

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Аль Дулайми Салмана Давуд Салмана на тему «Самовосстанавливающиеся бетоны модифицированные микробиологической добавкой» по специальности 05.23.05 – Строительные материалы и изделия, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

Актуальность темы исследований

Бетон в XXI веке является основным строительным материалом, используемым при строительстве зданий и сооружений различного назначения. По мнению многих специалистов, он останется востребованным еще на долгие годы. Мировой объем производства различных бетонов составляет около восьми миллиардов м³/год. Одной из важнейших задач современной строительной отрасли являются разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий, предусматривающих получение долговечных бетонов и строительных изделий на их основе. Проблема получения высококачественных бетонов и других цементосодержащих композитов успешно решается путем оптимизации их состава, активацией компонентов бетонных смесей, модифицированием структуры материалов комплексными добавками различного функционального назначения. Однако, в процессе эксплуатации под влиянием факторов внешнего воздействия очень часто бетонные изделия, железобетонные конструкции подвергаются растрескиванию, что приводит к снижению их качества и сокращению расчетного срока эксплуатации. Как следствие, необходимость дополнительного обслуживания (ремонта и пр.) железобетонных конструкций с применением полимерных, металлических и др. материалов обуславливает значительные увеличения материальных и денежных средств.

Для продления срока службы бетонных конструкций важно минимизировать процесс распространения трещин в бетоне, что является весьма **актуальной проблемой** строительного материаловедения. Решению данной проблемы по разработке новых бетонов, которые способны самовосстанавливаться и устранять, возникающие повреждения и посвящена рецензируемая работа.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Степень обоснованности научных положений, выносимых на защиту диссертантом, а также выводов и рекомендаций обеспечивается широким и корректным использованием известных научных методов исследований и соответствием полученных результатов

теоретическим положением фундаментальных законов химии, биологии, физико-химической механики и строительного материаловедения. Результаты диссертационной работы достаточно широко обсуждались на ряде Международных конференций: в Пензе (2015, 2018 и 2019 гг), Чебоксарах (2018 г.) и Белгороде (2019 г.). Кроме того, результаты диссертации опубликованы в 23 работах (в том числе – 2 в изданиях, индексируемых в базах Scopus, 6 в изданиях рекомендованных ВАК РФ, в Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам поданы 3 заявки на изобретения).

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных в диссертации результатов обеспечена методически обоснованным комплексом исследований с использованием как стандартных (ситовый анализ, прочность на изгиб, сжатие), так и новых методов исследования (SEM – растровой электронной микроскопии, EDS – энергетической дисперсионной спектроскопии, XRD – рентгеноструктурного анализа, UPV – метода ультразвукового импульса, сорбционной активности и др.); применением математических методов планирования экспериментов, а также статистического анализа и обработки результатов исследований; положительными результатами, не противоречащим выводам известных положений и результатам других авторов, согласующихся по теоретическим и экспериментальным данным.

На основании приведенных в работе доводов и заключений доказаны выдвинутые положения **научной новизны**, к основным из которых относятся:

- установлены закономерности совместного влияния бактерий, питательных сред и носителей бактерий на свойства бетонов и процессы самовосстановления трещин в железобетонных конструкциях: определены рост и способность формирования кристаллов, спорообразование, прорастание и степень выживания бактерий в условиях высоких температур (до 65 °С) и pH (до 10);

- определена уrolитическая активность иммобилизованных в цеолите и пемзе бактерий в бетоне (при pH=10) и установлено влияние восстанавливающих компонентов на прочностные свойства бетонов различных типов;

- определена эффективность затягивания трещин (не более 150 мкм, оптимально 50 мкм) в бетонных и железобетонных изделиях посредством оценки скорости УЗ импульса, сорбционной и проникающей способности хлоридов, прочностей на сжатие и изгиб.

