

Министерство науки и высшего образования  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
И.Н. Безкоровайная  
подпись инициалы, фамилия  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_ 2019 г.

## ВЫПУССНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Распределение радиоизотопов Cs-137 и K-40 в компонентах экосистемы светлохвойного леса (на примере лесного массива Долгая Грива)

05.04.06 Экология и природопользование  
05.04.06.06 Экологический мониторинг

Выпускник	_____	<u>М.Е. Рублева</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Научный руководитель	_____ <u>д.б.н., вед. науч. сотр., профессор В.Л.Гавриков</u>	
	подпись, дата	должность, ученая степень
Нормоконтролер	_____	<u>П.А.Красноперова</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия
Рецензент	_____ <u>д.б.н., профессор РАН</u>	<u>О.В. Меняйло</u>
	подпись, дата	инициалы, фамилия

Красноярск, 2019

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа по теме «Распределение радиоизотопов Cs-137 и K-40 в компонентах экосистемы светлохвойного леса (на примере лесного массива Долгая Грива)» содержит 60 страниц текстового документа, 1 приложение, 98 использованных источников, 14 рисунков, 5 таблиц.

**ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ, РАДИОНУКЛИДЫ, ЦЕЗИЙ-137, КАЛИЙ-40, БОРЕАЛЬНЫЙ ЛЕС, ДОЛГАЯ ГРИВА, КАТЕНА, ПОЧВЕННЫЕ ГОРИЗОНТЫ, СПЕКРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.**

Накоплен достаточно обширный материал по аккумуляции радионуклидов в структурных частях древостоя в условиях глобальных выпадений и в послеаварийных ситуациях. Однако имеющиеся данные часто трудно сопоставимы даже для территорий с однотипными формами радиоактивных выпадений и сходными лесорастительными условиями биогеоценоза. Это связано не только с наличием большого числа факторов, влияющих на поступление радионуклидов в растения, но и с отсутствием статистической поддержки большинства таких исследований, особенно в многолетнем ряду. Процессы распределения радионуклидов в лесах зависят от большого числа факторов - типа леса, особенностей климатического режима, почвенного покрова и т.п. Многообразие лесов выдвигает перед лесной радиоэкологией задачи определения специфических особенностей миграции радионуклидов в лесах в зональном аспекте.

Объект исследования – лесной массив Долгая Грива.

Целью данной выпускной квалификационной работы является определение запаса и характера миграции Cs-137 и K-40 в компонентах бореальных лесов на примере лесного массива «Долгая Грива».

Задачи, которые решались в ходе выполнения данной работы:

- 1) выявить запас и удельную активность проб почвы, ее физико-химические свойства и тип;
- 2) рассчитать коэффициенты распределения радионуклидов в почве;
- 3) измерить активность, влажность и зольность компонентов сосны обыкновенной;
- 4) сравнить результаты с другими данными, в частности по заповеднику «Столбы».

В результате выполнения выпускной квалификационной работы определен тип и основные физико-химические свойства исследуемой почвы; серогумусовая глинисто-иллювирированная почва лесного массива «Долгая Грива» характеризуется как «легкая», богатая гумусом, железом, карбонатами, обменными основаниями, имеет высокую емкость катионного обмена и насыщенность основаниями, реакцию среды от слабокислой до слабощелочной.

Анализ внутрив почвенного распределения показал, что аккумуляция Cs-137 происходит в верхнем 17-ти сантиметровом слое почвы с максимальным значением в 3-4 см от её поверхности (от 0,08 до 0,39 кБк/м<sup>2</sup>).

Максимальная зольность и влажность характерны для проб золы хвои и ауксиластов 1-го года прироста.

На основании сравнительного анализа двух участков выявлено, что наибольшие запасы Cs-137 характерны для заповедника «Столбы», что определяется орографией. Установлено, что низкие значения коэффициента межфазного распределения Kd для светлохвойного леса «Долгой Гривы» соответствуют низкой удельной активности Cs-137 в компонентах сосны. Напротив, в темнохвойных лесах заповедника «Столбы» радиоизотопы более активно вовлекаются в биологический круговорот.

## ABSTRACT

The master thesis on the topic “Distribution of Cs-137 and K-40 radioisotopes in the components of the light coniferous forest ecosystem (on the example of the “Dolgaya Griva” woodland)” contains 60 pages of a text document, 1 appendix, 98 references, 14 figures, 5 tables.

**GLOBAL FALLOUTS, RADIONUCLIDES, CESIUM-137, POTASSIUM-40, BOREAL FORESTS, DOLDAYA GRIVA WOODLAND, CATENA, SOIL HORIZONS, SPECROMETRIC ANALYSIS.**

An extensive material has been collected on the accumulation of radionuclides in the structural parts of the stand in conditions of global fallout and in post-accident situations. However, the available data are often difficult to compare even for areas with similar forms of radioactive fallout and similar vegetation conditions of biogeocenosis. This is connected not only to the presence of a large number of factors affecting the intake of radionuclides into plants, but also to the lack of statistical support for most of these studies, especially in the long-term series. The processes of distribution of radionuclides in forests depend on a large number of factors such as the type of forest, the characteristics of the climate regime, soil cover, etc. The diversity of forests sets the task of determining the specific features of the migration of radionuclides in forests in the zonal aspect for forest radioecology.

