

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.159.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «РОССИЙСКИЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА», ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ЮЖНО-РОССИЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ (НПИ)
ИМЕНИ М.И. ПЛАТОВА» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело

№ _____

решение диссертационного совета

от «25» июня 2026 г., протокол № 29

О присуждении **Изварину Андрею Игоревичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка ресурсосберегающей технологии вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики Донбасса» по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов принята к защите «23» апреля 2026 года, протокол заседания № 25, диссертационным советом 99.2.159.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» и Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (125047 Москва, Миусская площадь, дом 9, приказ о создании диссертационного совета от «17» апреля 2025 года № 354/нк).

Соискатель Изварин Андрей Игоревич, «26» октября 1998 года рождения. В 2022 году окончил Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. В 2026 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Южно-Российского

государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова. Работает в должности ассистента на кафедре «Общая химия и технология силикатов» и по совместительству – в должности инженера-исследователя лаборатории «Рециклинг отходов топливной энергетики» в Южно-Российском государственном политехническом университете (НПИ) имени М.И. Платова Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Общая химия и технология силикатов» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Яценко Елена Альфредовна, работает в должности заведующего кафедрой «Общая химия и технология силикатов» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова.

Официальные оппоненты:

Самченко Светлана Васильевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительного материаловедения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (Москва);

Шатохина Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (Белгород),

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» (Санкт-Петербург), в своем **положительном** отзыве, подписанном доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов Пантелеевым Игорем Борисовичем, указала, что диссертация на тему «Разработка ресурсосберегающей технологии вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики Донбасса» является завершенной научно-квалификационной работой,

выполненной на актуальную тему, в которой на основании проведенных автором исследований изложены научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, внедрение которых вносит существенное значение для развития строительной отрасли России, что позволит повысить энергоэффективность зданий и сооружений, расширить сырьевую базу строительной отрасли, утилизировать отходы, улучшить экологическую ситуацию.

В отзыве ведущей организации подчеркнуто, что работа, выполненная Извариным Андреем Игоревичем, по своей актуальности, научной новизне и практической значимости, а также личному вкладу автора, является завершённой научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема разработки ресурсосберегающей технологии вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики Донбасса. В диссертации были поставлены задачи, для которых автор нашел новые научно обоснованные технические и технологические решения в области синтеза геополимерных строительных материалов, имеющие существенное значение для развития страны. Результаты диссертационной работы Изварина Андрея Игоревича могут быть рекомендованы к практическому использованию при создании ресурсосберегающих производств геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики Донбасса.

Диссертация Изварина Андрея Игоревича полностью соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям, с учетом соответствия паспорту специальности, ее автор, Изварин Андрей Игоревич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (отзыв рассмотрен и утвержден на заседании кафедры химической технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов, протокол заседания от 20 мая 2026 года № 5).

Соискатель имеет 56 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 работы, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 7 работ.

Общий объем опубликованных работ по теме диссертации составляет 138 страниц. *В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об*

опубликованных работах. Все работы опубликованы лично соискателем или в соавторстве, личный вклад соискателя в опубликованных в соавторстве работах составляет более 70 % и состоит в выборе объектов исследований, постановке задач и проведении исследований, интерпретация полученных результатов. Результаты диссертационной работы представлены и обсуждены на 12 международных и всероссийских научных конференциях. Получены 3 патента на изобретение РФ, монографий и депонированных рукописей соискатель не имеет.

Наиболее значительные публикации по теме диссертации:

1. Yatsenko E.A. Influence of foaming additives on the porous structure and properties of lightweight geopolymers based on ash–slag waste / E.A. Yatsenko, B.M. Goltsman, **A.I. Izvarin**, V.M. Kurdashov, A.V. Ryabova // Construction and Building Materials. 2024. Vol. 443. Art. No. 137629. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.137629. (Scopus, WoS, Q1).

