

Отзыв официального оппонента на диссертационную работу Денисовой Юлии Леонидовны по теме: «Научное обоснование использования искусственных геохимических барьеров на основе отходов горнодобывающей промышленности для очистки сточных вод и извлечения цветных металлов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук.

На всем протяжении своего развития горно-обогащительные комбинаты являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды неочищенными сточными водами, образующимися в процессе добычи и переработки сульфидных руд (шахтные, рудничные, хвосты обогащительного процесса), которые к тому же содержат значительные концентрации цветных металлов и железа.

В настоящее время альтернативы очистки сточных вод с использованием различных реагентов, является создание модифицированных природных и искусственных барьеров, достоинствами которых являются эффективное осаждение и извлечение металлов, широкая распространенность и низкая стоимость.

Использование геохимических барьеров для очистки сточных вод горнодобывающих предприятий и, вследствие этого, защиты природных водоемов от загрязнений – современное перспективное направление, которое подчеркивает актуальность и важность диссертационной работы Денисовой Ю.Л. Создание геохимических барьеров на основе отходов горнодобывающего производства позволит комплексно использовать минеральные ресурсы, что является актуальным для данной отрасли народного хозяйства, при этом в перспективе возможно извлечение многих ценных попутных металлов и в последующем включение их в технологические циклы.

Автором диссертационной работы на основании результатов, полученных с использованием комплекса современных методов исследования, впервые установлен механизм сорбции ионов никеля из сульфатных растворов гидросиликатами магния, входящими в состав отходов горнодобывающей промышленности. Этот механизм заключается в образовании с серпентиновыми минералами при pH раствора 1-3 пимелитов, при меньшей кислотности растворов – минералов типа гарниерита, при этом взаимодействие растворов сульфата никеля с тальком приводит к образованию виллемсеита, а при взаимодействии растворов сульфата никеля с био-

титом наблюдается образование пимелитов без изменения состава тетраэдрических слоев. С увеличением соотношения минерал:раствор закономерно растет значение рН и извлечение никеля из раствора в результате ионного обмена никеля.

Соискателем экспериментально и теоретически доказано, что геохимические барьеры на основе хвостов обогащения медно-никелевых руд, смеси аморфного кремнезема и карбоната обеспечивают эффективную очистку от ионов цветных металлов и железа за счет совместного действия компонентов барьеров.

При этом автором так же установлено значительное снижение концентрации железа, меди и никеля при использовании искусственных геохимических барьеров для очистки сточных вод, а полученные в процессе металлосодержащие продукты пригодны для дальнейшего выщелачивания.

В результате углубленных научно-исследовательских изысканий был обоснован и подтвержден способ модифицирования отходов горноперерабатывающей отрасли (хвостов флотационного обогащения медно-никелевых руд: установлено, что модифицирование природных минералов позволяет значительно увеличить сорбционную емкость по ионам никеля, при этом сорбция модифицированным сорбентом протекает с высокой скоростью в течение первых 5 минут и достигает максимальных значений при контакте в течение 30 мин.

Автором показано, что геохимические барьеры на основе отходов производств и продуктов переработки медно-никелевых руд месторождений Мурманской области способны эффективно сорбировать катионы металлов и накапливать их в значительных концентрациях. Впервые предложен метод извлечения теряемых цветных металлов из техногенных вод с применением геотехнологий за счет целенаправленного увеличения содержания ценных компонентов в отходах горнообогатительных производств.

В диссертационной работе уделено внимание разработке технологии получения сорбционных магнийсодержащих материалов для создания геохимических барьеров из хвостов обогащения медно-никелевых руд и попутного извлечения цветных металлов и железа.

Автором впервые разработан способ комплексной переработки хвостов обогащения медно-никелевых руд с получением товарных продуктов, а также различных соединений магния (брусит, гидромагnezит, гидроталькит). Экспериментально

определены условия, при которых в металлсодержащий продукт максимально осаждаются цветные металлы и железо при минимальном соосаждении магния. Исследованы различные техногенные отходы и побочные продукты в качестве материала для создания геохимических барьеров с целью ресурсосбережения. Выявлено, что сорбция ионов железа и меди значительно выше, чем никеля. При взаимодействии вещества геохимических барьеров №№ 1-3 с шахтными водами рудника «Северный» АО «Кольская ГМК» остаточные концентрации металлов не превышают ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Очищенные сточные воды пригодны для дальнейшего использования в качестве оборотных на горно-обогатительных предприятиях.