The object of the study is the “Dolgaya Griva” woodland.

The purpose of this work is to determine the stock and the pattern of Cs-137 and K-40 migration in the components of boreal forests using the example of the “Dolgaya Griva” woodland.

Tasks that were solved in the course of this work:

- 1) to identify the stock and specific activity of soil samples, its physico-chemical properties and type;

- 2) to calculate the distribution coefficients of radionuclides in the soil;
- 3) to find out the activity, humidity and ash content of samples of Scots pine;
- 4) to compare the results with other authors, in particular with the “Stolby” Reserve.

As a result of Master thesis, the type and basic physicochemical soil properties were determined: Albic Luvisol of the “Dolgaya Griva” woodland is high in sand, humus, iron, carbonates, exchange bases, has a high cation exchange capacity and base saturation, the pH varies from weakly acid to slightly alkaline.

An analysis of the subsoil distribution shows that Cs-137 accumulates in the upper 17-cm layer of soil with a maximum value of 3-4 cm from its surface (from 0.08 to 0.39 kBq/m<sup>2</sup>).

Maximum ash content and moisture refer to the samples of 1-year-needles and 1-year-auxiblasts.

Based on a comparative analysis of the two sites, the largest stocks of Cs-137 were found in the “Stolby” Nature Reserve, which was determined by orography. It is established that the low values of the coefficient of interfacial distribution (Kd) for the light-coniferous forest “Dolgaya Griva” correspond to the low specific activity of Cs-137 in the pine components. On the contrary, radioisotopes are more actively involved in the biological cycle in the dark-coniferous forests of the “Stolby” Nature Reserve.

Министерство науки и высшего образования  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Институт экологии и географии  
Кафедра экологии и природопользования

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
  
И.Н. Безкоровайная  
подпись инициалы, фамилия  
«01» 07 2019 г.

## ВЫПУСКАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Распределение радиоизотопов Cs-137 и K-40 в компонентах экосистемы  
светлохвойного леса (на примере лесного массива Долгая Грива)

05.04.06 Экология и природопользование  
05.04.06.06 Экологический мониторинг

Выпускник

 26.06.2019

М.Е. Рублева  
ициалы, фамилия

Научный руководитель

 д.о.н., вед. науч. сотр., профессор В.Л.Гавриков

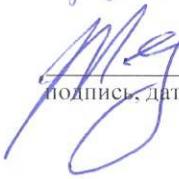
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 1.07.19

П.А.Красноперова  
ициалы, фамилия

Рецензент

 26.06.2019

д.б.н., ст. науч. сотр., доцент О.В. Меняйло

подпись, дата должност, ученая степень инициалы, фамилия

Красноярск, 2019

## **РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа по теме «Распределение радиоизотопов Cs-137 и K-40 в компонентах экосистемы светлохвойного леса (на примере лесного массива Долгая Грива)» содержит 60 страниц текстового документа, 1 приложение, 98 использованных источников, 14 рисунков, 5 таблиц.

**ГЛОБАЛЬНЫЕ ВЫПАДЕНИЯ, РАДИОНУКЛИДЫ, ЦЕЗИЙ-137, КАЛИЙ-40, БОРЕАЛЬНЫЙ ЛЕС, ДОЛГАЯ ГРИВА, КАТЕНА, ПОЧВЕННЫЕ ГОРИЗОНТЫ, СПЕКРОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ.**

Накоплен достаточно обширный материал по аккумуляции радионуклидов в структурных частях древостоя в условиях глобальных выпадений и в послеаварийных ситуациях. Однако имеющиеся данные часто трудно сопоставимы даже для территорий с однотипными формами радиоактивных выпадений и сходными лесорастительными условиями биогеоценоза. Это связано не только с наличием большого числа факторов, влияющих на поступление радионуклидов в растения, но и с отсутствием статистической поддержки большинства таких исследований, особенно в многолетнем ряду. Процессы распределения радионуклидов в лесах зависят от большого числа факторов - типа леса, особенностей климатического режима, почвенного покрова и т.п. Многообразие лесов выдвигает перед лесной радиоэкологией задачи определения специфических особенностей миграции радионуклидов в лесах в зональном аспекте.

Объект исследования – лесной массив Долгая Грива.

Целью данной выпускной квалификационной работы является определение запаса и характера миграции Cs-137 и K-40 в компонентах бореальных лесов на примере лесного массива «Долгая Грива».

Задачи, которые решались в ходе выполнения данной работы:

- 1) выявить запас и удельную активность проб почвы, ее физико-химические свойства и тип;
- 2) рассчитать коэффициенты распределения радионуклидов в почве;
- 3) измерить активность, влажность и зольность компонентов сосны обыкновенной;
- 4) сравнить результаты с другими данными, в частности по заповеднику «Столбы».

