

Научно-исследовательская работа

Предмет: физика

**«ПРОВЕРКА ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ДЕТОНАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ TI-TIO₂»**

Выполнила:

Сирота Дарья Вячеславовна

учащаяся 11 класса

ГБОУ «Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат», г.Белгород

Научные руководители:

Соболевская Маргарита Владимировна, учитель географии

ГБОУ «Белгородский инженерный юношеский лицей-интернат»

г.Белгород;

Зайцев Сергей Викторович

ведущий инженер центра высоких технологий БГТУ имени В. Г. Шухова

г.Белгород

Оглавление

Характеристика объекта исследования:	6
1) Фотокаталитическая активность	6
2) Материалы, обладающие фотокаталитической активностью	6
3) Характеристика материала	6
Методы учёта, нанесения покрытия и анализ полученных данных	7
1) Нанесение покрытия.....	7
2) Определение фотокаталитической активности поверхности.....	7
3) Проведение эксперимента:	8
Методика проведения эксперимента:	8
4) Основные направления применения покрытий.....	9
Выводы:.....	9
Библиографический список:	9

Введение.

Биологическая коррозия — это нежелательная колонизация поверхностей, погружённых в биологическую среду, с временной или постоянной адгезией микро - и макроорганизмов. Нежелательное поселение и колонизация организмов (таких как водоросли, бактерии, моллюски и т.д.) на погруженной твердой поверхности является большой проблемой для человеческой деятельности и промышленности [6].

Стойкость адгезии на границе между загрязняющими организмами и твердым веществом непосредственно зависят от свойств самой (твердой) поверхности. Многочисленные исследования показали, что напыление противоположающихся покрытий на твердую поверхность является одним из наиболее удобных и полезных способов для изменения свойств поверхности для предотвращения обрастания.

В то же время, традиционные биоцидные покрытия, особенно те, которые содержат токсичные тяжелые металлы оказывают серьезное негативное влияние на все живые организмы и опасны для человека [7]. Следующим шагом в развитии необрастающих покрытий являются покрытия (FRCS) [2-3], они не содержат биоцидов и широко используются для предотвращения образования загрязнений. FRCS работают за счет минимизации прикрепления загрязняющих сообществ, тем самым обеспечивая самоочищающуюся поверхность. Органосиликоны и фторполимеры - это два основных полимерных материала с превосходными свойствами удаления загрязнений. Органосиликоновые полимеры превосходят фторполимеры из-за водоотталкивающих свойств, высокой подвижности структуры и низкой свободной поверхностной энергии. Однако силиконовые FRC подвержены колонизации диатомовыми водорослями, потому что гидрофобная твердая поверхность способствуют адгезии обрастающих организмов. Гидрогели, состоящие из химически или физически сшитых трехмерных полимерных сетей с высоким содержанием воды, показали очень низкую адгезию белка и бактерий из-за высокой гидрофильности. Тем не менее, большинство

гидрогелей нельзя использовать непосредственно в качестве противообрастающих покрытий, так как эти мягкие материалы являются механически непрочными и имеют плохую адгезию к твердой поверхности.

Покрытие Ti-TiO₂ было выбрано, потому что титан — это доступный, биоэнергетичный, коррозионноустойчивый материал, а нано-диоксид титана (TiO₂) — это полупроводниковый материал, который стабилен, дешев и нетоксичен. К тому же, помимо фотокаталитической активности, TiO₂ под действием ультрафиолетового (УФ) облучения обладает эффектом самоочищения, который обычно приписывают двум эффектам, а именно: во-первых, при облучении ультрафиолетовым светом при солнечном свете активные компоненты, индуцированные фотокаталитическим действием TiO₂ на самоочищающуюся пленку TiO₂, могут вступать в реакцию с налипшими на поверхность загрязняющими веществами, что приводит к разложению загрязняющих веществ. Во-вторых, благодаря супергидрофильности самоочищающейся пленки продукты разложения могут быть смыты водой, что позволяет сохранить поверхность материала чистой.

Данная работа является двухэтапной:

1. Первый этап — это проверка фотокаталитической активности покрытий Ti-TiO₂, нанесённых методом высокоскоростного газотермического детонационного напыления.
2. Второй этап — это проверка антифоулинговых свойств покрытий Ti-TiO₂, нанесённых методом высокоскоростного газотермического детонационного напыления.