Теоретическая и практическая значимость работы

В диссертации изложены положения теоретической значимости исследований процессов самовосстановления бетонов и бетонных конструкций, научно обоснованные технические, экономические и технологические решения получения бетонов, модифицированных микробиологической добавкой и самовосстанавливающимися поврежденных железобетонных конструкций с помощью бактерий. Практическая значимость работы заключается в разработке:

- принципов производства и применения бетонов, модифицированных микробиологической добавкой для изготовления железобетонных конструкций с самозалечивающимися свойствами;
- оптимальных параметров режима приготовления самовосстанавливаемых бетонов, модифицированных микробиологической добавкой, позволяющие повысить прочность цементных композитов в возрасте 3, 7 и 28 суток соответственно более чем на 10, 30 и 27 %;
- рациональных составов бетонов, включающих матрицы различных составов, с добавками бактерий, их носителей и питательных сред. Полученные результаты, несомненно, практически значимы для развития отрасли строительства и строительных материалов и могут быть использованы при проектировании сооружений с повышенным сроком службы.

Оценка содержания диссертации, ее завершенности

Диссертация Аль Дулайми Салмана Давуд Салмана состоит из введения, шести глав, заключения, 4 приложений, списка используемой литературы (368 источников). Общий объем диссертации составляет 281 стр. машинописного текста, в текст включены 37 таблиц и 100 рисунков, приложения изложены на 28 листах.

Во введении приводится обоснование выбранной темы исследования: ее актуальность, сформулированы цель и задачи. Представлены научная новизна и практическая значимость работы, заключающиеся в получении научных и практических результатов. Указаны основные положения, выносимые на защиту. Описаны степень достоверности выносимых на защиту результатов исследования и их апробация. Представлена информация о имеющихся научных публикациях по данной работе, ее структура и объем.

В первой главе изложен аналитический обзор литературных источников по теме исследования, в котором рассмотрено современное состояние вопросов: структурообразования, технологии изготовления, состава и свойств бетонов, долговечности и повреждения железобетонных конструкций, способы их ремонта и восстановления, выделены приоритетные направления развития проблемы самовосстановления бетонов. Автором рассмотрено применение ряда инновационных технологий, направленных на повышение устойчивости бетонных изделий и конструкций, например, самоуплотняющихся бетонов, способов восстановления и усиления изделий и конструкций (методы наращивания, пропитки структуры бетона полимерными и другими композициями, нанесения монолитных защитных покрытий, приклеивания металлических, полимерных и других элементов). Отмечены преимущества и недостатки каждого из них. Основными недостатками этих методов являются – различие в коэффициентах теплового расширения материалов конструкций, многокомпонентность состава для ремонта, трудоемкость и высокая стоимость выполнения строительных работ. Отмечено, что наряду со способами совершенствования технологии получения и повышения характеристик бетонов, появляются новые материалы, способные к активному взаимодействию с внешними факторами (влага, температура и др.). Эти материалы и технологии получили название «интеллектуальных». К таким технологиям относится ряд химических методов по созданию самовосстанавливающихся бетонов, основанных на применении микрокапсул, способных высвобождать восстанавливающие вещества (эпоксидные композиции, цианакрилаты, щелочные растворы cTiO_2 и др.). Одними из прорывных технологий в области получения эффективных строительных материалов являются биотехнологии, основанные на использовании микроорганизмов. К ним относится ряд прогрессивных материалов: биосуперпластификаторы, клеи, пенобетоны, древесные пластинки. Однако все большее внимание многих исследователей привлекает изучение возможностей применения кальцита, вырабатываемого бактериями для решения проблемы самовосстанавливающихся бетонов путем внесения добавок в минеральные вяжущие, что отражено в работах ряда исследователей по повышению прочности, снижению проницаемости и водопоглощения бетонов, уменьшению коррозионного разрушения, армированных стальной арматурой бетонов за счет уменьшения проникновения воды и хлорид-ионов в результате осаждения кальцита, вырабатываемого микроорганизмами *Sporosarcinapasturii* и *Bacillus*sp. Однако до настоящего времени в большинстве случаев бактериальный бетон применяли только с целью ликвидации последствий трещинообразования, что нельзя считать процессом «самовосстановления». Известны немногочисленные исследования истинного самовосстановления бетонов

модифицированных при добавлении микроорганизмов, однако ряд направлений в этой проблеме нуждается в дальнейшем исследовании и разработки технологии восстановления и усиления конструкций. Исходя из анализа литературных данных, определены цели и задачи диссертационного исследования, а также сформулирована научная гипотеза – совместное влияние выбранных в работе трех видов бактерий, питательных сред и носителей бактерий, которые обеспечат протекание процессов самовосстановления трещин за счет способности роста и формирования кристаллов, спорообразования, прорастания и повышенной степени выживания бактерий в условиях высоких температур (до 65 °С) и щелочности (рН=10), позволят залечивать микротрещины (50-150 мкм) при восстановлении показателей прочности бетонов до расчетных значений.