2. Yatsenko E.A. Recycling ash and slag waste from thermal power plants to produce foamed geopolymers / E.A. Yatsenko, B.M. Goltsman, **A.I. Izvarin**, V.M. Kurdashov, V.A. Smoliy, A.V. Ryabova, L.V. Klimova // Energies. 2023. Vol. 16. №. 22. Art. No. 7535. DOI: 10.3390/en16227535. (Scopus, WoS, Q1).

На диссертацию и автореферат поступило 9 отзывов, **все положительные**.

В отзывах указывается, что представленная к защите диссертационная работа отражает современный уровень науки и техники, удовлетворяет установленным критериям, отличается актуальностью, научной ценностью и заслуживает положительной оценки, так как соискателем разработана ресурсосберегающая технология вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики Донбасса, что позволяет получать востребованные теплоизоляционные материалы и снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

Отзывы направили:

1. Волокитин Олег Геннадьевич, доктор технических наук, профессор, и.о. проректора по научной работе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет». Отзыв содержит один вопрос и одно замечание: «1. В представленной работе недостаточно полно освещён вопрос о том, интегрируются ли ионы Na^+ в структуру геополимерной матрицы или же остаются свободном виде, создавая риск выщелачивания? Наблюдалось ли

появление высолов на образцах через 1 – 3 месяца после изготовления? 2. Можно ли получать изделия сложной формы (например, скорлупы для труб, сегменты) путем заливки в формы соответствующей конфигурации, или материал требует механической обработки после отверждения?»

2. Делицын Леонид Михайлович, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник лаборатории № 10.1 «Газотурбинных технологий» федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук. Отзыв содержит три замечания: «1. К числу отходов угольной энергетики отнесены золошлаковые отходы и породы терриконов угольных шахт. Осталось неясным, какой материал ЗШО был использован для получения вспененных материалов: зола уноса, шлаки или их смесь. Кроме того, угольные терриконы – это природный материал, тогда как ЗШО – отходы сжигания угля, прошедшие стадию сжигания. Это два разных по фазовому составу продукта, которые, наверное, стоило рассматривать по отдельности. 2. Приведенный в табл. 1 химический состав ЗШО характеризуется высоким содержанием недожога и оксидов железа. Недожог можно предварительно удалить методом пенной флотации в самостоятельный углеродный концентрат и затем использовать в качестве дополнительного топлива на ТЭС. Оксиды железа можно удалить за счет магнитной сепарации в виде концентрата и использовать по назначению. Очищенный от примесных компонентов алюмосиликатный продукт будет более благоприятен для получения вспененных материалов. Не исключено, что вспененные материалы, полученные из отходов, не прошедших предварительную очистку, и полученные из алюмосиликатного продукта, будут отличаться по своим физико-химическим свойствам. 3. В разделе 5, где рассматривается технологическая схема производства вспененных геополимерных материалов и стоимость получаемых продуктов (табл. 5), нет сведений о количестве отходов, направляемых на получение вспененных продуктов, а также количестве получаемых из них конечных продуктов.»

3. Казьмина Ольга Викторовна, доктор технических наук, профессор Научно-образовательного центра Н.М. Кижнера инженерной школы новых производственных технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный

исследовательский Томский политехнический университет». Отзыв замечаний не содержит.

4. Котляр Владимир Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительные материалы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный технический университет». Отзыв содержит два замечания: «1. В работе не указан конкретный размер блоков вспененных геополимерных материалов, испытанных в опытно-промышленных условиях на ООО «Тандем ВП». 2. Целесообразно было бы пояснить методику отбора проб отходов: в какой степени химический состав варьируется в зависимости от зоны отбора и проводилось ли усреднение проб?»

5. Петропавловская Виктория Борисовна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Производство строительных изделий и конструкций» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный технический университет». Отзыв содержит одно замечание: «1. В автореферате не описан способ дозирования 30 % H_2O_2 . Не исключены локальный перегрев и преждевременное разложение.»

6. Попова Лилия Дмитриевна, кандидат технических наук, руководитель технологической службы общества с ограниченной ответственностью «Владимировский карьер тугоплавких глин». Отзыв замечаний не содержит.

