

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по науке и инновациям

Пермского национального
исследовательского политехнического
университета,

доктор технических наук, профессор

Коротаев В.Н.

« сентября 2021 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертационная работа Кетова Ю.А. «Утилизация щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий с получением экологически безопасных продуктов» выполнена на кафедре «Охрана окружающей среды» в ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

В 2015 году Кетов Ю.А. окончил ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» с присвоением степени магистра химии по направлению «Химия». В период подготовки диссертации Кетов Юрий Александрович обучался в аспирантуре на кафедре «Охрана окружающей среды» в ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии», которую успешно закончил в 2018 году.

Научный руководитель – доктор медицинских наук, профессор Вайсман Яков Иосифович, работает профессором кафедры «Охрана окружающей среды» в ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

в постановке цели и задач исследования и подготовке обзора литературы; в проведении лабораторных исследований, а также в обработке и анализе результатов; в определении закономерностей взаимодействия сернисто-щелочных растворов с

аморфным оксидом кремния; в разработке способа снижения токсичности сернисто-щелочных отходов со второго класса опасности до пятого; в разработке способа переработки сернисто-щелочных отходов с получением безопасных продуктов в виде гранулированного материала и легкого ячеистого материала; в обосновании использования полученных экологически безопасных материалов в виде техногенного грунта, сорбента нефтепродуктов и заполнителя композиционных материалов; написании тезисов докладов и статей по теме диссертации.

2. Степень достоверности результатов проведенных исследований обеспечивается применением современного оборудования и апробированных методов исследования, а также воспроизводимостью экспериментальных результатов.

3. Научная новизна работы.

1) Разработан способ утилизации сернисто-щелочных отходов, заключающийся в их взаимодействии с аморфным оксидом кремния, позволяющий использовать ресурсный потенциал щелочи и снизить класс опасности для окружающей природной среды со второго до пятого с получением экологически безопасных продуктов.

2) Установлен механизм утилизации сернисто-щелочного отхода сероочистки в процессе его взаимодействия с аморфным оксидом кремния и последующей термообработки, приводящий к образованию силикатного материала и окислению в оксид серы (IV) высокотоксичных соединений серы (II). Методами биотестирования доказана экологическая безопасность полученного материала.

3) Впервые определены условия утилизации сернисто-щелочного отхода сероочистки путем его взаимодействия при температуре выше 700°C с природным аналогом аморфного оксида кремния – трепела, обладающего наноразмерной транспортной пористостью и невысокой стоимостью и получением безопасного продукта в виде техногенного грунта.

4) Определены условия утилизации сернисто-щелочного раствора с получением легкого гранулированного продукта, заключающиеся в добавлении в сырьевую смесь с трепелом порошка стекла в количестве $81\div 85$ масс. %, как инертного заполнителя, для достижения соотношения (масс.) $\text{NaOH}/\text{трепел}$ до $0,20\div 0,25$ и последующей обработки заготовок при температуре 780°C в течение не менее 25 минут. Доказана возможность использования полученного материала в

качестве сорбента нефтепродуктов и легкого заполнителя в полимерных композиционных материалах.

4. Теоретическая и практическая значимость заключается в обосновании способа утилизации сернисто-щелочных отходов второго класса опасности с получением экологически безопасных продуктов на основе использования ресурсного потенциала отходов. По результатам экспериментальных исследований на базе предприятия ООО «Буматика» (г. Пермь) спроектирована, изготовлена и испытана пилотная технологическая линия утилизации сернисто-щелочных отходов в экологически безопасный продукт.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем. Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 10 опубликованных работах, из которых 5 статей в журналах, входящих в международные реферативные базы CA, Scopus, Springer, WoS. (общий объем публикаций 6,91 печатных листа, из них авторских 3,87 печатных листа).

Основные результаты диссертационной работы отражены в следующих публикациях:

1. Vaisman Ya. I. Oxidation of Carbon by Water Vapor in Hydrate Gas-Formation Mechanism in Manufacture of Cellular Glass / Ya. I. Vaisman, A. A. Ketov, Yu. A. Ketov, R. A. Molochko // Russian Journal of Applied Chemistry.- 2015.- Vol. 88.- No. 3.- pp. 382–385. (CA, GeoRef, Scopus, WoS) (0,46 п. л., авт. 0,18 п. л.).

В данной работе соискателем приведены результаты исследования термического поведения смеси щелочных растворов с аморфным оксидом кремния. Установлено, что количества паров воды, выделяющихся в области термопластичности силикатных стекол оказывается достаточным для вспенивания композиции и образования ячеистой структуры получаемого материала.

2. Ketov A. A. Using of granulated foamed glass sorbents for water remediation after liquid petrochemical products pollution / A. A. Ketov, Yu. A. Ketov, Ya. I. Vaisman, V. N. Korotaev // Neftyanoe Khozyaystvo - Oil Industry. – 2016.- 118-119. (CA, Scopus) (0,23 п. л., авт. 0,08 п. л.).

В работе представлены полученные соискателем результаты исследований процессов сорбции индивидуальных веществ различных химических классов, включая алканы, спирты и ароматические соединения легким гранулированным материалом.

На основе исследования кинетики сорбционных процессов установлено, что указанные вещества, моделирующие нефтепродукты, могут быть эффективно сорбированы легким гранулированным силикатным материалом. Низкая плотность сорбента обеспечивает его высокую плавучесть и технологичность сбора нефтепродуктов, а неорганическая природа допускает многократное использование после термической регенерации.