Гипотеза: покрытия из Ti-TiO₂, нанесённые методом высокоскоростного газотермического детонационного напыления, будут обладать фотокаталитическими свойствами, т. е. в покрытии толщиной 150-200 мкм будет достаточное содержание анатаза, чтобы обеспечить фотокаталитическую активность.

Объект исследования: экспериментальные образцы покрытий бетона и стали-3 размерами 50×25 мм.

Предмет исследования: выявление фотокаталитических свойств покрытий Ti-TiO₂, нанесённых методом высокоскоростного газотермического детонационного напыления.

Актуальность:

Проблема биокоррозии, является одним из основных факторов, снижающих эксплуатационный срок строительных изделий и конструкций. Возможным решением могут считаться защитные покрытия, которые способны существенно продлить срок эксплуатации и максимально отсрочить процесс реставрации или полной замены отдельных материалов или целых конструкций. Примером таких покрытий являются фотокаталитические покрытия. Это особый класс материалов, созданный на основе нанотехнологий. Входящие в состав такого покрытия наноразмерные частицы диоксида титана, под действием света, ультрафиолета или видимого спектра, способны разлагать молекулы многих загрязняющих веществ, убивать вирусы и бактерии. Эта способность позволяет эффективно применять подобные покрытия как важный элемент систем поддержания и очистки окружающей среды.

За счет фотокаталитических свойств, представленные покрытия способны защищать материалы от прогрессивного размножения микроорганизмов и иметь способность самоочищаться от всевозможных оседающих на поверхности загрязнителей, что в настоящее время также является очень актуальным критерием.

Цель: проверка фотокаталитических свойств покрытий Ti-TiO₂, нанесённых методом высокоскоростного газотермического детонационного напыления на (экспериментальные) образцы бетона и стали-3.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи:**

1. Анализ литературы по теме исследования;
2. Получение экспериментальных образцов покрытий Ti-TiO₂ на бетоне и стали-3 в БГТУ имени В. Г. Шухова.;
3. Проведение эксперимента по выявлению фотокаталитической активности покрытий Ti-TiO₂;

4. Анализ полученных результатов – подведение итогов;
5. Прогноз дальнейшие использования фотокаталитических свойств покрытий Ti-TiO₂.

Характеристика объекта исследования:

1) Фотокаталитическая активность

Фотокаталитическая активность — это количество вещества, формирующегося или исчезающего в результате фотокаталитического процесса, отнесённое к числу абсорбированных фотокатализатором фотонов света одной длины волны или диапазона длин волн. Величина фотокаталитической активности является главной характеристикой вещества как фотокатализатора.[]

2) Материалы, обладающие фотокаталитической активностью

Антимикробные фотокаталитические наноматериалы, имеющие в своем составе полупроводниковые оксиды металлов, широко используются во многих сферах с целью, защитить производимый продукт от воздействия биодеструкторов, путем разложения их разложения. В ходе многочисленных исследований, в качестве наиболее эффективных полупроводников были выявлены оксид цинка и диоксид титана (анатаз), так как они имеют высокую химическую и термическую стабильность, проявляют высокие антимикробные свойства, за относительно низкую стоимость. К примеру, механизм работы оксида цинка, заключается в том, что клеточная мембрана разрушается из-за образования активных форм кислорода путем фотокатализа и появления ионов цинка[5]. Графическое изображение фотокаталитических свойств диоксида титана представлены в [приложении 1].

3) Характеристика материала

Диоксид титана TiO₂ - полиморфный оксид, в природе встречается в трех минералогических видах, отличающихся один от другого кристаллическими формами: рутил, анатаз и брукит. Брукит - неустойчивый минерал и практически не используется. Рутил и анатаз имеют тетрагональную

кристаллическую решетку в отличие от других оксидов титана.

Термодинамически стабильной при комнатной температуре и атмосферном давлении является фаза рутила. Брукит и анатаз метастабильны при нормальных условиях, но трансформируются в рутил только при нагревании выше 400°C. Все три модификации встречаются в природе в виде минералов [3]. Согласно литературным данным [4], метастабильные фазы анатаза и брукита могут быть стабилизированы благодаря вкладу энергии поверхности. Из всех трех модификаций только анатаз обладает фотокаталитическими свойствами.

Методы учёта, нанесения покрытия и анализ полученных данных

1) Нанесение покрытия

Для нанесения материала покрытия применялась технология высокоскоростного газодинамического формирования покрытий с использованием многокамерного детонационного ускорителя (МКДУ) [Приложение 2].