7. Спиридонова Ирина Владимировна, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Инженерные конструкции, строительные технологии и материалы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный индустриальный университет», Столбоушкин Андрей Юрьевич, доктор технических наук, доцент, профессор той же кафедры. Отзыв содержит два вопроса: «1. На стр. 5 автореферата во втором пункте научной новизны указано: «...и дополнительно повышает прочность затвердевшего геополимера на 12-13% при снижении плотности на 7-8%». Уточните, пожалуйста, с какими показателями проведено сравнение? 2. На стр. 11 автореферата указано: «Исследования по замене основного сырья буровыми шламами (Морозовского и Комсомольского месторождений) показали, что получение материалов с удовлетворительными свойствами возможно только при частичной замене (до 30 мас. %) основного

отхода угольной энергетики». Поясните, пожалуйста, с какой целью заменяли основное сырье, принятое для исследований и что значит удовлетворительные свойства?»

8. Шкуракова Елена Анатольевна, кандидат технических наук, доцент кафедры естественнонаучных дисциплин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет». Отзыв содержит один вопрос: «возможно ли отверждение вспененных геополимерных материалов при значительно более высокой температуре, чтобы сократить время?»

9. Гороховский Александр Владиленович, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой «Химия и химическая технология материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. Отзыв содержит одно замечание: «1. В качестве замечания по автореферату можно отметить слишком общие формулировки выносимых на защиту положений. Было бы целесообразно конкретизировать их содержание привязав к объекту исследований (геополимерным материалам на основе золошлаковых отходов и породы терриконов). Отмечено, однако, что данное замечание имеет скорее технический характер и никак не влияет на общую положительную оценку диссертационной работы.»

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в области получения вспененных материалов и утилизации отходов, наличием научных достижений и глубоких профессиональных знаний по специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, способностью дать объективное заключение, проявить высокую научную принципиальность и требовательность, подтверждается значительным количеством публикаций в ведущих рецензируемых изданиях, и выполнен в соответствии с пп. 22 и 24 «Положения о присуждении научных степеней» (постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 в действующей редакции).

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

Разработаны научно-обоснованные технологические решения для получения вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной

энергетики Донбасса (золошлаковые отходы и породы терриконов). Впервые для данного вида сырья с использованием активирующего раствора «NaOH-жидкое стекло» и раствора H_2O_2 установлены закономерности протекания реакции геополимеризации и вспенивания, где гидроксид натрия способствует активации алюмосиликатных компонентов отходов и разложению пероксида водорода. Присутствие жидкого стекла обеспечивает стабилизацию пены и протекание реакции геополимеризации, поставляя в смесь олигомеры Si–O–Si. Пероксид водорода используется в качестве порообразователя, причём его разложение должно быть строго синхронизировано с процессом геополимеризации. Это обеспечивает эффективность реализации производства теплоизоляционных материалов с плотностью 272 – 278 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 0,081 – 0,082 Вт/(м·К).

Установлено, что увеличение соотношения SiO_2/Al_2O_3 в химическом составе сырья с 2,41 до 2,72 для золошлаковых отходов и с 2,34 до 2,49 для породы терриконов в химическом составе сырья обеспечивает равномерность процесса вспенивания геополимерного геля в объеме в течение 90 сек. до схватывания смеси и дополнительно повышает прочность затвердевшего геополимера на 12 – 13 % при снижении плотности на 7 – 8 %.

Доказано, что повышение количества в исходном сырье примесей (в частности, остаточного углерода) и уменьшение содержания аморфной фазы обуславливает снижение прочности геополимерного материала за счет низкой реакционной способности и адсорбции на поверхности частиц угля молекул жидкого стекла, щелочи и воды. Это обуславливает необходимость введения большего количества щелочи для активации сырья (6 мас. % для породы, что в 2 раза больше, чем у образцов на основе золошлаковых отходов).