Таким образом, практическое значение диссертационной работы, базирующейся на глубоких теоретических исследованиях, заключается в создании оригинальной технологии переработки отходов горнодобывающей отрасли, которая может быть использована для разработки геохимических барьеров для промышленной очистки сточных вод от ионов цветных металлов и железа с извлечением ценных компонентов.

Использование экспериментальных данных и их теоретическое обоснование о взаимодействии минералов с сульфатными растворами минералов, создание технологии очистки сточных вод горнообогатительного комплекса и извлечения ценных компонентов с помощью искусственных геохимических барьеров на основе различных отходов и побочных продуктов переработки руд и концентратов позволили автору сформулировать основные защищаемые положения диссертационной работы:

1. Теоретически и экспериментально обоснован механизм взаимодействия минералов с растворами сульфата никеля:
 - с гидросиликатами магния сорбция происходит в результате изоморфного замещения;
 - в результате реакции с серпентиновыми минералами при pH 1-3 образуются пимелиты ($\text{Ni}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), при меньшей кислотности образуются минералы типа гарниерита $\text{Ni}_6\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$;
 - при взаимодействии с тальком образуется виллемсеит ($\text{Ni}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$);

- при взаимодействии растворов сульфата никеля с биотитом не происходит изменения состава тетраэдрических слоев. Наблюдается образование пимелитов.

2. Геохимические барьеры на основе хвостов обогащения медно-никелевых руд, смеси аморфного кремнезема и карбоната обеспечивают эффективную очистку от ионов цветных металлов и железа за счет совместного действия компонентов барьеров. Использование искусственных геохимических барьеров для очистки сточных вод позволяет значительно снизить концентрации железа на 89%, меди на 89,5% и никеля на 80% по сравнению с исходными концентрациями в поликомпонентном сульфатном растворе. Полученные при этом металлсодержащие продукты пригодны для дальнейшего выщелачивания.

3. Обоснованы рациональные параметры модифицирования отходов горнодобывающей промышленности: масса модификатора от 2,5 до 7,5%, температура – 90°C, продолжительность взаимодействия – 30 минут. Синтезированный модифицированный органоминеральный сорбент обеспечивает повышение сорбционной емкости по ионам никеля до 180-220 м/г. Сорбент может быть использован для очистки сточных вод на горнодобывающих медно-никелевых предприятиях.

4. Экспериментально разработанная технология переработки хвостов обогащения медно-никелевых руд позволяет комплексно использовать промышленные отходы с получением сорбционных материалов для создания геохимических барьеров, при этом достигается попутное извлечение цветных металлов и железа в промпродукт до 94%, а также выделение аморфного микрокремнезема – сырья для промышленности строительных материалов.

Защищаемые положения подтверждены научной новизной работы, которая заключается в следующем:

1. Теоретически и экспериментально доказано, что использование отходов предприятий горнопромышленного комплекса Мурманской области в качестве материалов для создания искусственных геохимических барьеров позволяет эффективно очищать горнопромышленные воды. Экспериментально установлен механизм сорбции металлов слоистыми гидросиликатами. Выявлен механизм осаждения цветных металлов из сульфатных растворов при взаимодействии с минера-

лами, заключающийся в образовании искусственных металлсодержащих гидросиликатов в результате ионного обмена никеля с магнием.

2. Впервые получены органоминеральные сорбенты на основе хвостов обогащения медно-никелевых руд Печенского рудного поля. Установлены рациональные параметры для модифицирования поверхности и сорбции ионов никеля при различных значениях pH растворов (от 1 до 10), продолжительности взаимодействия (от 5 минут до 1 суток) и концентрации ионов (от 3×10^{-5} до 10^{-1} моль-экв/л раствора).

