

«УТВЕРЖДАЮ»

Врио проректора по научной работе ДВФУ

С.Н. Гончарова

2024 г.

«»



## ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» (ДВФУ) на диссертационную работу Ивановой Татьяны Константиновны «Гранулированный реагент на основе серпентиновых минералов для извлечения металлов из техногенных растворов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ»

**Актуальность темы исследования.** В диссертационной работе Ивановой Т.К. предлагается комплексный подход к решению актуальной задачи утилизации горнопромышленных отходов и очистки высококонцентрированных техногенных вод, которые образуются на предприятиях по добыче металлосодержащего сырья. Диссертационная работа посвящена исследованию закономерностей термоактивации серпентиновых минералов, процессов гидратации термоактивированных продуктов и образования вяжущей композиции на их основе. Разработан гранулированный щелочной реагент, изучены закономерности его применения для очистки техногенных растворов.

**Структура и объём диссертации, оценка содержания диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, семи глав и основных выводов, общий объём составляет 174 страницы. Работа содержит 49 рисунков и 31 таблицу. Список используемых источников включает 259 наименований.

Во введении обоснована актуальность исследования, дана оценка степени разработанности темы, сформулированы цель и задачи. Дано краткое описание объектов и методов исследования, перечислены основные положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе проанализированы известные данные о свойствах серпентиновых минералов с точки зрения возможности получения щелочного магнезиально-силикатного реагента, рассмотрены вопросы образования вяжущих композиций на основе термоактивированных серпентиновых минералов и их гранулирования. Описаны источники образования загрязненных техногенных растворов и методы их очистки.

Вторая глава посвящена объектам и методам исследования. Особенностью работы является территориальная близость расположения объектов исследования – серпентинов Халиловского месторождения магнезита и подотвальных вод Гайского ГОКа, оба промышленных предприятия находятся в Оренбургской области.

В третьей главе дано физико-химическое обоснование методу экспресс-контроля процесса обжига серпентинов с высоким содержанием железа. С привлечением комплекса методов исследован процесс термоллиза серпентинового минерала хризотила, показана взаимосвязь между кристаллохимическими характеристиками железа, фазовым составом, оптическими свойствами продуктов обжига и активностью полученных продуктов. Полученные результаты будут востребованы при практической реализации технологии получения термосерпентинов.

В четвертой главе, посвященной разработке гранулированного магнезиально-силикатного реагента, подробно рассмотрено влияние структуры серпентиновых минералов на характеристики процесса термоактивации, образование вяжущего при гидратации активированных продуктов, прочность материалов на основе термоактивированных серпентинов.

Технологическим аспектам получения гранулированного материала посвящена пятая глава. Установлены оптимальные условия процесса гранулирования, изучено влияние среды хранения на прочность гранул. Прочностные характеристики сопоставлены с данными для применяемого в промышленности гранулированного цеолита.

В шестой главе предложена многоступенчатая схема очистки растворов с высоким содержанием Fe, Al и других металлов, предусматривающая многократное использование гранулированного реагента. Представлены данные об изменении активности реагента, составе растворов и осадков после каждой ступени очистки. С применением пробы подотвальных вод Гайского ГОКа показана возможность глубокой очистки техногенных многокомпонентных растворов магнезиально-силикатным реагентом на основе термоактивированных серпентиновых минералов.

В седьмой главе рассмотрены варианты утилизации отработанного магнезиально-силикатного реагента. Поскольку отработанный реагент является щелочным материалом и не содержит соединений металлов, он может быть использован в технологии восстановления растительного покрова на деградированном подзоле с высоким уровнем закисления. Получены положительные результаты экспериментов по введению отработанного реагента в состав шихты для получения пеностекольных теплоизоляционных материалов.

В основных выводах представлены наиболее значимые результаты диссертационной работы.

#### **Соответствие диссертации паспорту специальности.**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ» по направлениям: технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щёлочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты (п. 1); способы и последовательность технологических операций и процессов переработки

сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты (п. 4); экологические проблемы создания неорганических материалов и изделий на их основе; способы и последовательность технологических операций и процессов защиты окружающей среды от выбросов неорганических веществ (п. 5).

На этом основании можно утверждать, что диссертационная работа Ивановой Татьяны Константиновны **соответствует** паспорту специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ».