Установлены оптимальные значения содержания NaOH (3 мас. % для золошлаковых отходов и 6 мас. % для породы терриконов) и жидкого стекла (25 мас. % для золошлаковых отходов и 20 мас. % для породы терриконов) для формирования оптимальной пористой структуры со средним размером пор $1,3 \pm 0,2$ мм. Показано, что недостаточное содержание NaOH приводит к тому, что большое количество частиц исходного сырья остаются непрореагировавшими и не могут быть связаны в пористую геополимерную структуру, а также разложение пероксида водорода происходит локально. Избыточное количество NaOH приводит к слишком интенсивному выделению кислорода и образованию

неравномерных пор большого размера. Недостаточное количество жидкого стекла приводит к меньшей геополимеризации, а избыточное – к слиянию пор и оседанию пены, что сопровождается увеличением плотности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Получены новые данные о физико-химических процессах, происходящих при получении вспененных геополимерных материалов на основе золошлаковых отходов и породы терриконов.

Изучено влияния компонентов сырьевой смеси на формирование структуры и свойств вспененных геополимерных материалов. Гидроксид натрия (NaOH) активизирует алюмосиликаты, содержащиеся в отходах, а также ускоряет разложение пероксида водорода (H_2O_2). Жидкое стекло (Na_2SiO_3) увеличивает скорость реакции геополимеризации, повышает щелочность среды и стабилизирует поры. Пероксид водорода используется в качестве порообразователя, причём его разложение должно быть строго синхронизировано с процессом геополимеризации.

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

Разработаны оптимальные составы для синтеза вспененных геополимерных материалов, которые позволяют эффективно использовать золошлаковые отходы и породы терриконов, что способствует сохранению окружающей среды и позволяет экономить первичные природные ресурсы.

Определены основные физико-механические характеристики полученных вспененных геополимерных материалов:

– на основе золошлаковых отходов: кажущаяся плотность – 278 кг/м^3 , предел прочности при сжатии – $1,06 \text{ МПа}$, общая пористость – $88,06 \%$, водопоглощение – $10,52 \%$, коэффициент теплопроводности – $0,082 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, марка морозостойкости F50;

– на основе породы терриконов: кажущаяся плотность – 272 кг/м^3 , предел прочности при сжатии – $0,59 \text{ МПа}$, общая пористость – $85,85 \%$, водопоглощение – $15,36 \%$, коэффициент теплопроводности – $0,081 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, марка морозостойкости F50.

Разработаны основные этапы технологии и технологическая схема производства вспененных геополимерных материалов для промышленного

внедрения на предприятиях Донбасса. Экономическая оценка подтвердила высокую конкурентоспособность разрабатываемых материалов.

Проведены опытно-промышленные испытания вспененных геополимерных материалов и технология их получения рекомендована к внедрению на предприятиях по производству строительных материалов, в особенности, газо- и пенобетонных изделий, а также на предприятиях угледобывающих регионов, в том числе на Донбассе.

Результаты диссертационного исследования **внедрены** в учебном процессе кафедры «Общая химия и технология силикатов» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова и используются при подготовке студентов специальности 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» в рамках изучения дисциплины «Химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Полученные в работе результаты **рекомендованы к использованию** для изучения и внедрения в научных и образовательных организациях, на промышленных предприятиях Российской Федерации, где ведутся разработки в области создания новых неорганических неметаллических конструкционных материалов строительного назначения и технологий их производства из вторичного сырья, в том числе в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева, Национальном исследовательском Московском государственном строительном университете, Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– **экспериментальная часть** выполнена на сертифицированном оборудовании последнего поколения в строгом соответствии с государственными и международными стандартами. Использованы статистически надежные методы обработки данных. Надежность результатов лабораторных исследований подтверждена большой выборкой экспериментальных данных, хорошей воспроизводимостью результатов и применением новейших аналитических методов, таких как рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, инфракрасная спектроскопия и другие;

– **теоретическая часть** работы основана на фундаментальных положениях химии и технологии силикатов, учитывающих хорошо известные и

подтвержденные закономерности физико-химических процессов, происходящих при производстве силикатных материалов. Теоретические положения совпадают с экспериментальными данными, представленными в отечественных и зарубежных источниках, и подкреплены собственными результатами исследований, изложенными в настоящей диссертации;

