

**БУРЛАЕНКО ВАСИЛЯ ЗИННУРОВНА**

**ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ  
ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**03.02.08 – Экология (биология)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

**Тюмень 2018**

Работа выполнена на кафедре техносферной безопасности в Федеральном государственном образовательном учреждении высшего образования «Тюменский индустриальный университет»

**Научный руководитель:** доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой техносферной безопасности ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет»  
**Скипин Леонид Николаевич**

**Официальные оппоненты:** **Белоус Николай Максимович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ректор ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

**Сутягин Андрей Александрович**, кандидат химических наук, доцент, заведующий кафедрой химии, экологии и методики обучения химии ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»

**Ведущая организация:** **ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова»**

Защита диссертации состоится 11 декабря 2018 г. в 10-00 на заседании диссертационного совета Д 999.114.02 при ФГБОУ ВО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья» по адресу:

625003, г. Тюмень, ул. Республики, 7

Телефон/факс: 8(3452) 29-01-52, e-mail: dissgauz@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного университета Северного Зауралья по адресу и на сайте университета <http://www.tsaa.ru>

Автореферат разослан «9» октября 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор с.-х. наук

Турсумбекова Галина Шалкаровна

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Современное радиационное состояние природной среды обусловлено глобальными атмосферными выпадениями, которые связаны с масштабными наземными испытаниями ядерного оружия, авариями на АЭС и других объектах, когда в верхние слои атмосферы были вынесены миллионы Ки радиоактивных элементов. Осуществление подземных ядерных взрывов, часть которых официально признана аварийными, а также использование источников ионизирующего облучения различными отраслями науки, техники и промышленности создает дополнительную радиационную нагрузку на компоненты природной среды.

Восточно-уральский и Карачаевский радиоактивный след, подземный ядерный взрыв «Тавда», осуществленный на территории Нижнетавдинского района в 1967 году, а также загрязнение бассейнов рек Теча, Исеть, Тобол создали на территории юга Тюменской области потенциальную угрозу.

Проблемой радиационного загрязнения почв, растительности и продукции животноводства в России занимаются В.Г. Сычев (2008, 2012, 2014, 2015), Н.М. Белоус (2011, 2013), П.М. Орлов (2015, 2017), в условиях Сибири и на Урале занимались В.Д. Старков (2007), И. В. Молчанова, Е.Н. Караваева (2001), Е.В. Захарова (2005, 2006, 2013), А.А. Ваймер (2006), В.И. Мигунов (2003) и др.

Последствие осуществленного в 1967 году подземного ядерного взрыва в пределах юга области на радиационное состояние компонентов окружающей среды до настоящего времени не было определено. В связи с этим есть необходимость провести комплексную оценку радиационного состояния окружающей среды юга Тюменской области, различными источниками загрязнения. Знание и решение проблем связанных с присутствием продуктов радиационного распада в природной составляющей позволит уменьшить загрязнение почвы, растительности и продукции животноводства опасными элементами.

**Цель исследования** – провести оценку эколого-радиационного состояния компонентов природной среды на территории юга Тюменской области.

**Задачи исследований:**

1. Определить концентрацию природных радионуклидов в почве на месте подземного ядерного взрыва «Тавда», рассчитать удельную эффективную активность природных радионуклидов почвы и сопоставить полученные данные с аналогичными показателями прилегающих районов;
2. Определить загрязнение почв техногенными радионуклидами на месте подземного ядерного взрыва «Тавда», сопоставить полученные данные с аналогичными показателями прилегающих районов;
3. Построить картограммы и выделить районы радиационной нагрузки по плотности загрязнения техногенными радионуклидами почв на месте взрыва;
4. Определить радиоактивность травянистой и древесной растительности на месте подземного ядерного взрыва «Тавда», сравнить полученные результаты с данными по административным районам юга области;
5. Выявить содержание техногенных радионуклидов в продукции животноводства (молоке, мышечной ткани крупного рогатого скота и свиней).

**Научная новизна.** На территории юга Тюменской области изучено состояние почв, древесной и травянистой растительности, мясной и молочной продукции на предмет содержания техногенных радионуклидов. Впервые на месте осуществленного подземного ядерного взрыва проведены комплексные эколого-радиационные исследования. Выделены зоны максимального загрязнения почвы стронцием-90 и цезием-137, определен коэффициент перехода нуклидов в растительность, рассчитан показатель удельной эффективной активности природных радионуклидов в почве.

**Теоретическая значимость.** В работе установлено, что подземный ядерный взрыв на глубине 172 метра с мощностью заряда 0,3 кТ, проведенный с целью создания подземного резервуара для хранения углеводородного сырья, за 53 – летний срок последствий сопряжен с высоким содержанием техногенных радионуклидов в почвенном профиле. При указанной величине заряда, его мощности и глубине в толще чеганских глин недопустимо проведение подобных ядерных взрывов в Западно-Сибирском и других аналогичных регионах.

