



**Балакирев В.Ф., Аксенов В.И.,  
Ничкова И.И., Крымский В.В.**

# **ОБРАБОТКА АГРЕССИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ**

Москва

Российская академия наук  
Уральское отделение  
Институт металлургии

**В.Ф. Балакирев, В.И. Аксенов,  
И.И. Ничкова, В.В Крымский**

# **ОБРАБОТКА АГРЕССИВНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОКОВ**

Москва  
2019

УДК 628.33  
ББК 38.761.2  
О-23

**Авторы:**

Балакирев В.Ф., Аксенов В.И., Ничкова И.И., Крымский В.В.

**Ответственный редактор:** академик РАН Н.А.Ватолин

**Рецензенты:**

Ившина Ирина Борисовна, доктор биологических наук, академик РАН, Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, г. Пермь;  
Смирнов Борис Николаевич, кандидат технических наук, главный инженер АО «Уралгипромез» (Уральский государственный институт проектирования металлургических заводов), г. Екатеринбург.

О-23 **Балакирев В.Ф.** Обработка агрессивных промышленных стоков / В.Ф. Балакирев, В.И. Аксенов, И.И. Ничкова, В.В. Крымский – Москва: РАН, 2019. – 115 с.: ил.

**ISBN 978-5-907036-47-5**

Рассмотрен ряд проблем водного хозяйства, традиционно существующих на предприятиях горно-металлургического комплекса, химического и металлообрабатывающих профилей, занимающихся комплексной переработкой полиметаллического сырья и обработкой различной продукции.

Предлагается дифференцированный подход к очистке особо агрессивных сточных вод – локально-автономный принцип удаления вредных веществ прежде всего из наиболее опасных участков технологических линий, откуда поступают эти стоки.

Локальный принцип позволяет снизить экологическую нагрузку на стоки всего предприятия, а также сделать экономически целесообразным (доступным) строительство соответствующих локальных (местных) очистных сооружений, достаточно недорогостоящих по сравнению со строительством замкнутых безотходных систем водопользования с одновременной очисткой всех стоков предприятия.

Также анализируются некоторые методы обработки осадков, получаемых при очистке стоков, и возможные направления их утилизации, что представляет собой достаточно сложную и труднорешаемую проблему.

Рассмотрены возможности дезактивации жидких радиоактивных отходов.

Рекомендуется профессорско-преподавательскому составу, аспирантам и студентам вузов соответствующих специальностей, а также промышленным организациям.

Использованные в книге фотографии уральской природы предоставлены членом Союза художников Российской Федерации Холостых В.И.

ISBN 978-5-907036-47-5

© Балакирев В.Ф., Аксенов В.И.,  
Ничкова И.И. Крымский В.В., 2019



Ministry of Science and Higher Education of the Russian  
Federation  
Russian Academy of Sciences  
Ural Branch  
Institute of Metallurgy

**V.F. Balakirev, V.I. Aksenov,  
I.I. Nichkova, V.V. Krymskiy**

# **TREATMENT OF AGGRESSIVE INDUSTRIAL WASTES**

Moscow  
2019

UDC 628.33  
LBC 38.761.2  
O-23

**Authors:**

Balakirev V.F., Aksenov V.I., Nichkova I.I., Krymskiy V.V.

**Managing editor:** academician of RAS N.A. Vatolin

**Reviewers:**

Ivshina Irina Borisovna, doctor of biology, academician of RAS, Institute of ecology and genetics of microorganisms Ural branch of RAS, Perm;

Smirnov Boris Nikolayevich, candidate of technical Sciences, chief engineer of JSC «Ural state Institute of design of metallurgical plants», Ekaterinburg.

O-23 **Balakirev V.F.** Treatment of aggressive industrial wastes / V.F. Balakirev, V.I. Aksenov, I.I. Nichkova, V.V. Krymskiy – Moscow: RAS, 2019. – 113 p.: ill.

**ISBN 978-5-907036-47-5**

A range of water management problems, which traditionally exists in enterprises of mining and smelting with chemical and metal-working profiles occupied with complex processing of polymetallic raw materials and various productions, is considered.

A differentiated approach to clean particularly aggressive wastewaters is suggested: a local stand-alone principle to clean up toxic substances first of all from the most dangerous sections of processing lines, wherefrom these wastes come.

The local principle allows decreasing an ecological load on the wastes of the whole enterprise cleaning as well as making a construction of local treatment facilities economically more expedient along with cleaning of all enterprise wastes. These facilities are reasonably inexpensive in comparison with a construction of isolated zero-waste water consumption systems.

A number of techniques to process precipitations derived at waste treatment and possible ways to utilize these precipitations, which is quite a problem, are analyzed. Methods to deactivate nuclear wastes are considered.

The monograph may be useful for scientists, engineers of research, design and starting-up and adjustment manufacturing organizations of industrial water supply and water consumption.

The study is recommended to professional and teaching staff as well as to students and postgraduate students of the corresponded fields and other organizations of industry.