– **идея базируется** на анализе имеющихся результатов и обобщении передового научного опыта фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых в области получения вспененных и геополимерных материалов;

– **использованы** данные аналитического обзора научных исследований мирового уровня по тематике диссертационной работы. Полученные результаты и сделанные соискателем выводы не противоречат имеющимся данным и расширяют современные представления о закономерностях разработки вспененных геополимерных материалов с использованием отходов угольной энергетики Донбасса;

– **установлено** качественное соответствие авторских результатов по оценке свойств и эффективности разработанных составов научным данным независимых исследователей в ведущих мировых научных изданиях по данной тематике;

– **достоверность** полученных результатов подтверждена использованием современных физико-химических методов исследования, стандартных методик и высокотехнологичного оборудования на базе Центра коллективного пользования «Нанотехнологии» и лаборатории «Рециклинг отходов топливной энергетики» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова.

– **выводы диссертации обоснованы** и не вызывают сомнения и согласуются с современными представлениями о получении вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики.

Личный вклад соискателя заключается в постановке цели и задач исследования, анализе литературных источников, проведении исследований, обработке и интерпретации данных, систематизации результатов, в подготовке публикаций, а также участии в конкурсах и конференциях. Диссертация написана автором самостоятельно, охватывает основные вопросы поставленной научной задачи, обладает внутренним единством и завершенностью.

В ходе защиты диссертации были заданы следующие вопросы:

1. Пожалуйста, Андрей Игоревич, можно слайд 18? Во второй таблице у Вас написано, что там вода 170 тонн, а остального сырья там вообще ничего по сравнению с водой?

2. Слайд 5. Усредненный химический состав Вы сами определяли или его Вам кто-то дал?

3. Слайд 17. Скажите, насколько эта схема оригинальна? Эта ваша оригинальная схема или стандартная?

4. По ней кто-то уже реализует процесс или это лабораторное моделирование?

5. Скажите, пожалуйста, Ваша работа связана с геополимерными материалами. Можете сказать, каков механизм геополимеризации разрабатываемых материалов?

6. За счет чего набирается прочность?

7. И каковы свойства? Это будут гидравлические или воздушные вяжущие?

8. Материалы можно использовать только на воздухе или в каких-то других условиях?

9. Подскажите, пожалуйста, есть информация, что эти выбранные отходы они достаточно сильно светят, имеется ввиду радиоактивность? Вы проверяли?

10. Скажите, пожалуйста, Вы говорите, что используемые отходы представлены оксидами кремния и алюминия. Но они же не оксидами представлены, а в вещественном составе, что из себя представляют? Тем более что терриконики – это вскрышные породы.

11. Скажите, пожалуйста, слайд 15, какой метод оптимизации Вы использовали в своих исследованиях?

12. У Вас первый коэффициент уравнения, это значение откуда берется?

13. Вы сравниваете в конечном итоге полученный материал с метакаолином. Почему?

14. Так это уже не сам материал метакаолин, а полученные геополимерные материалы на основе метакаолина? Что такое метакаолин?

15. Откройте, пожалуйста, выводы. У Вас в третьем выводе указано, что разложение пероксида водорода должно быть строго синхронизировано с процессом геополимеризации. Чем Вы это обеспечиваете? Составом? Или какими-то параметрами? Температурой?

16. В докладе прозвучало, что за 90 секунд у Вас происходит вспенивание. Но это зависит от объема. Если Вы начинаете вспенивать, допустим в ведре, это одно время, если это больший объем, то это другое.

17. Еще раз слайд 15. Не очень понятно у Вас водопоглощение в материалах на основе золошлаковых отходов меньше, при большой пористости, чем у материалов на основе породы. Как это сопоставить?

18. Получается в материалах на основе породы больше открытых пор?

19. Судя по исследованию химического состава в Ваших материалах очень большое содержание оксидов железа, практически сравнимое с содержанием оксида алюминия. А по кристаллическим фазам в некоторых случаях они, собственно, представлены оксидом железа. А как это железо участвует в вашем процессе и встраивается ли он в полимерные цепочки?