**Соответствие автореферата диссертации её содержанию.**

Автореферат диссертации полностью соответствует содержанию и результатам исследований, изложенным в диссертации.

**Личный вклад соискателя** в получении результатов исследования подтверждается его публикациями в рецензируемых журналах высоких категорий.

**Высокая степень достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации,** обеспечена применением методически обоснованного комплекса исследований с использованием стандартных методик, многократным повторением экспериментов, применением поверенного оборудования, сравнительным анализом полученных результатов с государственными стандартными образцами. Механические испытания проводили с использованием приборной базы Кольского испытательного центра строительных материалов и изделий (КИЦСМИ) — подразделения ОТСМ ИХТРЭМС КНЦ РАН, имеющего заключение о состоянии измерений в лаборатории № 15/2021, удостоверяющее наличие необходимых условий для выполнения измерений в закреплённой за Центром области деятельности.

**Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов.** Диссертация направлена на решение практической задачи применения серпентинового вторичного сырья для получения

щелочного реагента как альтернативы соды в технологии отдельного осаждения соединений металлов из высокозагрязненных техногенных растворов. В работе дано физико-химическое обоснование последовательным этапам достижения поставленной цели в реальных производственных условиях. Технологические операции включают в себя: 1) термоактивацию серпентинов с применением экспресс-метода контроля условий обжига; 2) обоснованный выбор серпентинита и условий образования и твердения вяжущего материала, оптимизации режима гранулирования; 3) многоступенчатую очистку техногенных растворов в контролируемых кислотно-щелочных условиях; 4) утилизацию отработанного реагента.

**Научная новизна результатов исследований.** С применением комплекса физико-химических методов исследования научно обоснован метод экспресс-контроля процесса термоактивации серпентинов, изучено влияние структуры серпентиновых минералов на процесс гидратации и образования вяжущего при взаимодействии термоактивированных продуктов с водными растворами, показана возможность отдельного осаждения соединений металлов при многоступенчатой очистке с многократным использованием гранулированного магнезиально-силикатного реагента на основе серпентиновых минералов.

**Публикации.** Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 18-ти научных публикациях, четыре из которых опубликованы в журналах, включённых Высшей аттестационной комиссией России в список изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание учёной степени кандидата и доктора наук. Две статьи опубликованы в журналах, индексированных в международных базах данных. По результатам исследований получено два патента.

Результаты работы докладывались на научных конференциях и прошли апробацию в научных дискуссиях. Опубликованные работы в достаточной степени отражают содержание диссертации.

### **Замечания и вопросы по диссертационной работе:**

1. Автор владеет методом термодинамических расчетов, который можно было бы применить при выполнении настоящей работы более широко, например, для определения условий осаждения соединений металлов.

2. Несомненным плюсом работы является стремление автора к замыканию технологической цепочки путем разработки способов утилизации отработанного реагента. Однако, не сделано даже поисковых исследований по использованию осадков, полученных при очистке растворов.

3. Целью работы является практическое применение предлагаемого реагента для очистки техногенных растворов. Автору следовало бы уделить больше внимания вопросам инженерного обеспечения предлагаемого способа, а именно представить возможные варианты аппаратурного оформления, методов контроля процесса очистки, провести укрупненные испытания, не ограничиваясь лабораторными экспериментами с единичной пробой подотвальных вод Гайского ГОКа.

4. В тексте употребляется устаревшее название лизардита – сунгулит.

5. В качестве небольшого замечания также можно отметить наличие опечаток и не корректное название столбцов в таблице 2.1.

6. Методику взаимодействия серпентинов с парами воды следовало бы перенести из пункта 2.2.1. в пункт 2.2.2.

Указанные замечания не опровергают основные результаты и выводы диссертационной работы, не вызывают сомнений в достоверности полученных соискателем результатов и не влияют на общую положительную оценку работы.

### **Заключение.**

Диссертационная работа Ивановой Татьяны Константиновны по актуальности, новизне, практической значимости и уровню проведённых исследований удовлетворяет требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 (в ред. от 25.01.2024 г. № 62), предъявляемым ВАК РФ к

диссертациям на соискание учёной степени **кандидата технических наук**, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ».