В результате выполнения выпускной квалификационной работы определен тип и основные физико-химические свойства исследуемой почвы; серогумусовая глинисто-иллювиированная почва лесного массива «Долгая Грива» характеризуется как «легкая», богатая гумусом, железом, карбонатами, обменными основаниями, имеет высокую емкость катионного обмена и насыщенность основаниями, реакцию среды от слабокислой до слабощелочной.

Анализ внутрипочвенного распределения показал, что аккумуляция Cs-137 происходит в верхнем 17-ти сантиметровом слое почвы с максимальным значением в 3-4 см от её поверхности (от 0,08 до 0,39 кБк/м<sup>2</sup>).

Максимальная зольность и влажность характерны для проб золы хвои и ауксиластов 1-го года прироста.

На основании сравнительного анализа двух участков выявлено, что наибольшие запасы Cs-137 характерны для заповедника «Столбы», что определяется орографией. Установлено, что низкие значения коэффициента межфазного распределения Kd для светлохвойного леса «Долгой Гривы» соответствуют низкой удельной активности Cs-137 в компонентах сосны. Напротив, в темнохвойных лесах заповедника «Столбы» радиоизотопы более активно вовлекаются в биологический круговорот.

## ABSTRACT

The master thesis on the topic “Distribution of Cs-137 and K-40 radioisotopes in the components of the light coniferous forest ecosystem (on the example of the “Dolgaya Griva” woodland)” contains 60 pages of a text document, 1 appendix, 98 references, 14 figures, 5 tables.

**GLOBAL FALLOUTS, RADIONUCLIDES, CESIUM-137, POTASSIUM-40, BOREAL FORESTS, DOLGAYA GRIVA WOODLAND, CATENA, SOIL HORIZONS, SPECROMETRIC ANALYSIS.**

An extensive material has been collected on the accumulation of radionuclides in the structural parts of the stand in conditions of global fallout and in post-accident situations. However, the available data are often difficult to compare even for areas with similar forms of radioactive fallout and similar vegetation conditions of biogeocenosis. This is connected not only to the presence of a large number of factors affecting the intake of radionuclides into plants, but also to the lack of statistical support for most of these studies, especially in the long-term series. The processes of distribution of radionuclides in forests depend on a large number of factors such as the type of forest, the characteristics of the climate regime, soil cover, etc. The diversity of forests sets the task of determining the specific features of the migration of radionuclides in forests in the zonal aspect for forest radioecology.

The object of the study is the “Dolgaya Griva” woodland.

The purpose of this work is to determine the stock and the pattern of Cs-137 and K-40 migration in the components of boreal forests using the example of the “Dolgaya Griva” woodland.

Tasks that were solved in the course of this work:

- 1) to identify the stock and specific activity of soil samples, its physico-chemical properties and type;
- 2) to calculate the distribution coefficients of radionuclides in the soil;
- 3) to find out the activity, humidity and ash content of samples of Scots pine;

4) to compare the results with other authors, in particular with the “Stolby” Reserve.

As a result of Master thesis, the type and basic physicochemical soil properties were determined: Albic Luvisol of the “Dolgaya Griva” woodland is high in sand, humus, iron, carbonates, exchange bases, has a high cation exchange capacity and base saturation, the pH varies from weakly acid to slightly alkaline.

An analysis of the subsoil distribution shows that Cs-137 accumulates in the upper 17-cm layer of soil with a maximum value of 3-4 cm from its surface (from 0.08 to 0.39 kBq/m<sup>2</sup>).

Maximum ash content and moisture refer to the samples of 1-year-needles and 1-year-auxiblasts.

Based on a comparative analysis of the two sites, the largest stocks of Cs-137 were found in the “Stolby” Nature Reserve, which was determined by orography. It is established that the low values of the coefficient of interfacial distribution (Kd) for the light-coniferous forest “Dolgaya Griva” correspond to the low specific activity of Cs-137 in the pine components. On the contrary, radioisotopes are more actively involved in the biological cycle in the dark-coniferous forests of the “Stolby” Nature Reserve.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	3
1 Состояние вопроса .....	6
1.1 Роль естественных радиоизотопов в круговороте веществ.....	6
1.2 Источники поступления и роль искусственных радиоизотопов в круговороте веществ.....	9
1.3 Распределение изотопов Cs-137 и K-40 в лесной зоне нарушенных и ненарушенных территорий.....	15
2 Район, объекты и методы исследования.....	21
2.1 Описание района исследования.....	21
2.1.1 Физико-географическое описание района.....	21
2.1.2 Почвенно-растительный покров.....	22
2.1.3 Климато-гидрологические условия.....	24
2.2 Методы исследования.....	26
3 Результаты и обсуждение.....	32
3.1 Физико-химические свойства исследуемой почвы.....	33
3.2 Запас и характер миграции изотопов Cs-137 и K-40 в компонентах лесного ландшафта.....	36
3.3 Статистическая обработка результатов.....	47
3.4 Сравнительный анализ результатов с другими авторами.....	49
Выводы .....	58
Список сокращений.....	60
Список использованных источников .....	61
Приложение .....	73