

21-5682

ЧАСТНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ  
ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ  
И ЕЁ ОХРАНА В БАССЕЙНЕ  
РЕКИ РУДНАЯ**

21-05682

**ХАБАРОВСК 2021**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тихоокеанский государственный университет»  
Федеральное бюджетное учреждение  
«Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Дальневосточный геологический институт ДВО РАН»  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владивостокский государственный университет экономики и сервиса»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
«Институт горного дела ДВО РАН»

**Оценка влияния техногенной системы  
на окружающую среду  
и её охрана в бассейне реки Рудная**

**Монография**

УДК 622.85:504.064

ББК Б1+Е081

О 931

*Авторы:* Л.Т. Крупская, В.П. Зверева, Л.П. Майорова, А.В. Перфильев, Д.А. Голубев, А.М. Костина, А.А. Черенцова, К.Е. Гула, Н.К. Растанина, М.Б. Бубнова, М.Ю. Филатова

*Рецензенты:*

*Л.А. Земнухова, д-р хим. наук, проф.* (Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт химии ДВО РАН»);

*О.А. Кириенко, канд. биол. наук* (Институт водных и экологических проблем ДВО РАН);

*Научный редактор И.В. Шугалей, д-р хим. наук, проф.* (Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет))

Работа выполнена за счет средств гранта Российского научного фонда  
(проект № 15-17-10016 ВО «Тихоокеанский государственный университет»),

гранта Российского фонда фундаментальных исследований

(проект № 19-05-00322 ВО «Тихоокеанский государственный университет»),

Президентского гранта (проект № МК-3900.2021.1.5 ВО «Тихоокеанский государственный университет)

и Государственного задания Минобрнауки РФ в сфере научной деятельности

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», проект научной тематики, шифр 0818-2020-0004.

О 931 Оценка влияния техногенной системы на окружающую среду и её охрана в бассейне реки Рудная: монография / Л. Т. Крупская, В. П. Зверева, Л. П. Майорова [и др.]; [науч. ред. И. В. Шугалей]; Министерство науки и высшего образования, Тихоокеанский государственный университет. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2021. – 387, [1] с.

ISBN 978-5-7389-3223-6

Результаты, представленные в монографии, направлены на решение фундаментальной проблемы комплексной оценки современного состояния сульфидсодержащих горнопромышленных техногенных систем, их влияния на экосферу и разработки методологии изучения гипергенных и техногенных процессов для создания новой технологии снижения экологического ущерба прошлой хозяйственной деятельности горных предприятий и предупреждения техногенных катастроф.

Издание представляет интерес для экологов, геоэкологов, почвоведов, минералогов, геохимиков, геологов широкого профиля, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов старших курсов. Оно будет использовано в ТОГУ и ШЕН ДВФУ в качестве учебного пособия при чтении курсов лекций и проведении практических занятий по специальным дисциплинам.

УДК 622.85:504.064

ББК Б1+Е081

ISBN 978-5-7389-3223-6

© Тихоокеанский государственный университет, 2021

© Коллектив авторов, 2021

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |     |
|---|-----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 3   |
| 1. ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЫ НА СОСТОЯНИЕ ОБЪЕКТОВ<br>ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ .....   | 8   |
| 1.1. Анализ, обобщение и систематизация литературных данных и ма-<br>териалов патентного поиска по проблеме фундаментальные осно-<br>вы оценки современного состояния техногенных систем, сформир-<br>ованных прошлой хозяйственной деятельностью горного пред-<br>приятия Дальнегорского рудного района и обеспечение их эколо-<br>гической безопасности ..... | 8   |
| 1.1.1. Аналитический обзор. Горнодобывающий комплекс как угроза ес-<br>тественной биоте и природным системам .....  | 8   |
| 1.1.2. Развитие исследований по экологической реабилитации террито-<br>рий, подверженных негативному воздействию объектов накоплен-<br>ного экологического ущерба в результате прошлой хозяйственной<br>деятельности .....  | 19  |
| 1.2. Техногенные системы как источник загрязнения среды обитания.<br>Анализ современного их состояния .....   | 23  |
| 1.2.1. Анализ современного состояния техногенной системы с использо-<br>ванием ГИС-технологий .....   | 23  |
| 1.2.2. Горнопромышленная техногенная система .....  | 32  |
| 1.2.2.1. Расчетный метод определения класса опасности отходов .....   | 38  |
| 1.2.2.2. Результаты расчета класса опасности отходов горно-обогати-<br>тельного производства .....  | 41  |
| 1.2.2.3. Расчет выделения пыли .....  | 80  |
| 1.3. Эколого-геохимическая оценка воздействия техногенных образо-<br>ваний (отходов хвостохранилища и шламохранилищ, отвалов и<br>др.) на состояние объектов окружающей среды и здоровья насе-<br>ления горняцкого поселка. Возможности использования ГИС-<br>технологий .....  | 88  |
| 1.3.1. Влияние техногенной системы на атмосферу .....   | 88  |
| 1.3.2. Исследование снежного покрова, как индикатора техногенного за-<br>грязнения .....  | 147 |
| 1.3.3. Влияние техногенных систем на почвы и растительность .....   | 148 |
| 1.3.4. Загрязнение поверхностных вод .....  | 165 |
| 1.3.5. Влияние техногенных систем на питьевые воды колодцев, распо-<br>ложенных вблизи источников техногенного загрязнения .....  | 169 |