Диссертационная работа обсуждена, отзыв рассмотрен и одобрен на заседании департамента ядерных технологий, протокол № 8 от «15» апреля 2024г.

И.о. директора Департамента

О.В. Патрушева

16.04.2024

Отзыв подготовили:

канд. хим. наук, заместитель директора по развитию, заведующий лабораторией ядерных технологий ИТПМ ФГАОУ ВО ДВФУ, [parupnov.ek@dvfu.ru](mailto:parupnov.ek@dvfu.ru)

Евгений Константинович Папынов

канд. хим. наук, доцент департамента ядерных технологий ИТПМ ФГАОУ ВО ДВФУ, [drankov.an@dvfu.ru](mailto:drankov.an@dvfu.ru)

Артур Николаевич Драньков

**Полное название ведущей организации:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»

Почтовый адрес ведущей организации:

690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, кампус ДВФУ

Тел.: 8 (423) 265 24 29; 8 (423) 243 34 72, [www.dvfu.ru](http://www.dvfu.ru)

Адрес электронной почты: [rectorat@dvfu.ru](mailto:rectorat@dvfu.ru)



*Папынов Евгений Константинович*  
*Драньков Артур Николаевич*  
И.о. Начальник отдела  
по делопроизводству  
*И.А. Богданов*  
04 20 24 г.

к письму от 24.03.2024 № 1206/663**Сведения о ведущей организации**

по диссертационной работе Ивановой Татьяны Константиновны  
«Гранулированный реагент на основе серпентиновых минералов для извлечения металлов из техногенных растворов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических веществ

|  |   |
|--|---|
| Полное официальное название организации в соответствии с уставом | Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» |
| Сокращенное наименование организации в соответствии с уставом    | ФГАОУ ВО «ДФУ»  |
| Организационно-правовая форма организации                        | Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования   |
| Ведомственная принадлежность организации                         | Министерство науки и высшего образования Российской Федерации   |
| Место нахождения организации                                     | Российская Федерация, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10  |
| Почтовый адрес организации                                       | 690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10  |
| Телефон организации  | 8 (423) 265-24-29<br>8 (423) 243-34-72  |
| Адрес электронной почты  | <a href="mailto:rectorat@dvfu.ru">rectorat@dvfu.ru</a>  |
| Адрес официального сайта организации в сети «Интернет»           | <a href="https://www.dvfu.ru/">https://www.dvfu.ru/</a>   |



**Список основных публикаций работников ведущей организации по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние пять лет (не более 15 публикаций):**

1. Ivanov, N. P., Dran'kov, A. N., Shichalin, O. O., Lembikov, A. O., Buravlev, I. Y., Mayorov, V. Y., ... & Papynov, E. K. Composite magnetic sorbents based on magnetic  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  coated by Zn and Al layered double hydroxide for U (VI) removal from aqueous media // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – 2024. – С. 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10967-024-09362-4>

2. Papynov E.K., Shichalin O.O., Belov A.A., Pechnikov V.S., Ognev A.V., Shkuratov A.L., Buravlev I.Y., Dvornik M.I., Chigrin P.G., Vlasova N.M., Fedorets A.N., Azon S.A., Kapustina O.V., Lembikov A.O., Nepomnyushchaya V.A., Kornakova Z.E., Gridasova E.A., Tananaev I.G., Shi Y., Ivanets A.I. Solidification of cesium containing magnetic zeolite sorbent by spark plasma sintering // Materials Chemistry and Physics - 2023.- Vol. 302, № 1 –P 127648 doi: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2023.127648> Q1 IF 4,778

3. Магнитный сорбент на основе цеолита структуры нозеана для очистки водных сред от радионуклидов цезия и стронция / Е. К. Папынов, О. О. Шичалин, А. Н. Драньков [и др.] // Экологические исследования на Дальнем Востоке России: история и современность. – Владивосток: Владивостокский государственный университет, 2023. – С. 254-274. – DOI 10.24886/0685-5-254-274. – EDN SJEXRZ.

4. Слоистый двойной гидроксид цинка и алюминия, интеркалированный гексацианоферрат(II)-ионами, для извлечения U(VI) из жидких сред / Н. П. Иванов, А. Н. Драньков, Е. К. Папынов [и др.] // Физикохимия поверхности и защита материалов. – 2023. – Т. 59, № 5. – С. 530-538. – DOI 10.31857/S004418562370064X. – EDN VEMIXH.

