЛОГИИ И АГРОЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК**



ДЕЙСТВИЕ γ - ОБЛУЧЕНИЯ НА КЛУБНИ КАРТОФЕЛЯ

Тихонов А.В.

**г. Обнинск
2015**

Актуальность исследования



Парша обыкновенная

кольцевая гниль



Парша серебристая

Установка радиационного облучения



Опыт производился на гамма установке радиационного облучения (ГУР-120) заряженной источниками ионизирующего излучения кобальт 60 типа ГИК-7-4. Экспозиционная доза измерялась прибором ДКС-101, поверенного 13 декабря 2012.



- **Схема опыта:**



В опыте использовались клубни картофеля сорта «Сантэ», которые отбирали согласно ГОСТ 7001-66 по массе от 35 до 100 г (стандарт 1 класса). Перед опытом клубни картофеля были рассортированы по поражению фитопатогенами: паршой обыкновенной, паршой серебристой и кольцевой гнилью

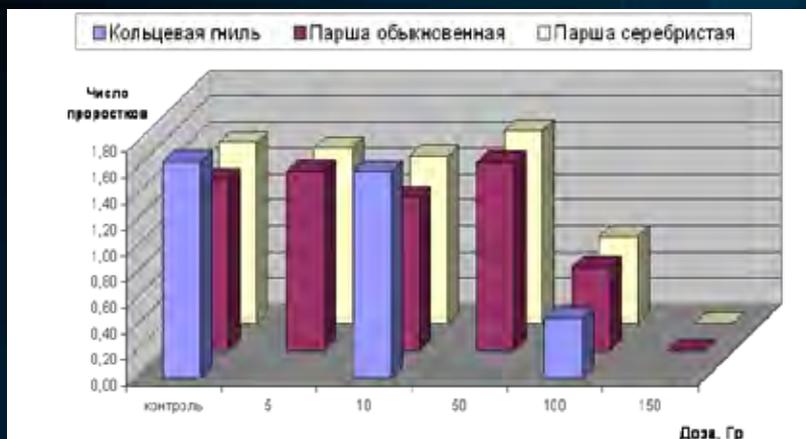
Дозы облучения клубней картофеля перед посадкой составили: 2Гр, 5Гр, 20Гр, 50Гр,

Дозы облучения перед закладкой картофеля на хранение составили: 5Гр, 10Гр, 50Гр, 100Гр, 150Гр .

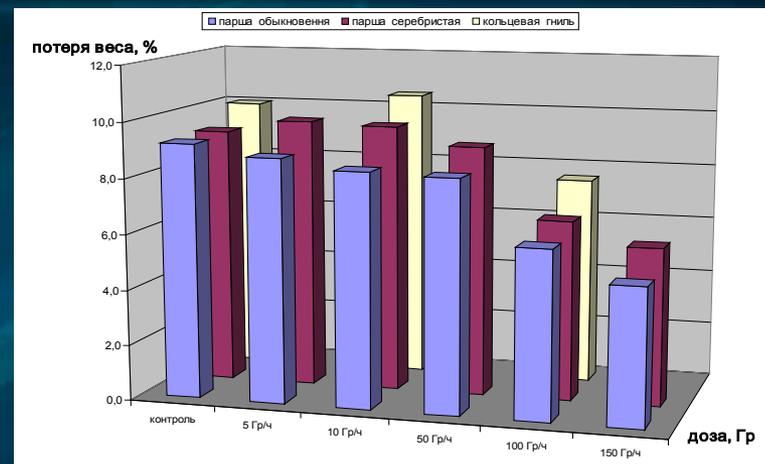
Величина дозы варьировалась расстоянием до источника.

Пораженность клубней после хранения заболеваниями:

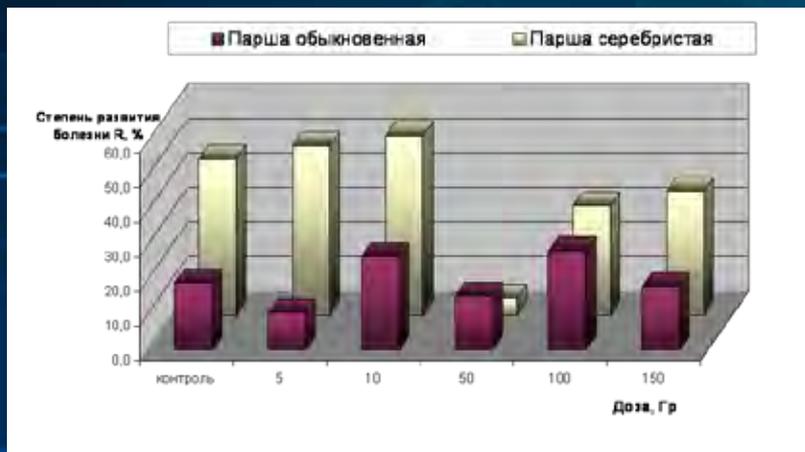
А



Б



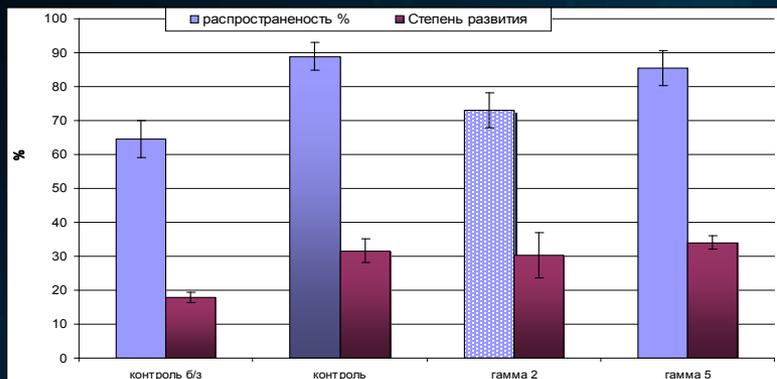
В



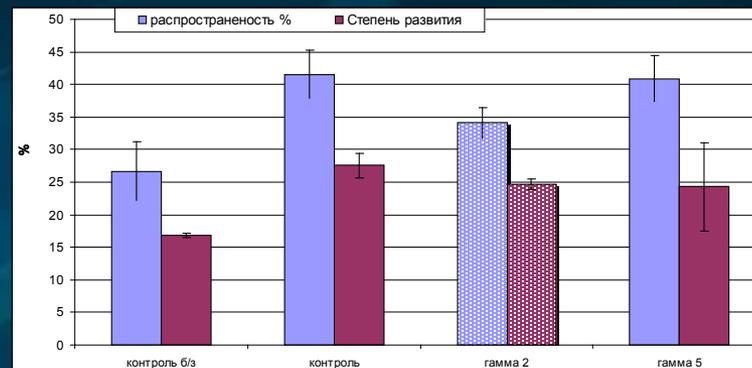
А- Среднее число проростков на один клубень после 107 суток хранения картофеля с различными фитопоражениями в неблагоприятных условиях
Б - Потеря веса клубней картофеля после хранения
В - степень развития парши на клубнях после хранения

морфометрические характеристики урожая и пораженность клубней заболеваниями после уборки урожая

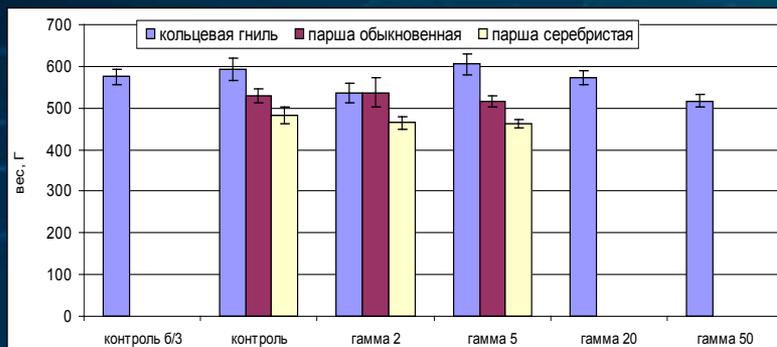
А



Б



В



А – Распространенность и степень развития парши серебристой

Б – Распространенность и степень развития парши обыкновенной

В – Урожайность картофеля с одного куста

Выводы:



1. Предпосевное гамма-облучение в дозе 2 Гр снизило распространенность парши в урожае что, возможно, обусловлено стимулирующим влиянием защитных систем картофеля. Достоверного влияния на пораженность клубней картофеля кольцевой гнилью предпосевное гамма-облучение не оказало. Предпосевное облучение клубней картофеля, пораженного различными фитопатогенами, не сказалось отрицательно на общей урожайности, достоверное влияние оказало только максимальное предпосевное гамма облучение зараженных кольцевой гнилью клубней в дозе 50 Гр.
2. Доза гамма-облучения 100 Гр практически полностью остановили развитие парши серебристой по сравнению с контролем. Увеличение дозы гамма-облучения до 150 Гр привело к незначительно большему развитию болезни, что, возможно, обусловлено ингибированием защитных систем картофеля. Представленные в настоящей работе материалы показывают, что радиационная обработка картофеля в дозах 100-150 Гр может быть эффективна для удлинения срока хранения в свежем виде. При этом картофель теряет способность прорасти и может после радиационной обработки храниться почти в течение целого года.