20. Скажите, пожалуйста, в Ваших материалах полимер остается?

21. Сколько в Вашем материале геополимера?

22. Стекло можно назвать полимером?

23. Где Вы будете применять разрабатываемые материалы?

24. Перед Вами защищались и говорили, что полимеры лучше не применять в строительстве.

25. Слайд 13, пожалуйста. Каким образом Вы измеряли потери массы?

26. Сопутствующий вопрос. Обычно указывают интервал погрешности. С какой погрешностью Вы определяли?

27. Образуется большое количество таких отходов. А насколько эффективно будет их сдерживание накопления за счет тех материалов, которые Вы разрабатываете?

Соискатель Андрей Игоревич Изварин ответил на заданные ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

По первому вопросу соискатель ответил, что это опечатка, должно быть 0,170 тонн, так для аналогичного сырья на основе золошлаковых отходов воды составляет 0,09 тонн.

По второму вопросу соискатель ответил, что проводился отбор проб методом квартования и потом определялся химический состав с помощью рентгенофлуоресцентного метода анализа.

По третьему вопросу соискатель ответил, что такие материалы еще в России не получали и эта оригинальная схема, которая разработана мною.

На четвертый вопрос соискатель ответил, что по этой схеме была проведена опытно-промышленная апробация в обществе с ограниченной ответственностью «Тандем ВП» и было получено 5 м³ вспененных геополимерных материалов.

По пятому вопросу соискатель ответил, что механизм геополимеризации заключается в следующем: под действием щелочи NaOH происходит разрушение алюмосиликатных связей сырья с образованием тетраэдров $[\text{SiO}_4]^{4-}$ и $[\text{AlO}_4]^{5-}$. После чего эти тетраэдры соединяются между собой с образованием олигомеров Si-O-Al, Si-O-Si. Далее эти олигомеры поликонденсируются с образованием длинных цепочек, которые представляют собой геополимерный материал.

На шестой вопрос соискатель ответил, что прочность набирается за счет образования этих вот двух и трехмерных структур.

По седьмому вопросу соискатель ответил, что в классическом смысле эти материалы нельзя назвать вяжущими, потому что в них происходит процесс геополимеризации, щелочной активации и происходят реакции поликонденсации с образованием геополимерного материала. Отверждение можно проводить как при комнатной температуре, так и ускорять в сушильном шкафу.

На восьмой вопрос соискатель ответил, что это неорганический материал, который можно использовать как на воздухе, так и в щелочных и кислых условиях.

По девятому вопросу соискатель ответил, да, на данном слайде показаны радиологические исследования всех четырех выбранных отходов и по результатам которых установлено, что выбранные отходы соответствуют 1 классу строительных материалов. Допустимая удельная активность радионуклидов по ГОСТу менее 370 Бк/кг, а у выбранных материалов 267, 301, 240 и 165, что меньше значения согласно ГОСТ и, следовательно, данные материалы соответствуют 1 классу строительных материалов и могут быть использованы во всех видах строительства.

По десятому вопросу соискатель ответил, что отходы представлены различными материалами, например, глинистыми, песок, полевые шпаты.

По одиннадцатому вопросу соискатель ответил, что использовался метод полнофакторного планирования эксперимента третьего порядка.

На двенадцатый вопрос соискатель ответил, что это b_0 , коэффициент, который получается при расчете.

На тринадцатый вопрос соискатель ответил, что в таблице показаны все возможные литературные аналоги. Показано, что геополимерные материалы получают не только на основе золы-уноса и породы, но и еще в литературе получают на основе метакеолина.

При ответе на четырнадцатый вопрос соискатель согласился и добавил, что метакеолин это прокаленный каолин.

По пятнадцатому вопросу соискатель ответил, что разложение пероксида водорода синхронизировано с процессом геополимеризации. На разложение пероксида водорода влияет содержание гидроксида натрия в смеси и путем подбора количества гидроксида натрия можно увеличивать или уменьшать скорость разложения пероксида водорода. То есть составом.

