

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.02
по диссертации Кетова Юрия Александровича
на соискание ученой степени кандидата технических наук**

Диссертация «Утилизация щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий с получением экологически безопасных продуктов» по специальности 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии) принята к защите 7 октября 2021 г. (протокол заседания № 12) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.02, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 13 сентября 2018 г. № 71-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым-четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. 1 792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Охрана окружающей среды» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель — доктор медицинских наук, профессор Вайсман Яков Иосифович, ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, профессор кафедры «Охрана окружающей среды».

Официальные оппоненты:

1. Шайхиев Ильдар Гильманович, доктор технических наук (03.02.08 - Экология), доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, заведующий кафедрой «Инженерной экологии».

2. Сальников Антон Васильевич, кандидат химических наук (02.00.13 – нефтехимия и 02.00.04 – физическая химия), ФГБУН «Федеральный исследовательский центр «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук», научный сотрудник.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск (отзыв ведущей организации утвержден проректором по научной работе ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет» Кононовым А.М., заслушан и одобрен на заседании кафедры «Обогащение полезных ископаемых и охрана окружающей среды имени С.Б. Леонова» (протокол № 2 от 27.10.2021 г.) и подписан доктором технических наук, профессором, и.о. заведующего кафедрой «Обогащение полезных ископаемых и охрана окружающей среды имени С.Б. Леонова» Федотовым Павлом Константиновичем.

По теме диссертации имеется 10 опубликованных работ, из них 5 статей в журналах, входящих в международные реферативные базы CA, Scopus, Springer, WoS. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах.

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.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и научно обоснованы технические решения для утилизации сернисто-щелочных отходов, заключающиеся в их взаимодействии с аморфным оксидом кремния, позволяющие использовать ресурсный потенциал щелочи и снизить класс опасности со второго до пятого с получением экологически безопасных продуктов;

предложен 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;

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;

определены условия утилизации сернисто-щелочного раствора с получением легкого гранулированного продукта, заключающиеся в добавлении в сырьевую смесь с трепелом порошка стекла в количестве 81÷85 масс. %, как инертного заполнителя, для достижения соотношения (масс.) NaOH/трепел до 0,20÷0,25 и последующей обработки заготовок при температуре 780°C в течение не менее 25 минут и доказана возможность использования полученного материала в качестве сорбента нефтепродуктов и легкого заполнителя в полимерных композиционных материалах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изучены условия протекания процессов термической нейтрализации сернисто-щелочных отходов термообработкой в присутствии аморфного оксида кремния;

доказано, что при утилизации сернисто-щелочных отходов второго класса опасности получают экологически безопасные продукты;

раскрыты закономерности синтеза безопасных продуктов на основе использования ресурсного потенциала сернисто-щелочных отходов;

изложены условия термической переработки сернисто-щелочных отходов методом совместной термообработки с природным минералом – треплом, и определены параметры процесса.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

предложено использование ресурсного потенциала сернисто-щелочных отходов для получения различных материалов;

разработаны технические решения по утилизации сернисто-щелочных отходов с понижением их класса опасности;

предложена универсальная принципиальная блок-схема технологии утилизации щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий с получением экологически безопасных продуктов.

результаты работы **использованы** при проектировании, изготовлении и испытаниях пилотной технологической линии утилизации сернисто-щелочных жидких отходов нефтеперерабатывающего предприятия производительностью 200 литров в смену в экологически безопасный продукт на базе предприятия ООО «Буматика» (г. Пермь).

Результаты диссертационного исследования Кетова Ю.А. могут быть интересны для специалистов в области переработки отходов сероочистки нефтехимических предприятий, в том числе заинтересованных в получении новых продуктов на предприятиях химической и нефтехимической областей промышленности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для получения экспериментальных результатов использовалось современное оборудование и применялись стандартные и общепринятые методы исследования с помощью которых были получены воспроизводимые и достоверные данные;
- концепция проведения экспериментальных исследований базируется на использовании и обобщении передового опыта в области инструментальных методов анализа и моделирования термического поведения веществ и материалов;
- установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике, в тех случаях, когда такое сравнение является обоснованным.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач исследования и их решении, в подготовке и проведении научных экспериментов, обработке и интерпретации полученных результатов, личном участии в апробации результатов исследования, в формулировании основных выводов и подготовке публикаций по теме диссертации; разработке и предложении технических решений по утилизации щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследований, концептуальностью и взаимосвязью выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что

1) диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 декабря 2021 г. № 4334-в: в ней изложены научно обоснованные технические и технологические решения и разработки в области утилизации щелочных отходов сероочистки нефтехимических предприятий, имеющие значение для развития технологий, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.

2) диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, включающую исследования по пункту 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»; пункту 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» паспорта научной специальности: 03.02.08 – Экология (в химии и нефтехимии).

На заседании 16 декабря 2021 года диссертационный совет Д ПНИПУ.05.02 принял решение присудить **Кетову Юрию Александровичу** ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 21).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени - 14, против присуждения ученой степени – 0, не участвовали в голосовании - 3.

Председатель диссертационного совета Д ПНИПУ.05.02.

д-р техн. наук, профессор

Рудакова Л.В.

Ученый секретарь диссертационного
канд. техн. наук, доцент

Калинина ЕВ.

«20» декабря 2021 г.