Во второй главе приведены характеристики исходных материалов, методы приготовления и исследования изготовленных образцов.

При выполнении эксперимента исследовались образцы из обычного, фиброармированного и модифицированного бетонов. Для изготовления образцов цементных композитов применяли сырьевые материалы, удовлетворяющие требованиям стандартов. Портландцемент общего назначения GU/10b, изготовитель компании «St. Marys cement». Заполнители: зола унос класса CeASTMC-618 (2012) и песок (для цементных растворов модуль крупности – 2,45, а для ECC – 1,56). В качестве дисперсной арматуры использовалось волокно (длина 8 мм и диаметр 40 мкм) на основе поливинилового спирта (PVA). Водоредуцирующая добавка ADVA R CAST 575 на основе поликарбоксилового эфира (с содержанием сухового вещества ~ 30%) использовалась для улучшения удобоукладываемости ECC – смесей. При формировании экспериментальных образцов бетонов использовали бактериальные средства, которые могут выдерживать различные экспериментальные условия окружающей среды (температура, минерализация, рН, изменение концентрации кислорода), состоящие из трех различных видов бактерий - *Sporosarcinaureae* (DSM 2281), *Sporosarcinapasteurii* (DSM 33) и подвид *BacillusSubtilis* - *Spizizenii* (DSM 150) из немецкой коллекции микроорганизмов и клеточных культур (DCMZ) г. Брауншвейг, Германия. Выбранные бактерии обладают наибольшей уреолитической активностью и способностью вырабатывать кальцит в процессах залечивания трещин. В качестве материалов-носителей бактерий применяли перлитовый песок и пемзу, с размерами 0,42–1,4 мм и 0,1 – 0,3 мм. В качестве минеральной питательной среды применяли лактат кальция, мочевины и дрожжевой экстракт компании. Все применяемые химические реагенты имели квалификацию «чда».

В соответствии с особенностями работы с бактериями (способов их культивирования, способностью к спорообразованию, процессам прорастания, выживания и пр.), технологией бактериальной модификации бетонов, исследования процессов самовосстановления образцов (по эффективности влияния инкорпорированных в образцы цементного раствора бактерий). Экспериментальные исследования методологически проводились поэтапно. Исследование бактерий на 1 и 2 этапах проводилось в соответствии с методиками указанными в руководстве DCMZ (культивирование, устойчивость бактерий к температурам и щелочности, способность их вырабатывать минеральное вещество, уреолитическая активность, рост и активность иммобилизованных бактерий в среде pH 7-10, анализ ионов аммония в иммобилизованной пемзе и цеолите спектрофотометрическим методом по Несслеру). Третий этап - исследование влияния добавок восстанавливающего вещества на процесс самовосстановления и изменения $\sigma_{сж}$. Четвертый этап – исследование процесса самовосстановления: определение , влияние скорости ультразвукового импульса (UPV) - метод неразрушающего контроля для оценки повреждений в бетоне, определение процесса самовосстановления по показателям проницаемости, сорбционной активности. Исследование морфологии и химических составляющих продуктов самовосстановления проводили методами сканирующей электронной микроскопии, энерго-дисперсионной спектроскопии и рентгено-дифракционного анализа. Пятый этап - исследование самовосстановления модифицированных композитов (ЕСС).

При создании трещин в образцах бетона или цементного раствора, контроле их размеров (исходных и при «зарастании») использовали несколько методов: изгиб в трех точках с контролем ширины трещины, акустической эмиссионной дефектоскопии, измерение резонансной частоты или динамического модуля, измерение одноосного распространения волны напряжений и др. Диссертационные исследования выполнялись при использовании методов планирования и анализа экспериментов: дисперсионный анализ и общие модели регрессии при полнофакторном планировании и пр.

