

22-475

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

22-00475

Л. В. Судьина, С. И. Колесников, Т. В. Минникова, К. Ш. Казеев

## **ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВИСМУТОМ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ**

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования

«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Академия биологии и биотехнологии им. Д. И. Ивановского

# **ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВИСМУТОМ НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ**

*Монография*

Ростов-на-Дону – Таганрог

Издательство Южного федерального университета

2021

УДК 574+631.4:[504.5:669.76](035.3)  
ББК 28+(40.3+24.121.55) я73  
В58

**Рецензенты:**

Академик РАН, доктор биологических наук, профессор *А. Х. Шеуджен*;  
доктор биологических наук, профессор *В. П. Калининко*

**Коллектив авторов:**

Л. В. Судьина, С. И. Колесников, Т. В. Минникова, К. Ш. Казеев

**В58** Влияние загрязнения висмутом на биологические свойства почв : монография / Л. В. Судьина, С. И. Колесников, Т. В. Минникова, К. Ш. Казеев ; Южный федеральный университет ; Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – 176 с.  
ISBN 978-5-9275-3892-8

В монографии представлены закономерности изменения биологических свойств в зависимости от основных параметров загрязнения почв висмутом, таких как количество висмута в почве, химическая форма соединения висмута, длительности загрязнения. Установлены пределы устойчивости к загрязнению висмутом черноземов обыкновенных карбонатных тяжелосуглинистых, бурых лесных кислых почв и серопесков (черноземы слабодифференцированные супесчаные). Дана оценка биологических показателей почв по степени информативности и чувствительности к загрязнению висмутом. Разработаны экологически безопасные концентрации висмута в черноземах обыкновенных карбонатных тяжелосуглинистых, бурых лесных почвах и серопесках.

Адресована специалистам в области экологии, почвоведения, сельского хозяйства, природопользования, охраны окружающей среды, а также студентам и аспирантам.

Табл. 17, рис. 16, фото 3, библ. 282.

Публикуется в авторской редакции.

Исследование выполнено при финансовой поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-3464.2018.11, НШ-2511.2020.11) и Министерства образования и науки Российской Федерации (№ 5.5735.2017/8.9; № 0852-2020-0029).

Монография опубликована за счет средств гранта Президента Российской Федерации НШ-2511.2020.11.

ISBN 978-5-9275-3892-8

УДК 574+631.4:[504.5:669.76](035.3)  
ББК 28+(40.3+24.121.55) я73

© Южный федеральный университет, 2021  
© Судьина Л. В., Колесников С. И., Минникова Т. В., Казеев К. Ш., 2021

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	<b>7</b>
<b>ГЛАВА 1. ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ВИСМУТА НА ЭКОСИСТЕМЫ</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1. ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ВИСМУТА</b> .....	<b>10</b>
1.1.1. Масштабы загрязнения висмутом природных объектов .....	10
1.1.2. Запасы, производство и масштабы потребления висмута в мире .....	18
1.1.3. Область применения висмута .....	19
1.1.4. Физико-химические свойства висмута и его соединений .....	22
1.1.5. Влияние различных форм химических соединений висмута на компоненты экосистемы .....	24
<b>1.2. СОДЕРЖАНИЕ ВИСМУТА В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ</b> .....	<b>28</b>
1.2.1. Содержание висмута в атмосферном воздухе .....	28
1.2.2. Содержание висмута в воде и донных отложениях .....	31
<b>1.3. ВЛИЯНИЕ ВИСМУТА НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ И ЖИВОТНЫЙ МИР ЭКОСИСТЕМ</b> .....	<b>33</b>
1.3.1. Влияние висмута на микроорганизмы и почвенные ферменты .....	33
1.3.2. Воздействие висмута на растения и водоросли .....	35
1.3.3. Воздействие висмута на животных .....	43
1.3.4. Воздействие висмута на человека .....	50
<b>1.4. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВИСМУТА НА ПОЧВЫ</b> .....	<b>54</b>
1.4.1. Содержание висмута в почве .....	54
1.4.2. Влияние почвенных свойств на мобильность висмута в почве .....	61
1.4.3. Охрана почв от химического загрязнения .....	65
<b>Глава 2. ОБЪЕКТЫ, МЕТОДЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ</b> ...	<b>68</b>
2.1. РЕЛЬЕФ И КЛИМАТ .....	68
2.2. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЧВ .....	69
2.3. ЧЕРНОЗЕМЫ ОБЫКНОВЕННЫЕ .....	71
2.4. СЕРОПЕСКИ .....	74
2.5. БУРЫЕ ЛЕСНЫЕ КИСЛЫЕ ПОЧВЫ .....	77
2.6. МЕТОДИКА МОДЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ .....	82
2.7. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ .....	84