**Практическая значимость.** Исследования показали, что в настоящее время недопустимо использование территории в радиусе 500 м от технологической скважины в качестве сенокосов и пастбищ. Повышенное содержание стронция-90 и цезия-137 с глубины 40 см сопряжено с поступлением и накоплением их в травянистой и древесной растительности.

**Методы исследования.** При оценке эколого-радиационного состояния компонентов окружающей среды южных районов области использовались полевые (отбор проб почвы, растительных образцов и продукции животноводства), лабораторные и картографические методы исследования.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Содержание естественных радионуклидов в почве на месте подземного ядерного взрыва в Нижнетавдинском районе не вызывает опасений в плане изменения природного радиационного фона, загрязнение техногенными радионуклидами в большей степени определяется стронцием-90 и зафиксировано в нижней части почвенного профиля;
2. Растительность на месте подземного ядерного взрыва характеризуется высоким содержанием техногенных радионуклидов, в основном стронцием-90;
3. Удельная активность стронция-90 и цезия-137 в продукции животноводства не превышала предельно допустимые концентрации.

**Степень достоверности результатов** работы определяется подлинностью данных полученных в ходе спектрометрического исследования образцов проб, отобранных при соблюдении государственных стандартов. Достоверность полученных результатов о содержании природных и техногенных радионуклидов подтверждается статистически (при помощи корреляционного, регрессионного и дисперсионного методов анализа).

**Личный вклад автора.** Автором самостоятельно собран весь полевой материал, проведена его камеральная и статистическая обработка, определены закономерности, отраженные в выводах диссертации.

**Апробация работы.** Основные положения доложены и обсуждены на Международной научно-практической конференции «Интеграция науки и

практики для развития Агропромышленного комплекса» (Тюмень, 2017), V Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука без границ» (Тобольск, 2016), XXIV Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов» (Москва, 2017), Международной научно-практической конференции молодых исследователей им. Д.И. Менделеева (Тюмень, 2016), XV International Conference «Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology – 2016» (Тюмень, 2016), Международной научно-практической конференции «Новые технологии нефтегазовому региону» (Тюмень, 2017), XIV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей ТюмГАСУ (Тюмень, 2015), Международной научно-практической конференции «Земля, вода, климат Сибири и Арктики в XXI веке. Проблемы и решения» (Тюмень, 2014), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири» (Тюмень, 2014), Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы архитектуры, строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири» (Тюмень, 2015), XV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, соискателей и магистрантов (Тюмень, 2015).

По теме научно-квалификационной работы опубликовано 12 работ, в том числе 3 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 1 – в изданиях входящих в Scopus.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 147 страницах машинописного текста и состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемой литературы и приложений. Список литературы включает 160 источников, в том числе 8 на иностранных языках. Работа содержит 34 рисунка, 14 таблиц и 24 приложения.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Глава 1 Обзор литературы**

В главе приводится обзор литературы отечественных и зарубежных авторов об уровне и источниках загрязнения техногенными радионуклидами. Приведены данные о закономерностях вертикальной и горизонтальной миграции техногенных радионуклидов в почве, особенностях миграции искусственных радионуклидов в системе почва-раствор. Изучены пути поступления радиоактивных веществ в организм сельскохозяйственных животных, закономерности накопления различными органами и тканями и особенности выделения из организма опасных веществ.

### **Глава 2 Природные условия юга Тюменской области и методика исследований**

#### **2.1 Природные условия юга Тюменской области**

Территория юга Тюменской области располагается в юго-западной части молодой Западно-Сибирской платформы, основание которой сложено складчатыми дислоцированными породами палеозойской эры и триасового периода, а чехол осадочными образованиями юрского, мелового и кайнозойского возраста.

Рельеф юга Тюменской области представлен плоскими равнинами сложенными озерно-аллювиальными отложениями. Поймы рек имеют гривно-ложбинный рельеф на аллювиальных отложениях.

Исследуемая территория относится к таежно-лесной и лесостепной зонам Западной Сибири. Климат континентальный, с низкими температурами в зимний период, теплым непродолжительным летом. К основным зональным типам почв относятся подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные и черноземы. В качестве объекта исследований в работе рассматривались серые лесные почвы.

#### **2.2 Методика исследования**

Радиационное состояние почв района исследования оценивалось на основе совместных мониторинговых исследований с ФГБУ Государственной станцией

агрохимической службы «Тюменская» (2010-2014 гг.) и собственных исследований в эпицентре подземного ядерного взрыва «Тавда» (2014 г).