|   |     |
|---|-----|
| 1.3.6. Влияние техногенного загрязнения окружающей среды на здоровье человека в границах влияния техногенных загрязнений .....  | 170 |
| 1.4. Разработка методов оценки качества окружающей среды в пределах техногенных территорий для анализа социально-экономического развития Дальневосточного федерального округа России (критерии и системы показателей комплексной оценки техногенного загрязнения почв и растительности) ..... | 171 |
| 1.4.1. Оценка влияния отходов переработки оловорудного сырья на состояние почвенных микроорганизмов. Микрофлора как индикатор техногенного загрязнения объектов .....   | 171 |
| 1.4.2. Исследование ответной реакции растений-биондикаторов на техногенное загрязнение экосистем тяжелыми металлами .....   | 173 |
| 1.4.3. Значение критериев и показателей оценки техногенного загрязнения для анализа социально-экономического развития регионов России .....   | 178 |
| 1.5. Технологические возможности ликвидации накопленного экологического ущерба горным предприятием «Дальполиметалл» в результате хозяйственной деятельности в прошлом веке .....  | 183 |
| 1.5.1. Биоинженерные принципы разработки экологически безопасных горных технологий для ликвидации накопленного в прошлом веке экологического ущерба .....   | 183 |
| 1.5.2. Разработка мероприятий по снижению накопленного в прошлом веке экологического ущерба и уменьшению последствий техногенных катастроф .....  | 186 |
| 1.5.2.1. Экспериментальные исследования .....   | 186 |
| 1.5.2.2. Характеристика техногенных поверхностных образований в границах влияния горного предприятия «Дальполиметалл» как объекта рекультивации .....   | 201 |
| 1.5.2.3. Результаты интеллектуальной деятельности творческого коллектива .....  | 218 |
| 1.5.3. Принципы организации горно-экологического мониторинга изменения объектов окружающей среды. Определение цели, задач, методики .....   | 221 |
| 1.5.4. Принципы и Концепция обеспечения экологической безопасности ущерба, накопленного в прошлом веке деятельностью горного предприятия «Дальполиметалл» .....   | 224 |
| 1.5.5. Создание технологии по экологической реабилитации территорий, подверженных негативному влиянию объектов накопленного экологического ущерба .....   | 231 |

|   |     |
|---|-----|
| Выводы .....  | 238 |
| Библиографические ссылки .....  | 241 |
| 2. ГИПЕРГЕННЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНОПРО-<br>МЫШЛЕННОЙ ТЕХНОГЕННОЙ СИСТЕМЕ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕ-<br>СКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ДАЛЬНЕГОРСКОГО РАЙОНА .....                               | 255 |
| 2.1. Экологическая характеристика гипергенеза и техногенеза олово-<br>рудных и полиметаллических месторождений Дальнегорского<br>района .....                                     | 255 |
| 2.1.1. Влияние горнопромышленной техногенной системы Дальнегорс-<br>кого района на поверхностные, грунтовые воды .....  | 255 |
| 2.1.2. Химический состав рудничных, дренажных и шламовых вод – это<br>показатель загрязнения природных систем .....   | 258 |
| 2.2. Физико-химическое моделирование гипергенных и техногенных<br>процессов на оловорудных месторождениях Дальнегорского рай-<br>она в диапазоне температур от 0 до + 45 °С ..... | 264 |
| 2.2.1. Моделирование процессов окисления сульфидов в рудном теле и<br>формирование рудничных вод .....  | 264 |
| 2.2.2. Моделирование процессов окисления сульфидов в контакте с<br>вмещающей породой на хвостохранилищах ЦОФ и КОФ .....  | 270 |
| 2.2.2.1. Моделирование процессов окисления сульфидов в хвостах обога-<br>щения ЦОФ (I модель, минеральный состав по литературным<br>данным) .....                                 | 273 |
| 2.2.2.2. Моделирование процессов окисления сульфидов в отходах старо-<br>го хвостохранилища ЦОФ (II модель, данные химических анали-<br>зов хвостов обогащения) .....             | 282 |
| 2.2.2.3. Моделирование формирования дренажных вод на старом хвосто-<br>охранилище ЦОФ (II б модель) .....   | 284 |
| 2.2.3. Моделирование процессов, происходящих в хвостах обогащения<br>КОФ Дальнегорского рудного района .....  | 287 |
| 2.2.3.1. Моделирование процессов окисления сульфидов в хвостах обога-<br>щения КОФ (I модель, минеральный состав по литературным<br>данным) .....                                 | 288 |
| 2.2.3.2. Моделирование процессов окисления сульфидов в отходах обога-<br>щения старого хвостохранилища КОФ (II а модель, данные хими-<br>ческого анализа) .....                   | 296 |
| 2.2.4. Моделирование процессов окисления сульфидов в хвостах обо-<br>гащения ЦОФ и КОФ с увеличением водной составляющей в си-<br>стеме (III модель) .....                        | 299 |

