

БГУ  
Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова  
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

---

**В.А. Королёв**

**ОЧИСТКА  
И ВОССТАНОВЛЕНИЕ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ  
СРЕДЫ**

Рекомендовано Учебно-методическим советом геологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Геология»

---

Москва - 2019

УДК 504; 550.3; 556.552; 574; 624.131

ББК 26.3

**В.А.Королев. Очистка и восстановление геологической среды /**  
Учебное пособие для вузов - М.: ООО Сампринт, 2019 – 430 с., ил.,  
таб.

ISBN 978-5-00077-828-9

Учебное пособие посвящено вопросам очистки геологической среды от экологически вредных загрязнителей и её восстановлению. Рассматриваются типы и источники загрязнений грунтов, особенности нахождения различных экологически вредных компонентов в грунтах разного состава, структуры и свойств. Подробно освещается методика очистки грунтов от различных видов загрязнителей в массивах; анализируются методы иммобилизации загрязнений, их деактивации (подавления токсичности), деструкции, удаления загрязнителей механическими, физическими, физико-химическими, химическими и биологическими способами, а также способы мелиорации, рекультивации и восстановления геологической среды техногенно нарушенных и загрязненных территорий.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по геологическим специальностям, а также аспирантов и специалистов в области экологической геологии, геоэкологии, инженерной экологии, промышленной экологии, почвоведения, мелиорации земель, охраны окружающей среды и рационального природопользования.

***Рецензенты:***

доктор геолого-минералогических наук, профессор В.Н.Соколов;

Лаборатория охраны геологической среды и взаимосвязи  
поверхностных и подземных вод (ЛЮГС) геологического ф-та МГУ  
имени М.В.Ломоносова

ISBN 978-5-00077-828-9

© Королев В.А., 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	8
<b>Глава 1. ТИПЫ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ .....</b>	<b>16</b>
1.1. Понятия о загрязнении и загрязнителях. ....	16
1.2. Неорганические загрязнители. ....	20
1.3. Органические загрязнители .....	39
1.4. Радиоактивные загрязнители.....	58
1.5. Биологические загрязнители .....	65
Контрольные вопросы .....	72
<b>Глава 2. ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ГРУНТОВ .....</b>	<b>74</b>
2.1. Особенности компонентного состава и показатели загрязнения грунтов .....	74
2.1.1. Показатели загрязненности грунтов .....	74
2.1.2. Твердые компоненты-загрязнители .....	77
2.1.3. Жидкие компоненты-загрязнители .....	79
2.1.4. Газообразные компоненты- загрязнители .....	82
2.2. Особенности грунтов, загрязненных солями . ....	83
2.2.1. Природное засоление .....	83
2.2.2. Техногенное засоление .....	85
2.2.3. Засоление противогололедными реагентами ...	88
2.2.4. Влияние солей на грунты .....	90
2.3. Особенности грунтов, загрязненных тяжелыми металлами.....	100
2.4. Особенности грунтов, загрязненных органическими токсикантами .....	107
2.5. Особенности грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами .....	110
2.6. Особенности грунтов, загрязненных газообразными токсикантами .....	120
2.7. Особенности грунтов, загрязненных радионуклидами...	124
2.8. Особенности биологического загрязнения грунтов .....	130
2.9. Особенности загрязнения мёрзлых грунтов .....	135
Контрольные вопросы .....	139
<b>Глава 3. ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И ТЕХНОГЕННОГО НАРУШЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>141</b>
3.1. Виды загрязненных грунтовых массивов. ....	141
3.2. Миграция загрязнителей в массивах .....	155

3.3. Загрязнение подземных и поверхностных вод .....	162
3.4. Техногенные нарушения геологической среды. ....	166
3.5. Систематизация загрязненных и техногенно-нарушенных массивов. ....	173
Контрольные вопросы .....	188
<b>Глава 4. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>190</b>
4.1. Теоретические и методологические основы геопургологии - очистки геологической среды от загрязнений .....	190
4.1.1. Общие положения .....	190
4.1.2. Связь геопургологии с другими направлениями.....	192
4.1.3. Методологические основы геопургологии ....	194
4.2. Процессы самоочистки и самовосстановления геологической среды. ....	197
4.2.1. Общие положения .....	197
4.2.2. Механизмы самоочистки геологической среды.....	198
4.2.3. Круговые и циклические процессы самоочистки.....	200
4.2.4. Особенности самоочистки геологической среды.....	203
4.3. Методы искусственной очистки грунтов и их классификация. ....	206
4.4. Методика восстановления геологической среды загрязненных и техногенно-нарушенных территорий...209	
Контрольные вопросы .....	219
<b>Глава 5. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>220</b>
5.1. Механические методы .....	220
5.1.1. Механическое удаление загрязнений .....	220
5.1.2. Механическая деструкция загрязнений .....	221
5.1.3. Механическая локализация загрязнений .....	223
5.1.4. Механические проективные мероприятия .....	224
5.2. Гидродинамические методы .....	227
5.2.1. Гидродинамическое удаление загрязнений ...	227
5.2.2. Гидромелиорация земель .....	236
5.2.3. Гидродинамические методы борьбы с ИГП...241	
5.3. Аэродинамические методы .....	243