Отбор проб почвы был произведен непосредственно в эпицентре взрыва и по сторонам света на расстоянии 100, 200, 300, 400 и 500 м от технологической скважины. Образцы почвы отбирались послойно на глубине 0-10, 10-20, 20-40....180-200 см в соответствии с ГОСТ 28168-89 «Почвы. Отбор почв». Все исследования отобранных почвенных образцов проводились на спектрометрическом комплексе «Прогресс-2000» в нативном материале. Были определены концентрации природных и искусственных радионуклидов в образцах почвы.

В соответствии с ГОСТ 30108-94 «Материалы и изделия строительные. Определение удельной эффективной активности естественных радионуклидов» была рассчитана эффективная удельная активность естественных радионуклидов (Аэфф), содержащихся в почве.

Растительные образцы отбирались в Нижнетавдинском районе на месте подземного ядерного взрыва осенью 2014 года. Отбор проб естественных трав и древесной растительности производился в точках отбора почвенных образцов, непосредственно в эпицентре взрыва и также по сторонам света. Исследование образцов проводилось на комплексе «Прогресс-2000» в нативном материале.

Полученные результаты по содержанию радионуклидов в естественных травах были сопоставлены с аналогичными данными ФГБУ Государственной станции агрохимической службы «Тюменская» (2010-2014 годы) по административным районам юга Тюменской области.

Для анализа радиационного загрязнения продукции животноводства исследуемой территории отбирались пробы молока и мышечной ткани крупного рогатого скота и свиней. Отбор образцов осуществляли на 7 контрольных участках в Заводоуковском, Нижнетавдинском, Тобольском, Исетском, Ярковском, Омутинском и Тюменском районах. Исследование проб животноводческой продукции проводилось на комплексе «Прогресс-2000» в нативном материале.



Образцы мышечной ткани крупного рогатого скота и свиней отбирались в частных фермерских хозяйствах, расположенных в разных местах в пределах одного контрольного пункта, всего отбирали четыре пробы. Анализ содержания техногенных радионуклидов в мышечной ткани животных проводился по среднему значению данного показателя.

Для спектрометрического анализа исследовались четыре пробы молока в пределах одного контрольного пункта. Перед обработкой пробу молока тщательно перемешивали. Концентрация искусственных радионуклидов в молоке оценивалась по среднему значению полученных данных.

### **3 Радиационное состояние почв юга Тюменской области**

#### **3.1 Содержание естественных радионуклидов в почве**

Природный радиационный фон почв на месте взрыва «Тавда» в большей степени обусловлен присутствием калия-40, так среднее значение удельной активности калия-40 составляло 974,24 Бк/кг, тория-232 и радия-226 – 87,19 и 62,90 Бк/кг, соответственно.

Была отмечена закономерность понижения концентрации природных радионуклидов с глубиной почвенного профиля, что говорит о перераспределении данных элементов к дневной поверхности в результате камуфлетного взрыва.

Сопоставление полученных результатов с данными о содержании природных радионуклидов в почве административных районов юга области показало, что осуществление подземного ядерного взрыва привело к увеличению содержания природных радионуклидов на локальном участке.

#### **3.2 Удельная эффективная активность естественных радионуклидов**

Расчёт показателя удельной эффективной активности природных радионуклидов (220,36–354,91 Бк/кг) показал, что осуществление подземного ядерного взрыва привело к частичному повышению естественной радиоактивности почв в эпицентре взрыва, однако изучаемый участок и территория юга области не вызывают опасений в плане проявления природного радиационного фона. Территория юга области вполне пригодна для проживания и

всех видов строительства, относится к первому классу с удельной эффективной активностью (до 370 Бк/кг).

### **3.3 Содержание техногенных радионуклидов в почве**

#### **3.3.1 Удельная активность техногенных радионуклидов в почве изучаемой территории**

Результаты анализа данных удельной активности техногенных радионуклидов стронция-90 и цезия-137 в почве участка взрыва Нижнетавдинского района, показали, что концентрация стронция-90 имеет характерную особенность к максимальному накоплению и резко отличается от показателей цезия-137 в исследуемом районе. Так, удельная активность радиостронция варьирует в пределах от 46,7 Бк/кг до 1680,0 Бк/кг, при активности цезия 6,75–296,50 Бк/кг.

Сравнительный анализ полученных результатов с аналогичными данными прилегающих районов юга области показал, что в профиле почвы на месте взрыва «Тавда» наблюдалось повышенное содержание техногенных радионуклидов. Активность стронция-90 в почвах административных районах юга области находилась в пределах от 0,8 до 3,4 Бк/кг, цезия-137 3,4–12,4 Бк/кг.

#### **3.3.2 Плотность загрязнения почвы техногенными радионуклидами**

По данным активности стронция-90 и цезия-137 в Нижнетавдинском районе была определена плотность загрязнения почвы данными элементами (Рис. 1).