Третья глава, на мой взгляд, является логическим развитием и дополнением глав 1 и 2 и посвящена теоретическому обоснованию выбранной технологии получения самовосстанавливающихся бетонов, объяснению механизмов, происходящих при затягивании трещин. Известно, что процесс управления повреждениями при участии живых организмов осуществляется автономно и не требует вмешательства человека. Общие принципы самовосстановления материалов рассмотрены в работе Надеги с соавторами (2010). Они заключаются в появлении «подвижной фазы» после образования трещины, затягивании трещины «подвижной фазой» и иммобилизации после устранения

трещины. Для реализации механизма самовосстановления чувствительные материалы должны не только обнаруживать повреждение, но и инициировать процесс регенерации. Обязательным условием для запуска в материале процесса восстановления является наличие внутри системы жидкой компоненты. Кроме того, из анализа литературных данных следует, что для реализации самовосстановления необходимо выполнить пять общих критериев: наличие воды; наличие и достаточные концентрации химических веществ, преимущественно карбонат- и бикарбонат- ионов и растворенных свободных ионов кальция; трещина должна находиться в стабильном состоянии; ширина трещины, от которой зависит ход самовосстановления, должна быть не более 150-160 мкм, предпочтительно, до 50 мкм; давление воды не должно быть слишком высоким и для трещины определенной ширины это условие зависит от соотношения напора воды и толщины бетона. Также должно выполняться условие термодинамической устойчивости обеспечивающей гарантии в стабильности и отсутствии предпосылок к появлению и развитию трещин. Исследователи, в качестве основных, выделяют механизмы осаждения кальцита микробиологического происхождения, который могут выделять три группы микроорганизмов: фотосинтезирующие организмы, как например, цианобактерии и водоросли, способные поглощать CO_2 ; сульфатредуцирующие бактерии, которые осуществляют диссимиляционное восстановление сульфатов; организмы, которые участвуют в одном из циклов превращения азота и его соединений в живых организмах, а именно, в аммонификации аминокислот (восстановлении нитратов), гидролизе мочевины.

Отмечают, что гидролиз мочевины с помощью фермента уреазы является самым простым из всех механизмов осаждения выработанного микроорганизмами кальцита. Причем бактерии должны быть в состоянии действовать как катализатор реакции гидролиза мочевины. К ним, в первую очередь, относятся уреазоположительные бактерии видов *Bacillus*, *Sporosarcina*, *Clostridium* и *Deaulefotomaculum*. Добавляемые в бетон бактерии должны выдерживать механические нагрузки, выживать в условиях высокой плотности. Кроме того, необходимо, чтобы бактерии в составе бетона были толерантными к кислороду. Важно отметить, что фермент уреазы, который продуцируют бактерии, разлагают мочевины на ионы аммония и карбонат-ионы. Ионы аммония повышают локальное значение pH и инициируют осаждение карбоната кальция, за счет соединения ионов карбоната и иона кальция из добавленного в бетон соединений кальция. В качестве источника энергии для бактерий необходима питательная среда, которая поставляется бактериям на стадии их выращивания. Наиболее подходящей средой является лактат кальция, поскольку он начинает растворяться уже в процессе перемешивания бетонной смеси и не влияет на время схватывания бетона. Изложенные теоретические аспекты

учтены автором при выполнении исследований в соответствии с целью диссертационной работы.

В четвертой главе автором представлены результаты экспериментальных исследований, выполненных на образцах цементно-песчаного раствора (ЦПР), фиброармированного ЦПР и модифицированных цементных композитов (ЕСС) с целью количественной оценки процесса самовосстановления. Приведены результаты исследований по оценке способности выбранных бактерий к росту в среде бетона. Установлена (метод оптической микроскопии) высокая степень выживаемости, образования спор и роста в условиях высоких температур (до 65°C) и щелочности (до pH 10) и высокая уреазная активность для выработки карбонат-ионов, необходимых для образования осадка карбоната кальция (как для бактерий вида *Sporosarcina ureae* (DSM 2281), так и вида *Sporosarcina pasteurii* (DSM 33). Подтверждены вегетативное спорообразование и активный рост трех видов бактерий на выбранных активных средах и эффективность применения цеолита и пемзы.