Технологический процесс многокамерного детонационного нанесения покрытий состоит из следующих операций: подготовка поверхности деталей перед нанесением покрытий; подготовка порошка; нанесение покрытий; контроль качества покрытий.

2) Определение фотокаталитической активности поверхности

Фотокаталитическая активность поверхности определялась по методу разложения органического красителя (родамина Б) согласно итальянскому стандарту UNI 11259.

Изучение степени деградации органического загрязнителя с поверхности композиционного материала проводили колориметрическим методом с помощью координаты a^* системы CIE LAB. Показатель L^* - описывает яркость от чёрного к белому, a^* - отражает значение между красным и зелёным, b^* - между синим и жёлтым.

Оценка степени разложения родамина Б основывается на сравнении

цветового параметра a^* до и после воздействия ультрафиолетового излучения на поверхность испытуемого образца в течении 4 и 26 ч. Эффективность удаления красителя рассчитываются по уравнениям:

$$R_4(\%) = \frac{a_0 - a_4}{a_0} \times 100\%$$

$$R_{26}(\%) = \frac{a_0 - a_{26}}{a_0} \times 100\%$$

где R_4 и R_{26} — степень обесцвечивания красителя через 4 и 26 ч воздействия УФ-облучения соответственно; $a^*(0h)$, $a^*(4h)$, $a^*(26h)$ – цветовой параметр поверхности красителя перед облучением (0h) и после облучения УФ-светом в течении 4 ч и 26 ч соответственно.

При выполнении условий $R_4 > 20\%$ и $R_{26} > 50\%$ исследуемый материал является фотокаталитическим.

3) Проведение эксперимента:

Приборы и оборудование:

1. Экспериментальные образцы покрытий бетона и стали-3 размерами 50×25 мм;
2. Родамин Б с концентрацией $4 \cdot 10^{-4}$ моль/л;
3. Пипетка;
4. Ультрафиолетовая лампа с мощностью $(2,50 \pm 0,25)$ мВт/м²;
5. Таймер;
6. Градусник.

Методика проведения эксперимента:

На исследуемые поверхности бетона и стали-3 размерами 50x25 мм [Приложение 3,6] нанесли 1 мл водного раствора родамин Б в концентрации $4 \cdot 10^{-4}$ моль/л. [Приложение 7]. Образцы выдерживались в темноте в течение 30 мин при температуре 20 ± 1 °С при относительной влажности воздуха 60 ± 10 % [Приложение 4]. Затем помещались под УФ лампу с освещенностью ультрафиолетового излучения $(2,50 \pm 0,25)$ мВт/м² [Приложение 9].

Результаты:

Материал	Координата a₀	Координата a₄	Обесцвечивание R₄
сталь-3	18,32	0,3	98
бетон	16,96	0,56	97

* бетон обесцветился через 1 час.

Итог эксперимента: Фотокаталитическая активность после 4 часов облучения составляет 98 % и 97 % по родамин-тесту.[Приложение 5,8]

4) Основные направления применения покрытий

Самоочищающиеся покрытия могут быть применены:

- в помещениях с повышенными требованиями к санитарным условиям и необходимостью дезинфекции бытовых поверхностей (медицинских, бытовых общественных);
- для защиты подводной части судов и буровых платформ от обрастания водорослями и моллюсками;
- для защиты механизмов гидросооружений, механизмов очистных сооружений, объектов портовой инфраструктуры до отделки строительных бетонных конструкций и строительных отделочных материалов.

Выводы:

1. Исследуемые материалы являются высоко фотокаталитическими, так как фотокаталитическая активность после 4 часов облучения составила 98 % и 97 % по родамин-тесту, что доказывает достаточное содержание анатаза в покрытии Ti-TiO₂.
2. Данные материалы найдут широкое применение в различных сферах деятельности человека.
3. Результаты проведенного эксперимента подтвердили поставленную гипотезу.