Основное содержание искусственных радионуклидов сконцентрировано в нижней части почвенного профиля. Максимальная плотность загрязнения цезием-137 была зафиксирована в точке отбора восток-200 на глубине 180-200 см и соответствовала 1,64 Ки/км<sup>2</sup>, стронцием-90 в слое 80-100 см (3,46 Ки/км<sup>2</sup>). В пробах почвы, отобранных на глубине до 10 см, наблюдались минимальные показатели загрязненности данными элементами, а в некоторых точках были равны нулю.

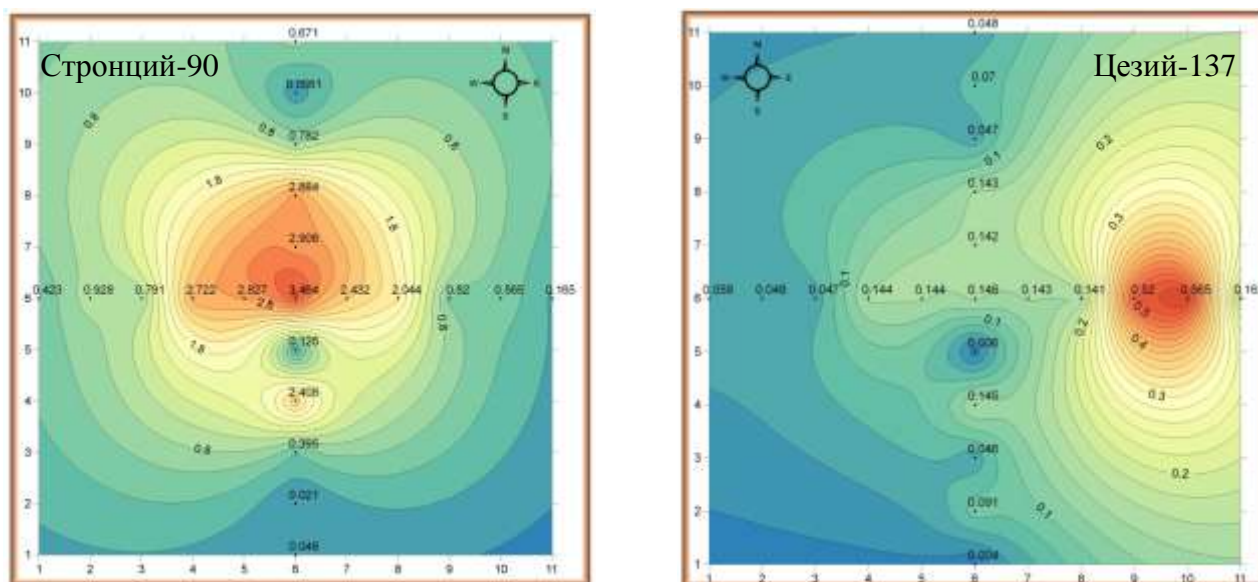


Рис. 1– Плотность загрязнения почвы стронцием-90 и цезием 137 в слое 80-100 см на участке подземного ядерного взрыва «Тавда» юга Тюменской области, Ки/км<sup>2</sup>. Выделены зоны с максимальным загрязнением почвы техногенными радионуклидами в районе взрыва. Большая активность стронция-90 была отмечена в эпицентре взрыва и на расстоянии 200 метров от технологической скважины, что подтверждается двухфакторным дисперсионным анализом. Установлен высокий уровень значимых различий содержания радионуклида от расстояния от эпицентра взрыва, при  $F_{05} = 2.44$   $F_{факт} = 78,57$  (Рис. 2). Цезий-137 в большей степени сконцентрирован в восточном направлении.

