

**Отзыв**  
**на автореферат диссертации**  
**Тимофеева Константина Леонидовича «Сорбционное извлечение**  
**цветных и редких металлов из промышленных растворов горно-**  
**металлургических предприятий» представленной на соискание ученой**  
**степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 –**  
**Металлургия черных, цветных и редких металлов**

*Актуальность проблемы обусловлена созданием новых безопасных для окружающей среды производств, способствующих экологическому оздоровлению промышленных территорий за счет утилизации образующихся отходов, очистки и последующем использовании промышленных стоков, санации загрязненных водоемов и земель, снижения газопылевых выбросов в атмосферу и другие. Полученные при рекуперации из промежуточных продуктов дополнительные количества цветных и редких металлов компенсируют, отчасти, расходы предприятий, связанные с утилизацией не перерабатываемых отходов производства, содержанием промышленных полигонов, отвалов, рудо- и шламонакопителей.*

*Целью работы являлось научное обоснование, исследование и разработка принципиальных подходов и технологий селективного извлечения и концентрирования цветных и редких металлов из промышленных растворов гидрометаллургического передела, шахтных, карьерных и подотвальных сточных вод с использованием процессов сорбции и экстракции.*

*Задачи выполненных исследований определены необходимостью обобщения и систематизации результатов исследований по осадительному, сорбционному и экстракционному извлечению ионов металлов из водных сред, включая промышленные растворы, шахтные, карьерные, подотвальные сточные воды; выявления ранее не установленных закономерностей сорбции, адсорбции и экстракции ионов цветных и редких металлов в фазе ионообменных органических смол и на поверхности минеральных сорбентов – высокодисперсных модифицированных монтмориллонитов, в зависимости от природы и концентрации металла и электролитов; величины рН, температуры и состава растворов.*

*В работе задействованы аттестованные современные физико-химические методы исследования: сканирующая электронная микроскопия (микроскопы «SUPRA 50 VP», «TESCAN VEGA3» с приставками для микроанализа «Oxford Inca»), атомно-абсорбционный анализ («AA-7000», Shimadzu), ИК-спектрометрия («Nicolet 6700», «ALPHAII, Bruker»), спектрометр «SPECTROBLUE ICP-OES».*

*Статистическая обработка приведенных в работе экспериментальных*

результатов показала *достоверность* воспроизводимых серий опытов при уровне сходимости 90-95 %.

К основным *положениям* диссертации, *выносимым на защиту*, следует отнести обоснование применения ионообменных селективных смол для извлечения примесей из шахтных, подотвальных и сточных вод до предельно-допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения, а также модифицированных минеральных сорбентов для количественного извлечения индия из технологических растворов цинкового производства; математические зависимости определяющих показателей сорбционных систем от величины основных физико-химических параметров операций селективного выделения заданных компонентов из различных по составу жидких фаз для использования при оптимизации получения товарной продукции.

*Научная новизна* работы заключается в рассчитанных по опытным данным термодинамических параметрах процесса взаимодействия  $\text{In}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  с ионообменными смолами (Purolite S955, Lewatit: TP260, TP272, TP207), а также минеральными природными и модифицированными монтмориллонитами, реагентами «Метозоль» и «Экозоль»; при сорбции  $\text{In}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  положительные значения изменения энтальпии  $\Delta H$ , кДж/моль ( $\leq 50$  для синтезированных смол;  $\leq 40$  для «Метозоль») характерны для эндотермического процесса; для  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  и монтмориллонитов  $-\Delta H \leq 16$ , что указывает на экзотермический эффект.

*Практическая значимость* обусловлена исследованием условий функционирования технологий по переработке технологических растворов, шахтных, подотвальных и иных сточных вод, как источников загрязнения и других факторов антропогенного воздействия на экосистемы Уральского региона; оптимизацией удельных расходов реагентов и топливно-энергетических ресурсов для уменьшения влияния техногенной нагрузки на окружающую среду; разработкой и опробованием в режиме реальной эксплуатации новых технологии для последующего получения цветных и редких металлов, попутно образующейся дополнительной товарной продукции.

*Результаты* диссертационной работы широко *апробированы* на республиканских и международных научных конференциях, опубликованы в ведущих рецензируемых научно-технических журналах и сборниках, входящих в рекомендованный ВАК реестр. *Оригинальность и новизна* выполненных технологических разработок подтверждена авторскими свидетельствами и патентами на изобретение.

*Личный вклад автора* обусловлен участием в научно-теоретическом обосновании, постановке и непосредственном проведении исследований, анализе и обобщении полученных результатов, в подготовке научных публи-



каций и разработке технической документации, опытно-промышленных испытаниях и внедрении результатов исследований на предприятиях.

Автореферат оформлен в соответствии с действующими государственными стандартами. Текст автореферата изложен логичным и грамотным научным языком.

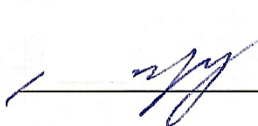
По автореферату диссертации Тимофеева К.Л. имеются следующие вопросы и замечания:

1. Сопоставлялась ли стоимость очистки воды предлагаемым сорбционным методом и, например, с применением мембранных технологий (ультрафильтрация и обратный осмос)?

2. Каковы целевые потребители в случае успешной очистки шахтных вод медно-кобальтового рудника до качества хозяйственного-питьевого назначения в количестве свыше 4 млн. м<sup>3</sup>/год?

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы «Сорбционное извлечение цветных и редких металлов из промышленных растворов горно-металлургических предприятий», соответствующей специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов, по которой она представлена к защите, а также требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», а ее автор, Тимофеев Константин Леонидович, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук.

Доктор технических наук, профессор  
кафедры технической физики  
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный  
Университет им. первого Президента  
России Б.Н. Ельцина»



Смирнов Геннадий  
Борисович  
02 августа 2021 г.

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19  
Тел: 8 912-632-56-79  
E-mail: [g.b.smirnov@urfu.ru](mailto:g.b.smirnov@urfu.ru)

Подпись Смирнова Г.Б. заверяю



ДОКУМЕНТОВЕД УДИОВ  
ГАФУРОВА А.А.