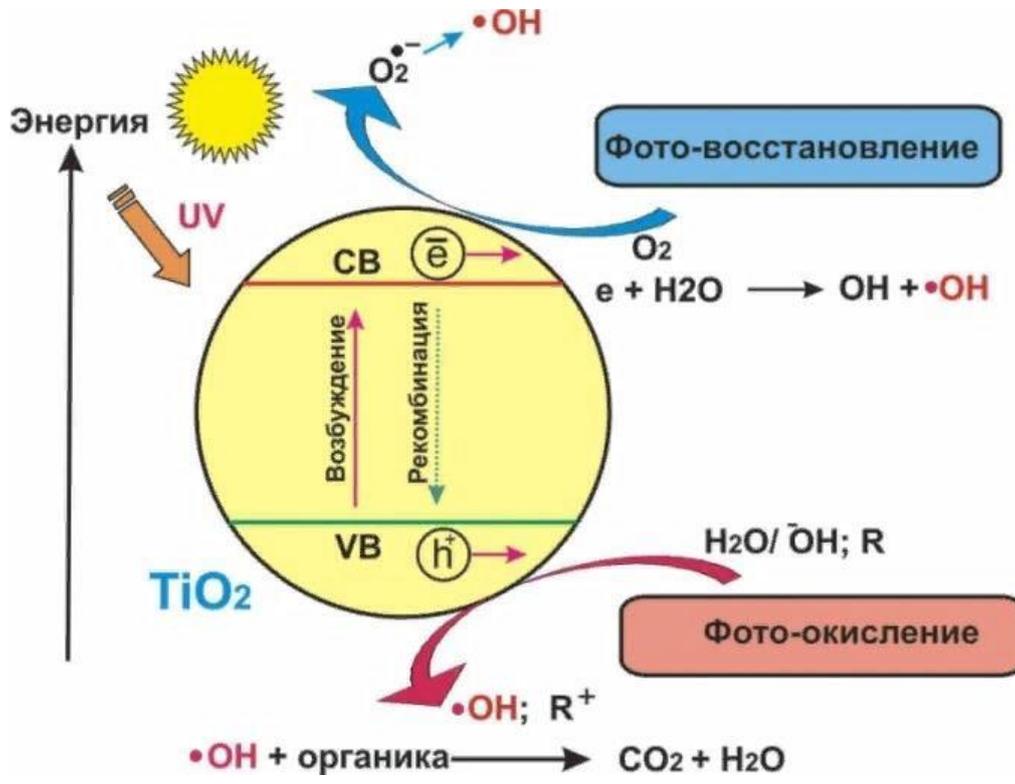
Библиографический список:

1. A new hybrid silicone-based antifouling coating with nanocomposite hydrogel for durable antifouling properties//Shu Tiana,b, Daoyi Jiangb, Jibin Pub,

- Xiaofeng Sunc, Zhanming Lic, // Chemical Engineering Journal.
2. Antifouling Materials // DJ Howell and SM Evans, Newcastle University, Newcastle // Elsevier Ltd. 2009
 3.) Zhang Hengzhong, F. Banfield Jillian. Thermodynamic analysis of phase stability of nanocrystalline titania // J. Mater. Chem. — 1998. — Vol. 8. — Pp. 2073–2076.
 4. Phase-pure TiO₂ nanoparticles: anatase, brookite and rutile / D Reyes-Coronado, G RodríguezGattorno, M E Espinosa-Pesqueira et al. // Nanotechnology. — 2008. — Vol. 19, no. 14. — P. 145605.
 5. Atacan, K. Recent advances in photocatalytic coatings for antimicrobial surfaces / K. Atacan, N. Güy, M. Özacar // Current Opinion in Chemical Engineering. 2022. Vol. 36. 100777/)
 6. Biocorrosion of concrete catch basins and pillars in old mining loads / A. Luptakova, V. Harbulakova, N. Stevulova et al. // Journal of Biotechnology. 2010. Vol. 150, Supplement. Pp. 253–254.
 7. Оценка фитотоксичности композитов с биоцидными компонентами / В.В. Строкова, В.В. Нелюбова, М.Д. Рыкунова и др. // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. № 4(16). С. 22–30.