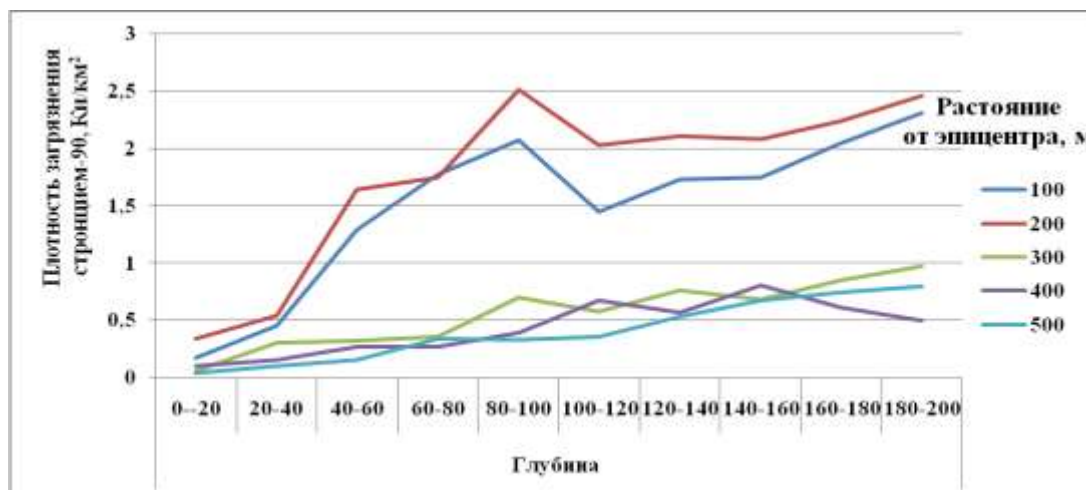


Рис. 2 – Влияние удаленности от технологической скважины и глубины от поверхности земли на содержание техногенного радионуклида стронция-90 в почве на месте взрыва «Тавда»

Сравнительный анализ представленных данных с подобными показателями по прилегающим районам Тюменской области показал, что осуществленный в 1967 году подземный ядерный взрыв является локальным источником радиационного загрязнения почвы.

#### 4 Радиоактивность растительных образцов юга Тюменской области

##### 4.1 Содержание стронция-90 и цезия-137 в травянистой растительности

Радиоактивность надземной части естественных трав на месте взрыва «Тавда» в основном обусловлена присутствием стронция-90 (Рис. 3).

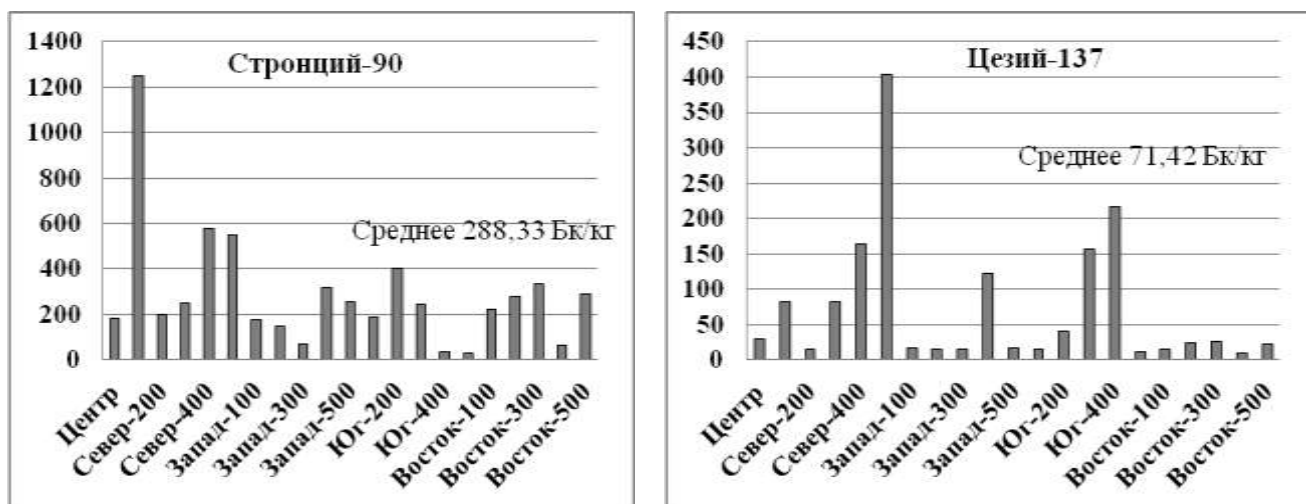


Рис. 3 - Содержание стронция-90, цезия-137 в травянистой растительности на месте подземного взрыва «Тавда», 2014 г., Бк/кг

Среднее содержание радиостронция в исследуемых образцах соответствовало 288,33 Бк/кг, цезия-137 – 71,42 Бк/кг, при ПДК техногенных радионуклидов в сене естественных трав 180 Бк/кг и 400 Бк/кг, соответственно. Активность стронция-90 в некоторых точках отбора превышает допустимые концентрации (ПДК 180 Бк/кг) в 1,5-2 раза.

Сравнительный анализ полученных результатов с данными удельной активности искусственных радионуклидов в сене естественных трав прилегающих районов показал, что концентрация техногенных радионуклидов на месте взрыва в сотни раз выше аналогичного показателя на реперных участках юга Тюменской области. Так, средний показатель содержания стронция-90 в сене естественных трав административных районов области соответствовал 0,94 Бк/кг, цезия-137 – 1,78 Бк/кг. Следует отметить, что растительность в исследуемых

районах Тюменской области по содержанию искусственных радионуклидов не превышает допустимые нормы и является экологически безопасной и может использоваться для заготовки сена и соломы.

