

Т. И. Моисеенко  
Н. А. Гашкина  
М. И. Дину

---

# ЗАКИСЛЕНИЕ ВОД

---

Уязвимость  
и критические  
нагрузки



URSS

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
ордена Ленина и ордена Октябрьской Революции  
Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского  
Российской академии наук (ГЕОХИ РАН)

---

**Т. И. Моисеенко  
Н. А. Гашкина  
М. И. Дину**

# **ЗАКИСЛЕНИЕ ВОД**

**Уязвимость  
и критические нагрузки**



**URSS**

**МОСКВА**

ББК 20.1 28.088 26.82 28.082 28.080 26.22  
УДК 574 502.7(204)

**Моисеенко Татьяна Ивановна,  
Гашкина Наталья Анатольевна,  
Дину Марина Ивановна**

**Закисление вод: Уязвимость и критические нагрузки.**

**М.: ЛЕНАНД, 2017. — 400 с.**

Книга посвящена одной из глобальных проблем современной экологии — влиянию выбросов кислородобразующих газов на воды суши и водные экосистемы. Дается анализ методов и критериев оценки закисления вод, результатов исследования по проблеме в различных странах мира, включая Россию. Показаны тенденции исторического развития процесса и восстановления качества вод при снижении уровня атмосферного загрязнения окислами серы и азота. Раскрывается взаимосвязь природных факторов с поступающими на водосбор техногенными кислотами при развитии процесса закисления и в период снижения поступления кислот. Особое внимание уделено результатам изучения пространственно-временных закономерностей закисления, процессам восстановления озер после закисления и разработки прогнозным сценариям изменения химизма вод при снижении и(или) повышении нагрузок. Приводятся новые данные о сопряженном поведении элементов химического состава вод (гумусовые кислоты, тяжелые металлы) в закисленной среде. Особое внимание уделено результатам изучения пространственно-временных закономерностей, процессам восстановления озер после закисления и разработке прогнозных сценариев изменения химизма вод при снижении и (или) повышении нагрузок. Дается анализ изменения физиологических функций организмов рыб в закисленной среде и структурно-функциональной организации водных экосистем. Предлагаются алгоритмы расчетов критических нагрузок кислотообразующих веществ, даются оценки превышения нагрузок на европейской территории России и в Западной Сибири.

Книга представляет интерес для широкого круга специалистов в области гидрологии, гидрохимии и экологии.

Формат 60×90/16. Печ. л. 25. Зак. № АЛ-461.

Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978-5-9710-3923-5

© ЛЕНАНД, 2016

20290 ID 220620



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

# Оглавление

<b>Введение</b> .....	<b>7</b>
<b>Глава 1. Факторы закисления вод</b> .....	<b>11</b>
1.1. Эмиссия кислотообразующих газов.....	11
1.2. Механизмы образования протонов в атмосфере.....	19
1.3. Выпадения кислот и их превращения на водосборе.....	35
1.4. Территориальное распределение объемов выпадения кислот.....	45
1.5. Оценка узвзимости территории.....	49
<b>Глава 2. Методические аспекты изучения и критерии оценки</b> .....	<b>53</b>
2.1. Принципы выбора водных объектов при региональном изучении.....	55
2.2. Особенности химико-аналитических определений.....	59
2.3. Контроль качества химических данных.....	60
2.4. Формы металлов.....	66
2.5. Критерии оценки закисления вод.....	69
2.6. Статистический анализ.....	74
<b>Глава 3. Региональные проявления глобального процесса</b> .....	<b>75</b>
3.1. Страны Северной Америки.....	80
3.2. Европейские страны.....	86
3.3. Страны азиатского континента.....	91
3.4. Закисление вод в России.....	93
3.5. Особенности закисления вод высокогорных и арктических территорий.....	100
3.6. Ретроспективный анализ закисления вод на Кольском Севере.....	104

---

<b>Глава 4. Особенности закисления вод в гумидных регионах Европейской части России и Западной Сибири .....</b>	<b>110</b>
4.1. Характеристика территории и антропогенных воздействий .....	112
4.2. Особенности химического состава вод .....	116
4.3. Природные и антропогенные факторы закисления вод .....	122
4.4. Дискриминантный анализ отличий групп озер по химическому составу вод .....	130
4.5. Многомерный анализ корреляций независимых параметров закисленных озер .....	134
<b>Глава 5. Кратковременное закисление вод — «рН-шок» .....</b>	<b>138</b>
5.1. Региональные особенности .....	139
5.2. Контролирующие факторы .....	145
5.3. Механизм формирования эпизодического закисления вод .....	152
5.4. Влияние эпизодического закисления на выщелачивание элементов концентрации и формы миграции металлов .....	164
<b>Глава 6. Восстановления качества вод в ответ на снижение выпадений сильных кислот .....</b>	<b>170</b>
6.1. Характеристика тенденций восстановления в различных странах .....	171
6.2. Влияние ландшафтно-геологической структуры на восстановление закисленных озер Кольского Севера .....	178
6.3. Факторы, определяющие изменчивость элементов химического состава вод при снижении выпадения кислот .....	188
6.4. Влияние климатических вариаций на закисление и восстановление качества вод .....	194

---

<b>Глава 7. Пространственно-временные закономерности изменения химического состава вод озер: прогноз закисления.....</b>	<b>200</b>
7.1. Пространственные закономерности.....	201
7.2. Временная динамика.....	213
7.3. Прогноз закисления .....	220
<b>Глава 8. Оценка физико-химических параметров гумусовых веществ в условиях закисления .....</b>	<b>225</b>
8.1. Структурные характеристики гумусовых веществ .....	225
8.2. Подвижность гумусовых веществ в системе «водосбор—водоем» в зависимости от рН.....	228
8.3. Изменения физико-химических параметров гумусовых веществ .....	232
<b>Глава 9. Влияние закисления на распределение и поведение металлов.....</b>	<b>242</b>
9.1. Факторы влияния на концентрации элементов в водах.....	243
9.2. Формы существования металлов и их активность в закисленной среде .....	252
9.3. Перераспределение металлов при закислении вод озер.....	262
<b>Глава 10. Физиологические нарушения у рыб.....</b>	<b>272</b>
10.1. Формирование зон токсичности и основные воздействующие агенты .....	275
10.2. Влияние на сенсорные органы и жабры .....	276
10.3. Особенности воздействия алюминия .....	280
10.4. Гормональная осморегуляция и метаболизм .....	283
10.5. Уязвимость стадий жизненного цикла .....	285
10.6. Биоаккумуляция металлов.....	288

---

<b>Глава 11. Изменения в водных сообществах .....</b>	<b>296</b>
11.1. Микроорганизмы.....	298
11.2. Первичные продуценты.....	299
11.3. Зоопланктон.....	304
11.4. Бентос.....	309
11.5. Рыбная часть сообществ.....	316
11.6. Амфибии и околоводные птицы .....	319
11.7. Общие тенденции восстановления экосистем.....	322
<b>Глава 12. Алгоритм расчета критических нагрузок и их превышений .....</b>	<b>329</b>
12.1. Характеристика метода и алгоритмы расчета критических нагрузок.....	331
12.2. Критические уровни .....	337
12.3. Территориальное распределение .....	339
12.4. Превышения критических нагрузок.....	345
<b>Заключение.....</b>	<b>350</b>
<b>Список литературы.....</b>	<b>365</b>