|   |     |
|---|-----|
| 2.2.4.1. Моделирование процессов окисления сульфидов в хвостах обогащения КОФ с увеличением водной составляющей .....                                       | 299 |
| 2.2.4.2. Моделирование процессов окисления сульфидов в хвостах обогащения КОФ с увеличением водной составляющей .....                                       | 304 |
| 2.2.5. Процессы гипергенного и техногенного минералообразования в зависимости от количества серы в хвостах обогащения .....                                 | 310 |
| 2.2.6. Верификация результатов, полученных при физико-химическом моделировании .....  | 317 |
| 2.3. Оценка влияния горнорудной промышленности на гидросферу Дальнегорского района в интервале температур от 0 до + 45 °С ...                               | 321 |
| 2.3.1. Оценка влияния хвостохранилищ ЦОФ на гидросферу района .....   | 321 |
| 2.3.1.1. Оценка влияния гипергенных процессов, протекающих на хвостохранилищах ЦОФ (I модель, минеральный состав по литературным данным) .....              | 321 |
| 2.3.1.2. Оценка влияния гипергенных процессов, протекающих в отходах хвостохранилищ ЦОФ (II модель, по данным химического анализа хвостов обогащения) ..... | 326 |
| 2.3.2. Оценка влияния хвостохранилищ КОФ на гидросферу района .....   | 331 |
| 2.3.2.1. Оценка влияния гипергенных процессов, протекающих в отходах хвостохранилищ КОФ (I модель, по литературным данным) .....                            | 331 |
| 2.3.2.2. Оценка влияния гипергенных процессов, протекающих на хвостохранилищах КОФ (II а модель, по данным химического анализа хвостов обогащения) .....    | 332 |
| 2.3.3. Оценка влияния процессов окисления сульфидов в хвостах ЦОФ и КОФ с увеличением водной составляющей (III модель) .....                                | 335 |
| 2.3.3.1. Оценка влияния процессов окисления сульфидов в хвостах ЦОФ с увеличением водной составляющей .....   | 335 |
| 2.3.3.2. Оценка влияния процессов окисления сульфидов в хвостах КОФ с увеличением водной составляющей .....   | 336 |
| 2.3.4. Сравнение результатов моделирования с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) веществ в водных объектах и фоновыми водами .....                   | 340 |
| 2.3.5. Расчет ежегодного неконтролируемого выноса элементов сульфидов с поверхности хвостохранилищ в гидросферу .....                                       | 340 |
| 2.3.6. Рекомендации к рекультивации оловосульфидных хвостохранилищ, позволяющие предотвратить возможность риска экологических катастроф .....               | 343 |
| Выводы .....  | 344 |

|  |            |
|--|------------|
| Библиографические ссылки .....   | 345        |
| <b>3. ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ</b> .....                                | <b>349</b> |
| 3.1. Исследование пористой структуры дальневосточных природных и модифицированных алюмосиликатов .....         | 351        |
| 3.1.1. Объекты исследования .....  | 351        |
| 3.1.2. Исследование пористой структуры объектов исследования .....   | 352        |
| 3.1.3. Микроскопические исследования поверхности исходных алюмосиликатов .....                                 | 355        |
| 3.1.4. Модификация поверхности исходных алюмосиликатов .....   | 358        |
| 3.1.4.1. Модификация аргиллита и перлита .....   | 359        |
| 3.1.4.2. Модификация керамзитового гравия .....  | 359        |
| 3.1.5. Исследование модифицированных алюмосиликатов .....  | 360        |
| 3.2. Исследование процесса адсорбции тяжёлых металлов .....  | 363        |
| 3.2.1. Объекты и методы исследования .....   | 363        |
| 3.2.2. Исследование процесса очистки шламовых вод .....  | 366        |
| 3.3. Применение геохимических барьеров для снижения экологического ущерба бывших оловорудных предприятий ..... | 371        |
| 3.3.1. Классификация геохимических барьеров .....  | 371        |
| 3.3.2. Технологическая схема очистки дренажных и шламовых вод с применением геохимических барьеров .....       | 374        |
| Выводы .....   | 377        |
| Библиографические ссылки .....   | 378        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....  | <b>380</b> |