#### 4.2 Содержание стронция-90 и цезия-137 в древесной растительности

Удельная активность техногенных радионуклидов в ветках молодых деревьев имела широкий диапазон значений (рис. 4) и находилась в пределах от 99,3 Бк/кг до 2157,0 Бк/кг, цезия-137 – от 44,7 Бк/кг до 565,0 Бк/кг.

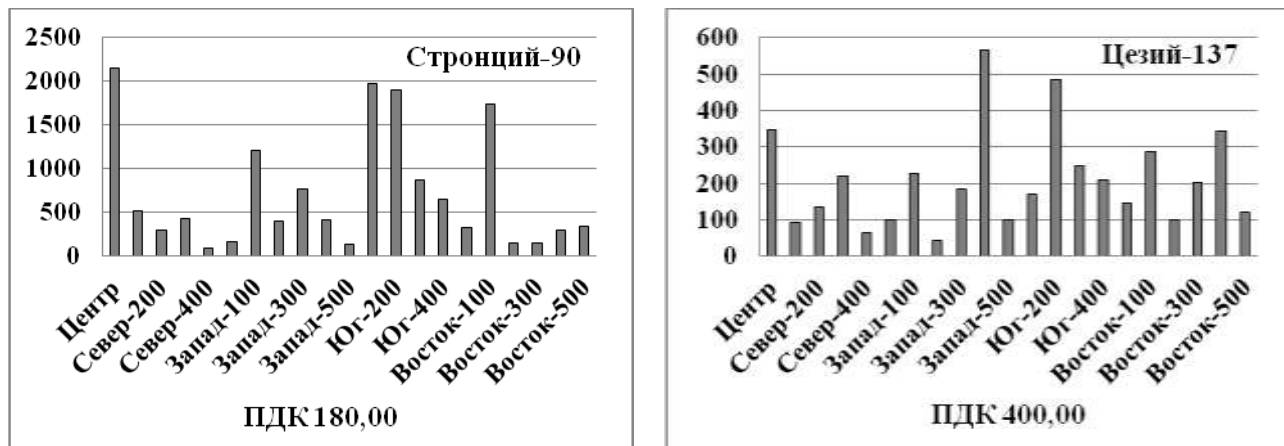


Рис. 4 - Удельная активность техногенных радионуклидов в древесной растительности на месте подземного ядерного взрыва «Тавда», 2014 г., Бк/кг

Средний показатель активности радиоактивных элементов не превышал ПДК радионуклидов в грубых кормах.

В некоторых точках отбора, в непосредственной близости от технологической скважины зафиксировано превышение допустимых концентраций стронцием-90, здесь активность элемента превышает нормы почти в 5 раз. Важно отметить, что последствие подземного ядерного взрыва на древесную растительность проявляется до настоящего времени.

### 5 Радиационное загрязнение животноводческой продукции

#### 5.1 Радиоактивность молока

Спектрометрические исследования отобранных образцов молока показали, что удельная активность цезия-137 в разных районах юга Тюменской области находилась на одном уровне и варьировала в диапазоне от 4,10 до 2,15 Бк/л (таблица 1).

Таблица 1

Среднее содержание стронция-90 и цезия-137 в молоке  
районов юга Тюменской области, Бк/л

Административные районы	Цезий-137	Стронций-90
Тюменский	2,75	17,31
Нижнетавдинский	3,01	20,18
Тобольский	2,97	20,71
Исетский	2,39	17,30
Ярковский	3,44	20,54
Омутинский	4,10	18,10
Заводоуковский	2,15	21,65
ПДК	50,00 Бк/л	25,00 Бк/л

Содержание стронция-90 в молоке сельскохозяйственных животных находилось в пределах от 21,65 до 17,30 Бк/л, что в несколько раз выше удельной активности цезия-137 в исследуемых образцах.

Исследования качества молока исследуемых районов юга Тюменской области на предмет радиоактивности показали, что содержание техногенных радионуклидов в данном продукте не превышает установленные нормы и соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

## 5.2 Радиоактивность мышечной ткани крупного рогатого скота

Исследования на предмет содержания техногенных радионуклидов в мягких тканях сельскохозяйственных животных показали, что концентрация стронция-90 и цезия-137 в пределах исследуемой территории административных районов не превышает ПДК (таблица 2).

Таблица 2

Среднее содержание техногенных радионуклидов в мышечной ткани крупного  
рогатого скота, Бк/кг

Административные районы	Цезий-137	Стронций-90
Тюменский	4,09	37,59
Нижнеавдинский	2,80	40,00
Тобольский	3,60	41,00
Исетский	3,72	36,82
Ярковский	6,35	38,77
Омутинский	4,28	41,23
Заводоуковский	4,14	39,23
ПДК	160,00 Бк/кг	50,00 Бк/кг

Удельная активность стронция-90 в мясе крупного рогатого скота находилась в пределах от 36,82 Бк/кг до 41,23 Бк/кг. Содержание цезия-137 в мягких тканях было незначительно и варьировало в диапазоне от 6,35 до 2,80 Бк/кг.