3. Впервые предложен и научно обоснован способ переработки хвостов обогащения медно-никелевых руд соляной кислотой с получением шпинели, легированной цветными металлами, и магнийсодержащих соединений. Механизм процесса заключается в образовании легкорастворимых солей металлов, переходящих в раствор, с выделением золя кремниевой кислоты, с его последующей коагуляцией и осаждением в виде аморфного кремнезема.

По диссертационной работе Денисовой Ю.Д. имеются следующие замечания и пожелания:

1. Предложенная автором формулировка практической значимости работы, как указано в диссертации (см. стр. 7), не подтверждена данными осуществления в полупромышленных (опытно-промышленных) или укрупненно-лабораторных условиях технологии очистки сточных вод горнодобывающей промышленности и переработки техногенного сырья.

2. По нашему мнению, сформулированное автором четвертое защищаемое положение, где указывается возможность комплексного использования промышленных отходов горнодобывающей отрасли для создания геохимических барьеров, попутного извлечения цветных металлов и железа, а также сырья для промышленности строительных материалов не раскрывает научное положение диссертационной работы, а скорее относится к перспективе использования разработанной технологии в промышленности.

3. На схеме переработки хвостов обогащения медно-никелевых руд (рис.48) не указаны реагентный режим и условия флотационного процесса исходных хвостов обогащения, а также параметры обработки УФ-излучением и магнитной сепарации при получении соединений магния и Ni, Co, Cu шпинели.

4. В материалах диссертационной работы (раздел 3.5), по нашему мнению, недостаточно полно изложен технологический процесс получения таких перспективных для последующего использования магниевого сорбентов при очистке сточных вод от ионов, меди, железа и никеля.

5. Предложенная автором технологическая блок-схема использования модифицированных геохимических барьеров не отражает конкретно процесса очистки сточных вод горнодобывающей промышленности с использованием хвостов обогащения медно-никелевых руд Печенского рудного поля.

6. В Таблице 2 автореферата диссертации приведены показатели очистки шахтных вод рудника «Северный» от ионов меди, никеля и железа при добавлении вещества геохимических барьеров и различных условиях процесса, что позволяет установить эффективность очистки сточных вод от указанных выше ионов до ПДК рыбохозяйственных водоемов. Однако эти данные, позволяющие усилить практическую значимость данного научного труда, по непонятным причинам в материалах диссертации отсутствуют.

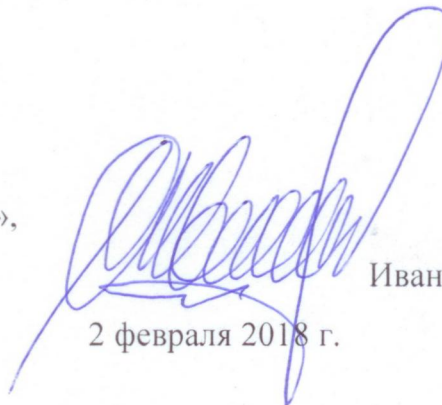
7. В диссертации не раскрыта техническая сущность полученного автором патента РФ на изобретение «Способ получения органоминерального сорбента цветных металлов на основе отходов обогащения руд», которая несомненно отражает и усиливает научную значимость данной работы. Желательно было бы описать и проанализировать основные технические характеристики патента и привести формулу изобретения.

Указанные замечания, однако, не являются принципиальными, носят частный характер и не снижают в целом качества диссертационной работы, выполненной на современном высоком научно-исследовательском уровне и поддержанной грантами РФФИ и по программе «Участник молодежного научно-инновационного конкурса».

Обращают на себя также количество опубликованных научных работ (22) и патент РФ на изобретение, а также апробация работы на различных Международных совещаниях и симпозиумах, в том числе зарубежных. Автореферат полностью соответствует материалам диссертации, написанной четким, понятным языком и оформленной на современном уровне.

Материалы диссертации Денисовой Ю.Д., научная новизна и защищаемые положения полностью соответствуют требованиям, предъявляемые ВАКом РФ к работам такого направления, а ее автор несомненно заслуживает присвоения искомой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых».

Главный научный сотрудник ФГБУ «ВИМС»,
профессор, доктор технических наук



Иванков С.И.