На шестнадцатый вопрос соискатель ответил, что на вспенивание влияет как количество порообразователя, так и активатора в смеси. Если мы увеличиваем объем, то у нас, следовательно, увеличивается количество каждого компонента и вспенивание протекает за такое же время. Если допустить, что время вспенивания увеличится, то и увеличится время геополимеризации и эти процессы будут синхронизированы и свойства материалов не будут ухудшаться.

По семнадцатому вопросу соискатель ответил, что пористость материалов зависит от истинной плотности материалов. А истинная плотность материалов на основе породы терриконов значительно меньше и, следовательно, из-за этого пористость материалов на основе породы меньше.

При ответе на восемнадцатый вопрос соискатель добавил, что в материалах на основе породы больше открытых пор.

По девятнадцатому вопросу соискатель ответил, что оксид железа не встраивается в полимерные цепочки, и он связывается в конечную структуру жидким стеклом. Изначально мы не планировали убирать железо из состава, например, метод флотации, потому что цель работы была утилизировать отход в том виде, в котором он складывается на реальном полигоне.

При ответе на двадцатый вопрос соискатель уточнил, что это не классический органический полимер, это неорганический полимер, в котором невозможно проследить количество звеньев. Речь идет о двух- и трёхмерных структурах из звеньев SiO_4 , AlO_4 .

По двадцать первому вопросу соискатель ответил, что в материале 100 % геополимера. Частицы, которые не участвуют в геополимеризации, связываются в конечную структуру.

На двадцать второй вопрос соискатель ответил, что в каком-то плане стекло – это неорганический полимер.

На двадцать третий вопрос соискатель ответил, что область применения – это теплоизоляция: стен, подвалов, крыши и других объектов в гражданском строительстве.

При ответе на двадцать четвертый вопрос соискатель уточнил, что это неорганический полимер, и он обладает такими свойствами как негорючесть и это аналог пеностекла.

На двадцать пятый вопрос соискатель ответил, что потери массы измеряли взвешиванием образцов каждый час.

При ответе на двадцать шестой вопрос соискатель уточнил, что на слайде не показано, а в диссертационной работе приведено, что интервал погрешности составил 2 %.

По двадцать седьмому вопросу соискатель ответил, что по разрабатываемой технологии можно получить теплоизоляционные материалы и утилизировать отходы. Сейчас существует потребность в эффективных теплоизоляционных материалах. Можно получать материалы пока существует потребность в теплоизоляции.

На заседании «25» июня 2026 года диссертационный совет за новые научно обоснованные технические и технологические решения и разработки по получению вспененных геополимерных материалов на основе отходов угольной энергетики Донбасса, что обеспечивает повышение энергоэффективности зданий и улучшение экологической обстановки, и имеет существенное значение для развития страны, принял решение присудить Изварину Андрею Игоревичу ученую степень кандидата технических наук.

По своему содержанию диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов по направлениям исследований:

– п.1 «Силикатные и тугоплавкие неметаллические материалы (СиТНМ)»: по структуре слагающих фаз – аморфные и кристаллические (монокристаллические, поликристаллические, нанокристаллические), по

особенностям технологии, строению и функциональному назначению – стеклянные и стеклокристаллические материалы», по размерным параметрам – объемные (монокристаллические) материалы;

– п.2 Физико-химические принципы технологии материалов и изделий из СиТНМ, включают стадии подготовки исходных материалов, смешивания и гомогенизации компонентов. Ресурсо- и энергосбережение;

– п. 3 Физико-химические свойства конденсированных состояний фаз и веществ в гетерогенных концентрированных системах твердое – газ.

По актуальности, новизне, практической значимости диссертация соответствует требованиям, установленным «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 14 докторов наук по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов, участвующих в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 14 (четырнадцать), против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,

доктор химических наук, профессор



Владимир Николаевич Сигаев

Ученый секретарь диссертационного совета

доктор химических наук, профессор



Ольга Борисовна Петрова

25 июня 2026 года