### 5.3 Радиоактивность мышечной ткани свиней

При анализе удельной активности техногенных радионуклидов в мышечных тканях свиней установлено, что концентрация стронция-90 в десятки раз выше аналогичного показателя по цезию-137 (таблица 3).

Содержание цезия-137 в мягких тканях свиней в пределах описываемых районов находится в диапазоне от 5,60 до 2,00 Бк/кг, при ПДК 160,00 Бк/кг. Концентрация стронция-90 в мышечных тканях свиней варьировала в диапазоне от 47,00 до 35,00 Бк/кг при ПДК 50,00 Бк/кг.

Таблица 3

Среднее содержание стронция-90 и цезия-137 в мышцах свиней, Бк/кг

Административные районы	Цезий-137	Стронций-90
Тюменский	4,05	38,92
Нижнеавдинский	5,60	38,25
Тобольский	3,77	39,62
Исетский	3,72	39,13
Ярковский	3,33	39,40
Омутинский	3,90	35,00
Заводоуковский	2,00	47,00
ПДК	160,00 Бк/кг	50,00 Бк/кг

Представленные результаты говорят о том, что содержание в мышечной массе свиней долгоживущих радионуклидов не превышает установленные нормы и соответствует санитарно-гигиеническим требованиям.

### Заключение

1. Удельная активность естественных радионуклидов в почве на месте подземного ядерного взрыва «Тавда» превышает аналогичный показатель в почвах прилегающих административных районах юга области, однако не вызывает опасений в плане проявления природного радиационного фона, средняя активность калия-40, тория-232 и радия-226 находилась в пределах до 974,24, 87,19 и 62,90 Бк/кг, соответственно. Была отмечена закономерность понижения их

концентрации с глубиной почвенного профиля, что говорит о перераспределении данных элементов к дневной поверхности в результате камуфлетного взрыва.

Показатель удельной эффективной радиоактивности природных радионуклидов в районе взрыва «Тавда» не представляет опасности для человека ( $< 370$  Бк/кг) и находился в пределах от 354,91 до 220,36 Бк/кг, при максимальном значении данного параметра в административных районах юга Тюменской области 150,4 Бк/кг (Тюменский район, 2013 г).

2. Загрязнённость почв техногенными радионуклидами в районе взрыва в большей степени определяется присутствием стронция-90. Наибольшая плотность загрязнения данным радионуклидом зафиксирована в нижней части почвенного профиля и локализована в радиусе 200 метров от технологической скважины, так максимальные значения отмечены в эпицентре взрыва на глубине 80-100 см ( $3,46$  Ки/км<sup>2</sup>), минимальные - в верхних слоях почвенного профиля, где плотность загрязнения стронцием-90 находилась в пределах от 0,003 до 0,295 Ки/км<sup>2</sup>. Зависимость плотности загрязнения стронцием-90 от глубины слоя почвы подтверждается статистически, коэффициент корреляции на разном расстоянии от технологической скважины варьировал в диапазоне от 0,82 до 0,98.

3. Максимальная плотность загрязнения цезием-137 была отмечена в нижних слоях почвенного профиля восточного направления от эпицентра, где составляла  $1,64$  Ки/км<sup>2</sup>. Установлена прямая корреляционная зависимость плотности загрязнения цезием-137 от глубины, коэффициент корреляции на расстоянии 200 м от эпицентра взрыва составил 0,93.

4. Сопоставление представленных результатов с данными по загрязнённости почвы техногенными радионуклидами прилегающих районов юга Тюменской области показало, что последствие подземного ядерного взрыва носит локальный характер площадью 16 га. Результаты дисперсионного анализа показали, что за пределами 200 м от технологической скважины существенность различий по содержанию радионуклидов в почве не проявляются.

5. Радиоактивность травянистой растительности в районе взрыва «Тавда» имеет повышенные значения. Активность стронция-90 естественных трав



превышает в некоторых точках отбора допустимые концентрации в 1,5-2 раза. Среднее значение активности радиоактивного элемента - 288,33 Бк/кг при ПДК стронция-90 в сене 180 Бк/кг. Содержание цезия-137 в травянистой растительности не вызывает опасений (среднее значение удельной активности радионуклида - 71,42 Бк/кг) и находится в пределах нормы. Сравнительный анализ собственных результатов с данными содержания техногенных радионуклидов в естественных травах прилегающих административных районов юга Тюменской области показал, что подземный взрыв привел к загрязнению растительности на участке непосредственно прилегающей к эпицентру взрыва.