Качественные исследования процесса самовосстановления в работе наблюдали и оценивали с использованием методов: растровой электронной микроскопии (SEM), энергодисперсионной спектроскопии (EDS) и рентгеноструктурного анализа (XRD). При количественном анализе определяли изменения сорбционной активности, химической проницаемости, изменения скорости ультразвуковых импульсов и прочность образцов бетонов на изгиб и сжатие. Установлено, что наибольший уровень показателей прочности на сжатие бетонов, модифицированных микробиологической добавкой для бактерий всех трех видов достигаются при концентрации бактерии на уровне 10^6 кл/мл. Этот оптимальный уровень бактерий автором применялся во всех экспериментах по самовосстановлению для простых бетонов (ЦПР) и фиброармированных цементных композитов (возраст от 7 до 270 суток). Идентичность полученных автором результатов испытания прочности образцов на сжатие свидетельствует о воспроизводимости и эффективности примененной технологии. Дополнительно это подтверждено и результатами сравнительных испытаний по затягиванию трещин в образцах, обработанных бактериями, по сравнению с контрольными и образцами без бактерий, но с добавлением питательных веществ. Следует отметить, что в контрольных образцах затягивание трещин не наблюдается, для мелких трещин (до 70 мкм) заполнение и залечивание полное, а для больших трещин (150 мкм и более) наблюдалось только частичное заполнение.

Исследование методом растровой электронной микроскопии (SEM), показали, что выбор материала-носителя (цеолит, пемза) не влияет на морфологию осажденных

кристаллов. Методом энергетической дисперсионной спектроскопии (EDS) подтверждено, что образовавшийся в трещинах осадок состоит из элементов: С, О и CO_2 , которые являются составной частью карбоната кальция. Дополнительно данный факт однозначно подтвержден результатами рентгеноструктурного анализа. При исследовании методом прозрачных шлифов внутренних областей образцов во многих случаях обнаружены открытые участки, которые на поверхности образцов были закрыты. Этот факт можно объяснить необходимостью для обеспечения жизнедеятельности бактерий наличия кислорода и воды, которые на поверхности материалов более доступны, чем внутри матрицы бетона. Эффективность самовосстановления на модифицированных цементных композитах автором подтверждена даже на участках со множеством узких микротрещин. Определена наибольшая эффективность бактерии *Sporosarcinapasteurii* и *Bacillus subtilis*. Методом электронной микроскопии подтверждено полное заполнение кристаллами CaCO_3 трещин шириной до 150-160 мкм.

Пятая глава посвящена математическому моделированию основных параметров самовосстановления: длительность процесса восстановления, концентрации бактерий и лактата кальция в зависимости от видов бактерий и материала - носителя. Автором выполнен полнофакторный эксперимент и наряду с анализом основных факторов, дополнительно рассмотрены 2-х, 3-х, 4-х и 5-ти факторные взаимодействия параметров. Основной отклик оценивался по прочности образцов на сжатие. Получены уравнения регрессии, по которым построены графические зависимости. Показано, что полученные статистические модели пригодны для прогнозирования характеристик самовосстановления в отношении прочности на сжатие, сорбционной способности, проникающей способности хлоридов и скорости ультразвукового импульса. Корректность разработанной модели проверена и подтверждена на свойствах композита на основе ЦПР армированного волокном.

В шестой главе рассмотрены рекомендованные составы биоцементных композитов для производственного внедрения и принципиальная технологическая схема получения самовосстанавливающихся бетонов, модифицированных микробиологической добавкой. Приведены данные о технико-экономической эффективности результатов исследования и сведения об их внедрении.

В заключении приведены основные выводы по работе, рекомендации и перспективы дальнейшей разработки.