2.8. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ почвы (ИПБС).....	86
2.9. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ.....	87
<b>ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКСИДОМ, НИТРАТОМ И КАРБОНАТОМ ВИСМУТА НА БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОСТОЯНИЯ ПОЧВ.....</b>	<b>88</b>
<b>3.1. ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ОКСИДОМ, КАРБОНАТОМ И НИТРАТОМ ВИСМУТА .....</b>	<b>88</b>
3.1.1. Изменение биологических показателей чернозема обыкновенного карбонатного тяжелосуглинистого .....	88
3.1.2. Изменение биологических показателей бурых лесных кислых почв	91
3.1.3. Изменение биологических показателей серопесков (черноземов супесчаных).....	93
3.1.4. Сравнение устойчивости почв по биологическим показателям .....	96
3.1.5. Сравнительная оценка изменения интегрального показателя биологического показателя состояния почв .....	97
<b>3.2. ОЦЕНКА ЭКОТОКСИЧНОСТИ ОКСИДА, НИТРАТА И КАРБОНАТА ВИСМУТА .....</b>	<b>103</b>
3.2.1. Влияние оксида, карбоната и нитрата висмута на общую численность бактерий при загрязнении почв.....	103
3.2.2. Влияние оксида, карбоната и нитрата висмута на обилие бактерий рода <i>Azotobacter</i> при загрязнении почв .....	105
3.2.3. Влияние оксида, карбоната и нитрата висмута на ферментативную активность оксидоредуктаз (каталазы и дегидрогеназ) при загрязнении почв .....	106
3.2.4. Влияние оксида, карбоната и нитрата висмута на фитотоксические свойства почв.....	112
3.2.5. Сравнительная оценка экотоксичности оксида, карбоната и нитрата висмута (по ИПБС).....	114
<b>3.3. ОЦЕНКА ДИНАМИКИ ЭКОТОКСИЧНОСТИ ВИСМУТА .....</b>	<b>117</b>
3.3.1. Изменение общей численности бактерий и обилия бактерий рода <i>Azotobacter</i> .....	118
3.3.2. Изменение активности каталазы.....	120
3.3.3. Изменение активности дегидрогеназ.....	122

3.3.4. Изменение фитотоксических свойств почв .....	123
3.3.5. Динамика интегрального показателя биологического состояния почв (ИПБС) чернозема обыкновенного карбонатного тяжелосуглинистого ...	125
<b>3.4. ОЦЕНКА ЭКОТОКСИЧНОСТИ ВИСМУТА ПО ВЫЖИВАЕМОСТИ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ (<i>EISENIA FETIDA</i>), АКТИВНОСТИ ФЕРМЕНТОВ И ПОКАЗАТЕЛЯМ ФИТОТОКСИЧНОСТИ .....</b>	<b>127</b>
3.4.1. Влияние оксида висмута на выживаемость дождевых червей в черноземе обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом .....	127
3.4.2. Изменение фитотоксических свойств чернозема обыкновенного карбонатного тяжелосуглинистого при загрязнении оксидом висмута ....	128
3.4.3. Активность уреазы .....	131
3.4.4. Активность инвертазы .....	132
3.4.5. Активность фосфатазы .....	133
<b>3.5. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ИНФОРМАТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ОКСИДОМ, КАРБОНАТОМ И НИТРАТОМ ВИСМУТА.....</b>	<b>134</b>
<b>3.6. СРАВНЕНИЕ ЭКОТОКСИЧНОСТИ ВИСМУТА С ДРУГИМИ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....</b>	<b>143</b>
<b>3.7. НОРМИРОВАНИЕ ВИСМУТА В ПОЧВАХ .....</b>	<b>145</b>
<b>ВЫВОДЫ .....</b>	<b>147</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>149</b>