5.3.1. Вакуумное удаление загрязнений .....	243
5.3.2. Аэродинамическое удаление загрязнений .....	248
5.3.3. Газовая нейтрализация загрязнений .....	250
5.4. Термические методы .....	251
5.4.1. Термическое удаление загрязнений .....	251
5.4.2. Термическая деструкция загрязнений .....	252
5.4.3. Термическая локализация загрязнений .....	255
5.4.4. Тепломелиорация и замораживание грунтов .....	256
5.5. Электромагнитные методы .....	257
5.5.1. Магнитное удаление загрязнений .....	257
5.5.2. Электромагнитная деструкция загрязнений...258	
5.5.3. Электромагнитная локализация загрязнений...261	
Контрольные вопросы .....	262

**Глава 6. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ.....**

6.1. Электрохимические и электрокинетические методы удаления загрязнений ..	264
6.2. Электрокинетическое рассоление грунтов. ....	265
6.3. Электрохимическое удаление тяжелых металлов .....	272
6.3.1. Электрокинетическое удаление тяжелых металлов .....	272
6.3.2. Электрохимическое выщелачивание тяжелых металлов .....	278
6.4. Электрокинетическое удаление нитратов и анионных комплексов.. ....	285
6.5. Электрокинетическое удаление органических и хлорорганических загрязнений .....	287
6.6. Электрокинетическая очистка грунтов от жидких углеводородов. ....	289
6.7. Электрокинетическая очистка грунтов от радионуклидов.....	294
6.8. Электрофоретическое удаление загрязнений .....	297
6.9. Электрохимические методы деструкции загрязнений ....	298
6.10. Электрокинетические методы локализации загрязнений.....	303
Контрольные вопросы .....	310

**Глава 7. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ. ....**

7.1. Химические методы удаления загрязнений .....	311
7.2. Химическая деструкция загрязнений .....	312
7.3. Химическая локализация загрязнителей.....	319
7.3.1. Общие положения.....	319
7.3.2. Химическая иммобилизация загрязнений .....	320
7.3.3. Методы известкования .....	321
7.3.4. Битумные защитные экраны .....	323
7.3.5. Силикатные защитные экраны .....	325
7.3.6. Смоляные защитные экраны .....	326
7.3.7. Цементные и глиняные защитные экраны .....	326
7.4. Применение химических инъекционных методов для борьбы с опасными ИГП .....	331
Контрольные вопросы .....	332
<b>Глава 8. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>333</b>
8.1. Физико-химическое удаление загрязнений .....	333
8.1.1. Выщелачивание загрязнений .....	333
8.1.2. Жидкостная экстракция загрязнений .....	340
8.1.3. Удаление загрязнений с помощью диффузиофореза .....	341
8.1.4. Управление массообменом при удалении загрязнений с учетом капиллярных сил .....	343
8.2. Физико-химическая деструкция загрязнений .....	346
8.3. Физико-химическая локализация загрязнений.....	347
Контрольные вопросы .....	356
<b>Глава 9. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ. ....</b>	<b>357</b>
9.1. Методы биодegradации загрязнений .....	358
9.1.1. Методы очистки грунтов активизацией микрофлоры .....	358
9.1.2. Методы очистки грунтов внесением культур микрофлоры. ....	361
9.1.3. Методы бактериального выщелачивания загрязнений .....	364
9.1.4. Биодegradация нефтяных загрязнений .....	367
9.1.5. Биологическая очистка сточных вод .....	370
9.2. Методы биопоглощения загрязнений .....	376
9.3. Методы электробиочистки грунтов .....	379

9.4. Биологические методы восстановления геологической среды и рекультивации территорий .....	384
9.4.1. Биологическая рекультивация .....	384
9.4.2. Сельскохозяйственная рекультивация .....	387
9.4.3. Агролесомелиорация .....	388
Контрольные вопросы .....	390

<b>Глава 10. ОБЩАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ .....</b>	<b>391</b>
10.1. Методологические принципы очистки геологической среды от загрязнений .....	391
10.2. Рациональное комплексирование методов очистки и восстановления геологической среды. ....	396
10.3. Комплексная схема экологического восстановления геологической среды техногенно-нарушенных территорий .....	409
10.4. Экологическая стратегия человечества .....	412
Контрольные вопросы .....	417
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ. ....</b>	<b>418</b>
<b>Литература .....</b>	<b>420</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>428</b>