Содержание диссертации дает полное представление о выполненной работе диссертанта, позволяет полностью составить мнение о ее новизне, практической и теоретической значимости. Диссертация Аль Дулайми Салмана Давуд Салмана является

целостной работой, поставленные задачи решены, их решения подтверждены конкретными результатами.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, влияние отмеченных недостатков на качество исследования

К достоинствам рецензируемой диссертации следует отнести:

- актуальность работы и востребованность в ее результатах, как для строительного материаловедения, так и решения сложных эксплуатационных задач строительства зданий и сооружений, эксплуатируемых в сложных геологических и технических условиях (вибрация, агрессивная среда и пр.);

- методическое построение работы в выполнении сложной и многоплановой задачи создания технологии самовосстанавливающихся бетонов;

- комплексный подход в выполнении работы от обоснования, постановки задач, выполнении сложного многопланового эксперимента до разработки технологии получения бетонов и оценки экономического эффекта от их использования в строительной отрасли.

По диссертационной работе имеются следующие замечания:

- автор в работе не затрагивает такой важный вопрос для цементных композитов, как роль контактной зоны цементного камня, что, несомненно, важно при образовании структур кальцита в бактериальном бетоне;

- автор в работе отражает вопрос жизнеспособности бактерий от температурных факторов, а для реальных условий эксплуатации важное значение имеет циклическое значение изменения температур, коррозионное воздействие (по Москвину В.М.), в т.ч. биоповреждение. Эти факторы в работе не нашли отражения.

- недостаточно четко в работе (разд. 2.4 и 4.7, стр. 87) изложен вопрос изготовления исходных образцов с трещиной медной пластиной $\delta=0,3$ мм, нагружение в 3^x точках. Непонятно какой метод выбран и как обеспечивается необходимый диапазон ширины трещин – 50-170 мкм?

Также не вполне понятен метод изготовления из залеченных бетонов, образцов-кубиков для исследования методом электронной микроскопии (размер кубиков, чем резали, как обеспечивалось их бездефектность во избежание образования микротрещины и пр.);

- имеются замечания по оформлению таблиц: 2.3 (с.68), 2.4 (с.71), 2.5 (с.82) по обозначению величин, названию и исправлению граф. Замечания по качеству рис. 5.2, 5.3 (с.193). Имеются неоднозначные формулировки по тексту.

Данные замечания не влияют на общую положительную оценку представленной диссертационной работы, носят рекомендательный характер и как предложения для проведения дискуссии.

Соответствие автореферата основному содержанию работы

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы, раскрывает цель и задачи исследования, содержит изложение положений выносимых на защиту.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней»

В соответствии с п.10 «Положением о присуждении ученых степеней» диссертация Аль Дулайми Салмана Давуд Салмана написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку. Полученные автором научные результаты могут быть использованы при создании технологий получения бетонов, модифицированных микробиологической добавки для изготовления самовосстанавливающихся бетонных изделий и конструкций. Все предложенные автором в диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными в настоящее время решениями.

В соответствии с п. 11 «Положения о присуждении ученых степеней» основные научные результаты диссертации опубликованы: в пяти статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в двух в изданиях Scopus и Web of Science и поданы три заявки на изобретения.

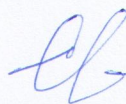
В соответствии с п.14 «Положения о присуждении ученых степеней» в диссертации соискатель ученой степени ссылается на авторов и (или) источники заимствования материалов или отдельных работ.

Диссертация Аль Дулайми Салмана Давуд Салмана на соискание ученой степени кандидата технических наук является завершенной научно-квалификационной работой, в которой предложены научно обоснованные технические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития строительного материаловедения страны, что

соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 – строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент,

Доктор химических наук
(специальность 02.00.16-Химия и
технология композиционных материалов,
02.00.06 – Химия высокомолекулярных
соединений),
Заведующий кафедрой химии и
инженерной экологии в строительстве
федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Казанский
государственный архитектурно-
строительный университет», профессор

 Строганов Виктор Федорович

Собственноручную подпись <i>В.Ф. Строганов</i>
удостоверяю
Начальник Отдела кадров <i>Валерия Захаровича</i>
« » 20 г. <i>Р.Р.</i>

e-mail: : svf08@mail.ru

Адрес: 420043, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, 1

Тел. +7 (843) 526-93-43