ISBN 978-5-907036-47-5

© Balakirev V.F., Aksenov V.I.,  
Nichkova I.I., Krymskiy V.V., 2019

# СОДЕРЖАНИЕ

Перечень сокращений, условных обозначений и терминов .....	9
Предисловие.....	10
Введение.....	12
<b>Глава 1 ОБРАЗОВАНИЕ, ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАВИЛЬНЫХ СТОКОВ.....</b>	<b>14</b>
1.1 Регенерация солянокислых отработанных травильных растворов .....	15
1.2 Регенерация сернокислых отработанных травильных растворов .....	20
1.3 Обработка промывных вод травильных отделений.....	23
<b>Глава 2 ОБРАЗОВАНИЕ, ОБРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ.....</b>	<b>25</b>
2.1 Промывка изделий.....	26
2.2 Отработанные концентрированные технологические растворы .....	27
2.3 Реагентный метод.....	35
2.4 Биотехнологические методы.....	38
2.5 Электрохимические методы.....	42
2.5.1 Метод электрокоагуляции.....	43
2.5.2 Метод электрофлотации.....	44
2.5.3 Метод электролиза .....	50
2.5.4 Метод гальванокоагуляции.....	51
2.6 Мембранные методы.....	52
2.6.1 Метод обратного осмоса.....	52
2.6.2 Метод электродиализа .....	53
2.7 Сорбционные методы очистки производственных сточных вод и границы их применения.....	55
2.8 Комбинированные методы .....	64
<b>Глава 3 ОБРАБОТКА СТОКОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ... 67</b>	
<b>Глава 4 ОБРАБОТКА СТОКОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ .....</b>	<b>77</b>
4.1 Шахтные воды .....	78
4.2 Подотвальные сточные воды.....	80
4.3 Анализ основных технологических решений в области очистки сточных вод горно-обогатительных комбинатов.....	83
4.4 Существующие методы удаления сульфатов из сточных вод ГОК.....	86
4.5 Технология очистки сточных вод, применяемая на Учалинском горно- обогатительном комбинате.....	88
<b>Глава 5 ОБРАБОТКА ОСАДКОВ.....</b>	<b>90</b>
<b>Глава 6 ОБРАБОТКА ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....</b>	<b>97</b>
6.1 Экспериментальное оборудование.....	97

6.1.1 Наносекундные электромагнитные импульсы.....	97
6.1.2 Генераторы импульсов.....	98
6.1.3 Излучатели импульсов .....	100
6.1.4 Отбор проб и измерительное оборудование.....	102
6.2 Облучение растворов с радионуклидом $^{90}\text{Sr}$ .....	103
Заключение.....	108
Список литературы .....	109
Сведения об авторах .....	113

# CONTENT

Preface .....	9
Introduction .....	10
Введение .....	12
<b>Chapter 1 FORMATION, TREATMENT AND USAGE OF ETCHING WASTES .....</b>	<b>14</b>
1.1 Regeneration of waste muriatic acid etching solutions .....	15
1.2 Regeneration of waste sulfuric acid etching solutions .....	20
1.3 Rinsing water treatment of etching sections .....	23
<b>Chapter 2 FORMATION, TREATMENT AND USAGE OF GALVANIC WASTES .....</b>	<b>25</b>
2.1 Rinsing of items .....	26
2.2 Waste concentrated technological solutions .....	27
2.3 Reagent method .....	35
2.4 Biological methods .....	38
2.5 Electrochemical methods .....	42
2.5.1 Electrocoagulation .....	43
2.5.2 Electroflotatio .....	44
2.5.3 Electrolysis .....	50
2.5.4 Galvanocoagulation .....	51
2.6 Membranous methods .....	52
2.6.1 Reverse osmosis .....	52
2.6.2 Electrodialysis .....	53
2.7 Sorption methods .....	55
2.8 Combined methods .....	64
<b>Chapter 3 WASTE TREATMENT OF CIRCUIT BOARD MANUFACTURE .....</b>	<b>67</b>
<b>Chapter 4 WASTE TREATMENT OF ORE MINING AND PROCESSING ENTERPRISE .....</b>	<b>77</b>
4.1 Mine waters .....	78
4.2 Underspoil waters .....	80
4.3 Technological solutions analysis in the field of waste water treatment of ore mining and processing enterprises .....	83
4.4 Existing methods to remove sulfates from waste waters of ore mining and processing enterprises .....	86
4.5 The technology of waste water treatment utilized at the Uchalinsky enterprise .....	88
<b>Chapter 5 PRECIPITATION TREATMENT .....</b>	<b>90</b>
<b>Chapter 6 RADIOACTIVE MEDIA TREATMENT .....</b>	<b>97</b>
6.1 Experimental equipment .....	97



6.1.1 Nanosecond electromagnetic impulses.....	97
6.1.2 Impulse generators.....	98
6.1.3 Impulse oscillators .....	100
6.1.4 Sampling and measuring equipment.....	102
6.2 Irradiation of solutions with a radionuclide $^{90}\text{Sr}$ .....	103
Conclusion.....	108
References .....	109