6. Концентрация техногенных радионуклидов в древесной растительности не превышала предельно допустимой концентрации. Среднее значение удельной активности стронция-90 и цезия-137 составило 714,68 и 209,30 Бк/кг, соответственно.

7. Удельная активность стронция-90 и цезия-137 в молоке, отобранном на частных фермерских хозяйствах юга Тюменской области, не превышает нормативные значения. В большей степени радиоактивность молока сельскохозяйственных животных представлена присутствием стронция-90. Концентрация данного элемента находилась в пределах от 21,65 до 17,30 Бк/л, что в несколько раз выше удельной активности цезия-137 (4,10 - 2,15 Бк/л).

8. Радиоактивность мышечных тканей крупного рогатого скота и свиней не вызывает опасений, содержание стронция-90 и цезия-137 в них находилось в пределах нормы. Концентрация стронция-90 в мышечных тканях крупного рогатого скота находилась в пределах от 41,23 до 40,00 Бк/кг, цезия - от 6,35 до 2,80 Бк/кг. Содержание стронция-90 в мышечной ткани свиней в пределах исследуемых районов находится в диапазоне от 47,00 до 35,00 Бк/кг, цезия-137 - от 5,60 до 2,00 Бк/кг.

### **Список работ опубликованных по теме диссертации:**

#### **Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:**

1. Бурлаенко В.З. Воздействие техногенных радионуклидов на компоненты природной среды юга Тюменской области / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова, Е.В. Гаевая // Плодородие. – 2014. - №6 (81). - С.46-48.
2. Бурлаенко В.З. Влияние последствий подземного ядерного взрыва на содержание естественных и техногенных радионуклидов в условиях юга Тюменской области / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова, Л.Н. Скипин // Проблемы региональной экологии. – 2017. - №2. – С. 45-54.
3. Бурлаенко В.З. Исследование влияния радиации на состояние почв / В.З. Бурлаенко, С.Г. Котченко, Л.Н. Скипин, Е.В. Захарова, Е.В. Гаевая, А.О. Ознобихина // Аграрный вестник Урала. – 2017. - №4 (158). – С. 37-43.

#### **Список работ, опубликованных в других изданиях**

1. Бурлаенко В.З. Экологическое состояние почв в эпицентре подземного ядерного взрыва «Тавда» / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова, Л.Н. Скипин // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. -2016. - Том 2.- №1. - С.20-29.
2. Бурлаенко В.З. Содержание естественных и техногенных радионуклидов в почве и растительных компонентах природной среды Нижне-Тавдинского района / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова // Актуальные проблемы строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири: сборник материалов международной научно-практической конференции в трех томах. – 2014.- С. 168-172.
3. Бурлаенко В.З. Последствие подземного ядерного взрыва «Тавда» на состояние почв / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова // Глобализация науки. Проблемы и перспективы: сборник статей международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 176-180.
4. Бурлаенко В.З. Экологическое состояние почв и растительности в эпицентре взрыва «Тавда» / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова // Земля, вода, климат Сибири и Арктики вXXI веке. Проблемы и решения: сборник докладов международной научно-практической конференции. - 2014. - С. 209-213.
5. Бурлаенко В.З. Анализ содержания техногенных радионуклидов в почве и растительной продукции юга Тюменской области на примере Тюменского и Нижне-Тавдинского района / В.З. Бурлаенко, Л.Н. Скипин // Сборник материалов XV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов, соискателей и магистрантов ТюмГАСУ. –2015. - С. 105-111.
6. Бурлаенко В.З. Анализ содержания техногенных радионуклидов в почве исследуемых районов юга Тюменской области / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова, Л.Н. Скипин // Актуальные проблемы архитектуры, строительства, экологии и энергосбережения в условиях Западной Сибири: сборник материалов международной научно-практической конференции в 2 томах. – 2015. - С. 274-280.
7. Бурлаенко В.З. Анализ эколого-радиационного состояния почв юга Тюменской области / В.З. Бурлаенко, Е.В. Захарова // Сборник материалов XIV научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей ТюмГАСУ. –2015. - С.79-81.
8. Бурлаенко В.З. Распределение техногенных радионуклидов в почве на месте подземного ядерного взрыва «Тавда» / В.З. Бурлаенко // Ломоносов-2017: тезисы докладов Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2017. – С.122-123.
9. Burlaenko V. Radiation and Geochemical Assessment of the Soil State in the South of Tyumen Region / Skipin L., Zakharova E., Gaevaya E., Burlaenko V., Mitrikovskiy A. // MATEC Web Conf. Volume73, 2016 XV International Conference “Topical Problems of Architecture, Civil Engineering, Energy Efficiency and Ecology – 2016”.