3. Vaisman I. Cellular glass obtained from non-powder preforms by foaming with steam / I. Vaisman, A. Ketov, **I. Ketov** // *Ceramics International*. – 2016. - 42. - 15261-15268. (**Scopus, WoS**) (0,92 п. л., авт. 0,38 п. л.).

В данной работе соискателем приведены результаты исследования вяжущих и термических свойств дисперсного силикатного стекла и аморфного оксида кремния с щелочными добавками. Показано, что композиции из аморфного оксида кремния и щелочных добавок обладают вяжущими свойствами вследствие образования гидратированных полисиликатов, которые, в свою очередь подвергаются термической диссоциации с выделением паров воды до температур термопластичности силикатных стекол.

4. Вайсман Я.И. Кинетика расширения ячеистого стекла в термопластичном состоянии при гидратном механизме газообразования / Я.И. Вайсман, А.А. Кетов, **Ю.А. Кетов**, М.Ю. Слесарев // *Физика и химия стекла*.- 2017.- Т. 43.- №4.- С. 387-394. (**CA, Scopus, Springer, WoS**) (0,92 п. л., авт. 0,14 п. л.).

В данной работе соискателем приведены результаты исследования кинетических характеристик щелочно-силикатных заготовок в процессе расширения при термообработке, выявлены параметры процесса термообработки, необходимые для производства ячеистого материала. Показано, что для обеспечения образования легких ячеистых материалов процесс термообработки должен осуществляться в определенных температурных и временных интервалах.

5. Вайсман Я.И. Утилизация сернисто-щелочных отходов переработкой в ячеистый силикатный материал / Я.И. Вайсман, И.С. Глушанкова, **Ю.А. Кетов** Л.В. Рудакова, М.П. Красновских // *Экология и промышленность России*.- 2018.- Т. 22.- №10.-С. 24-27. (**CA, GeoRef, Scopus**) (0,46 п. л., авт. 0,11 п. л.).

В данной работе соискателем приведены результаты исследования взаимодействия сернисто-щелочных отходов сероочистки с аморфным оксидом кремния. Показано, что предложенный метод применим для снижения класса

опасности сернисто-щелочных отходов. Установлено, что при взаимодействии с последующей термообработкой смеси сернисто-щелочного раствора и аморфного оксида кремния происходит образование полисиликатов с выделением паров воды при нейтрализации щелочи, а токсичные соединения серы (II) окисляются с образованием оксида серы (IV), обладающего сравнительно меньшей опасностью для объектов окружающей среды.

Другие публикации по теме диссертации:

6. Вайсман Я.И. Массоперенос раствора силиката при сушке сырцовых гранул в технологии гранулированного пеностекла / Я.И. Вайсман, **Ю.А. Кетов** // Строительные материалы.- 2015.- №1.- С.27-29. (0,35 п. л., авт. 0,20 п. л.).

7. Вайсман Я.И. Особенности химии газообразования при одностадийном синтезе пеностекла из гидроксида и нитрата натрия / Я.И. Вайсман, **Ю.А. Кетов**, В.С. Корзанов, М.П. Красновских // Строительные материалы. - 2018.- № 11.- С. 64-67. (0,46 п. л., авт. 0,11 п. л.).

8. Кетов Ю.А. Синтактические полимерные композиционные материалы высоконаполненные гранулированным пеностеклом / **Ю.А. Кетов**, С.В. Словигов // Computational nanotechnology.- 2019.- Т.6.- №3.- С. 39-46. (0,92 п. л., авт. 0,48 п. л.).

9. Кетов Ю.А. Разработка синтактического полимерного материала с гранулированным полиячеистым наполнителем / **Кетов Ю.А.** // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника.- 2019.-№4. - С.20-28. (1,04 п. л., авт. 1,04 п. л.).

10. Кетов Ю.А. Природоохранное обоснование переработки сернисто-щелочных нефтехимических отходов в силикатный материал / **Кетов Ю.А.** // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. - 2021. - № 1. - С. 119-128. (1,15 п. л., авт. 1,15 п. л.).

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Диссертационная работа Кетова Ю.А. «Утилизация щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий с получением экологически безопасных продуктов» соответствует паспорту специальности 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии): п. «4.4. Научное обоснование, разработка и совершенствование методов проектирования технологических систем и нормирования проектной и изыскательской деятельности, обеспечивающих минимизацию антропогенного

воздействия объектов легкой, текстильной, химических и нефтехимических отраслей промышленности на окружающую среду» и п. «4.5. Научное обоснование принципов и разработка методов инженерной защиты территорий естественных и искусственных экосистем от воздействия предприятий легкой, текстильной, химических и нефтехимических отраслей промышленности».

Представленная Кетовым Юрием Александровичем диссертационная работа является прикладным исследованием.

7. Соответствие содержания диссертационной работы требованиям, установленным п.14 «Положения о присуждении ученых степеней».

В диссертации соискателем приведены ссылки на авторов и источники заимствованных материалов и отдельных результатов. Результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций, соответствующие ссылки присутствуют в тексте диссертации.

Диссертационная работа Кетова Юрия Александровича «Утилизация щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий с получением экологически безопасных продуктов» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности: 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии).

Заключение принято на заседании кафедры «Охрана окружающей среды» ФГАОУ ВО «Пермского национального исследовательского политехнического университета»

Присутствовало на заседании 31 чел. Результаты голосования: «за» - 31 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 1 от «1» сентября 2021 г.

Председатель заседания,

заведующий кафедрой «Охрана окружающей

среды», ФГАОУ ВО «ПНИПУ»,

доктор технических наук, профессор

Секретарь кафедры

«Охрана окружающей среды»

ФГАОУ ВО «ПНИПУ»

/Рудакова Л.В./

/Коротаева Л.Г./