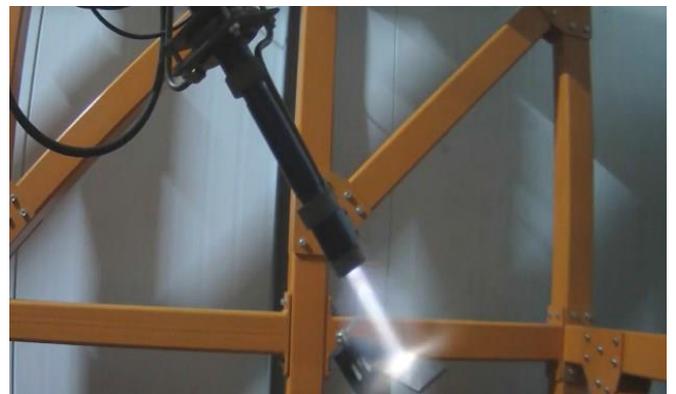
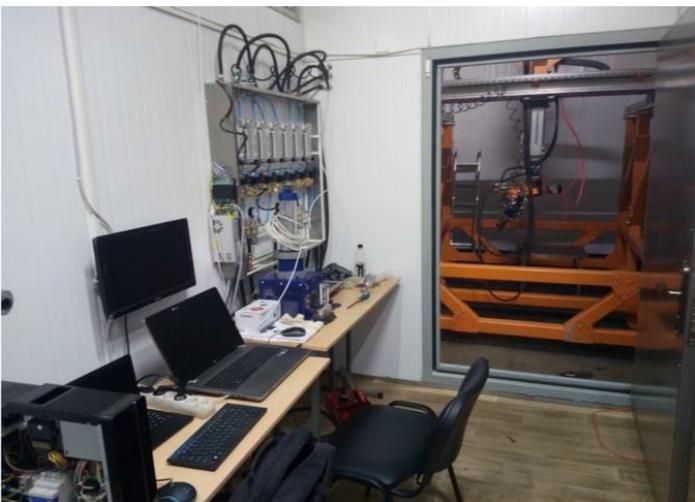
Приложение:

Приложение 1

Работа фотокатализатора TiO_2 

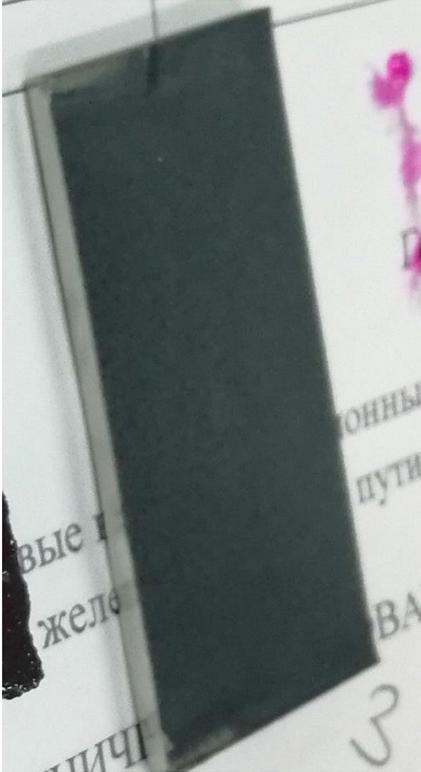
Приложение 2

Роботизированный комплекс детонационного нанесения покрытий



Приложение 3

Образец покрытие Ti-TiO₂ на стали до нанесения родамина Б

*Приложение 4*

Образец покрытие Ti-TiO₂ на стали после нанесения и высыхания
родамина Б

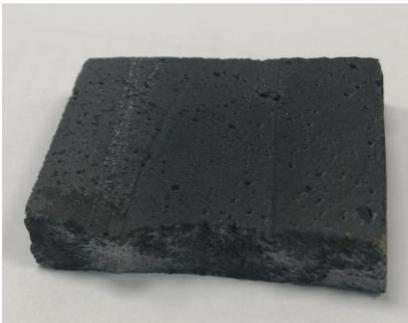


Приложение 5

Образец покрытие Ti-TiO₂ на стали после воздействия ультрафиолетового облучения в течении 4-х часов.

*Приложение 6*

Образец покрытие Ti-TiO₂ на бетоне до нанесения родамина Б



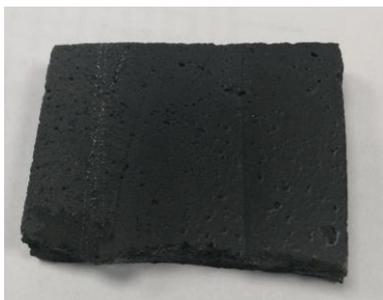
Приложение 7

Нанесение красителя родамин Б на образец покрытие Ti-TiO₂ на бетоне.



Приложение 8

Образец покрытие Ti-TiO₂ на бетоне после воздействия ультрафиолетового облучения в течении 4-х часов.



Приложение 9

Ультрафиолетовые лампы