5. Слоистый двойной гидроксид Zn и Al, модифицированный гексацианоферрат(II)- ионами для извлечения радионуклидов Cs(I) из жидких сред / Н. П. Иванов, Э. С. Колодезников, Е. К. Папынов, А. Н. Драньков // Радиохимия-2022: X Российская конференция с международным участием, Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2022 года. – Москва: ООО "Месол", 2022. – С. 101. – EDN VVBHTL.

6. Влияние температуры на сорбцию ионов  $\text{Co}^{2+}$  материалом на основе техногенных отходов / В. А. Балыбина, С. Б. Ярусова, П. С. Гордиенко [и др.] // XII Конференция молодых ученых по общей и неорганической химии : ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва, 05–08 апреля 2022 года. – Москва: ООО "Месол", 2022. – С. 13. – EDN OBXZEQ.

7. Сорбция ионов  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{Sr}^{2+}$  силикатами кальция / В. А. Балыбина, Е. А. Нехлюдова, С. Б. Ярусова [и др.] // XXV Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием) : Тезисы докладов, Нижний Новгород, 19–21 апреля 2022 года. – Нижний Новгород: Национальный исследовательский

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, 2022. – С. 268.  
– EDN AYDPOB.

8. Synthesis and spark plasma sintering of solid-state matrices based on calcium silicate for 60Co immobilization / O. O. Shichalin, E. K. Papynov, A. A. Belov [et al.] // Journal of Alloys and Compounds. – 2022. – Vol. 912. – P. 165233. – DOI 10.1016/j.jallcom.2022.165233. – EDN LQKFIP.

9. Adsorption of Co(II) ions using Zr-Ca-Mg and Ti-Ca-Mg phosphates: adsorption modeling and mechanistic aspects / A. Ivanets, I. Shashkova, N. Kitikova [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – DOI 10.1007/s11356-022-20764-3. – EDN PSNUSI.

10. Organo-Inorganic Composites Based on Phosphorus Vermiculite and Resorcinol–Formaldehyde Polymer and Their Use for Sorption of Nonradioactive Strontium from Solutions / N. P. Shapkin, M. V. Surkov, M. V. Tutov [et al.] // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 67, No. 2. – P. 221-230. – DOI 10.1134/S0036023622020152. – EDN PYBZWM.

11. Study of Strontium Sorption by Amorphous Calcium Silicate / S. B. Yarusova, P. S. Gordienko, O. O. Shichalin [et al.] // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 67, No. 9. – P. 1386-1392. – DOI 10.1134/s0036023622090194. – EDN CZSCMH.

12. Synthesis of Calcium Aluminosilicates from Nanostructured Synthetic Na Zeolites and Study of Their Sorption Properties / P. S. Gordienko, S. B. Yarusova, I. A. Shabalin [et al.] // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 67, No. 9. – P. 1393-1399. – DOI 10.1134/s0036023622090042. – EDN JDSJLC.

13. Sorption Composites Based on K-Ni and K-Zn Mixed-Metal Ferrocyanides for Extracting Cesium from Seawater / A. N. Dran'kov, V. A. Balybina, I. Yu. Buravlev [et al.] // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2022. – Vol. 67, No. 9. – P. 1478-1487. – DOI 10.1134/s0036023622090030. – EDN WXEXXL.

14. Сорбция стронция из модельных растворов композитами на основе модифицированного вермикулита и поливинилформальдегидной смолы / Н. П. Шапкин, М. В. Сурков, И. Г. Хальченко [и др.] // Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т. 69, № 1. – С. 91-98. – DOI 10.37952/ROI-jbc-01/22-69-1-91. – EDN RIWCLG.

15. Hydrothermal synthesis, structure and sorption performance to cesium and strontium ions of nanostructured magnetic zeolite composites / A. Dran'kov, O. Shichalin, E. Papynov [et al.] // Nuclear Engineering and Technology. – 2022. – Vol. 54, No. 6. – P. 1991-2003. – DOI 10.1016/j.net.2021.12.010. – EDN WYWWRM.

Проректор по научной работе



В.А. Нелюб