2 февраля 2018 г.

тел.: 8 (495) 951-8971; моб.: 8 (916) 254-7746; e-mail: fgyp.vims@gmail.com

Собственноручную подпись сотрудника ФГБУ «ВИМС»
Сергей Иванович Шамков
удостоверяю:
Помощник генерального директора
ФГБУ «ВИМС»
02 февраля 2018



СПИСОК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

главного научного сотрудника ФГБУ «ВИМС»

профессора, доктора технических наук Иванкова Сергея Ивановича

1 Иванков С.И., Бугриева Е.П., Любимова Е.И. Проблема осуществления экологизированной технологии флотации бериллиевых руд и пути ее решения. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2017. № 4. С. 107-134.

2 Иванков С.И., Пирогов Б.И., Любимова Е.И. Пути снижения экологической нагрузки при флотационном обогащении комплексных молибденовых руд. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2017. № 4. С. 72-106.

3 Иванков С.И., Троицкий А.В., Петкевич-Сочнов Д.Г., Иванков З.С. Пути решения экологических проблем инновационных технологий обогащения различных видов минерального сырья. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2016. № 6. С. 2-106.

4 Иванков С.И., Петкевич-Сочнов Д.Г. Пути решения экологических проблем инновационных технологий обогащения различных видов минерального сырья. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2016. № 2. С. 2-121.

5 Дьяченко А.Н., Иванков С.И., Крайденко Р.И., Манучарянц А.Б., Петкевич-Сочнов Д.Г., Спицин Г.С., Передерин Ю.В., Карпов А.Г., Егоров В.Ю. Технология обогащения лежалых хвостов вольфрамсодержащих песков. Ползуновский вестник. 2015. № 4-2. С. 120-123.

6 Иванков С.И., Пирогов Б.И., Петкевич Д.Г. Экологически малонапряженные комбинированные технологии обогащения комплексных полиметаллических руд, содержащих благородные металлы. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2015. № 1. С. 2-120.

7 Иванков С.И., Кривоконева Г.К., Петкевич Д.Г. Усовершенствование процессов обогащения при малоотходной технологии переработки рудоносных титанциркониевых песков камбулатского и константиновского участков бешпагирского месторождения. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2015. № 5. С. 3-89.

8 Иванков С.И., Петкевич Д.Г., Манучарянц А.Б. Усовершенствование технологии обогащения техногенных вольфрамсодержащих россыпей на опытно-промышленной установке ЗАО «Закаменск». Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2015. № 5. С. 90-113.

9 Дьяченко А.Н., Иванков С.И., Крайденко Р.И., Манучарянц А.Б., Петкевич Д.Г., Спицин Г.С., Чегринцев С.Н. Технология обогащения лежалых хвостов вольфрамсодержащих песков. Известия высших учебных заведений. Физика. 2014. Т. 57. № 11-2. С. 245-248.

10 Иванков С.И., Петкевич Д.Г. Мировая практика малоотходной технологии обогащения титан-циркониевых россыпей. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2014. № 1. С. 2-36.

11 Иванков С.И., Петкевич Д.Г. Современные малоотходные технологии, методы и критерии оценки эффективности переработки нерудного сырья. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2014. Т. 3. С. 2-74.

12 Иванков С.И., Петкевич Д.Г. Оптимизация флотационного обогащения медной сульфидной руды, содержащей благородные металлы. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2014. № 1. С. 37-48.

13 Иванков С.И., Иванова В.В., Петкевич Д.Г. Багнезиальные вяжущие как современный, экологически безопасный строительный материал. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2014. № 1. С. 49-116.

14 Иванков С.И., Литвинцев Э.Г., Петкевич Д.Г. Проблемы создания современных экологически малонапряженных технологий переработки комплексных вольфрамовых руд и пути их решения. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2013. № 4. С. 2-138.

15 Иванков С.И., Банников В.Ф., Любимова Е.И. Современные экологически малонапряженные технологии обогащения различных видов бедных хромовых руд. Научные и технические аспекты охраны окружающей среды. 2012. № 2. С. 2-117.