

Исходя из вышепоставленных задач предлагается создать эффективную, востребованную, многофункциональную машину для строительства и эксплуатации местных автомобильных дорог. Для этого можно использовать широко внедренную в строительный комплекс погрузочно-транспортную машину МТПЛ-5-11 с трактором МТЗ 892, наиболее распространенным в Республике Беларусь, в конструкции которой будут задействованы растражированные в различных отраслях народного хозяйства узлы.

По прямому назначению МТПЛ-5-11 не используется на 100%, поэтому часть времени ее можно применять при строительстве, реконструкции и обслуживании внутрихозяйственных дорог. Для этого на эту машину целесообразно установить систему «мультилифт», которая обеспечит погрузку/разгрузку, транспортирование быстросъемного технического оборудования различного функционального назначения.

Оборудование, которое предлагается использовать при строительстве и эксплуатации местных автомобильных дорог: кузов с возможностью самосвальной разгрузки, оборудование для распределения щебня, распределитель противогололедных материалов, поливомоечное оборудование.

Наличие в организации нескольких мультилифтов на полуприцепе позволяет решить и проблему внезапных поломок автомобилей. Если на пескоразбрасывателе заклинит двигатель, дорога останется скользкой, а если сломается один трактор, то благодаря универсальному полуприцепу с системой «мультилифт» сможет работать другой.

УДК 621.793.12 + 616.77

#### НАНОРАЗМЕРНЫЕ БИОСОВМЕСТИМЫЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ И ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ, ОСАЖДАЕМЫЕ ВАКУУМНО-ПЛАЗМЕННЫМИ МЕТОДАМИ

Дворак А.М.<sup>1</sup>, Бруцкая А.О.<sup>2</sup>, Бездников М.С.<sup>2</sup>, Рязанов И.В.<sup>1</sup>, Казаченко В.П.<sup>1</sup>, Kai Li<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

<sup>3</sup>Шанхайский институт керамики Китайской академии наук

**Abstract.** *The present report is dedicated to the study of nanosized coatings based on diamond-like carbon with copper (DLC-Cu) antibacterial agent and titanium oxynitride coatings. The coatings were deposited from the products of vacuum pulsed cathodic-arc discharge with a central cathode made of graphite and copper and separated flow of constant-current cathodic-arc discharge with titanium cathode in the atmosphere of nitrogen and oxygen mixture, respectively. The coatings were deposited onto samples of titanium and stainless steel used in the production of orthopedic implants. The DLC-Cu coatings showed both improved biocompatibility to human cells (HUVEC) and significant bactericidal activity against E. coli strain and, thus, are perspective for improving titanium implants union rates and decreasing the chances of implant surface bacterial colonization. Nanosize bioactive coatings on the base of titanium oxynitride deposited onto stainless steel possess protective properties.*

Колонизация поверхностей медицинских имплантатов в организме пациентов бактериями и грибами может приводить к осложнениям, зачастую требующим повторных хирургических вмешательств с удалением имплантата. Применение покрытий из химически сшитых антибиотиков или биоинертных покрытий, наполненных антибиотиками, ограничивается постоянно развивающейся резистентностью бактерий к применяемым антибиотикам, появлением мультирезистентных микроорганизмов, устойчивых одновременно к нескольким препаратам. Использование неорганических антибактериальных агентов исключает данный недостаток антибиотиков. Антибактериальное действие металлов связано с растворением в окружающей биологической

среде катионов металлов, являющихся биохимически активными агентами, нарушающими работу клеток [1-2].

Однако биохимическое действие катионов металлов приводит не только к бактерицидности покрытия, но и к его цитотоксичности в целом, что потенциально может приводить, например, к замедлению остеогенеза при эндопротезировании суставов, а также общей токсичности для организма пациента [3]. Так, например, металлоз после остеосинтеза металлическими фиксаторами из нержавеющей стали достигает 25-52,2%, а точечная и щелевая коррозия имплантатов составляет 18-21% [4].

Целью данной работы являлось исследование наноразмерных покрытий на основе алмазоподобного углерода (АПУ) допированного медью в качестве антибактериального агента и биоактивных покрытий оксинитрида титана в качестве защитных слоев. АПУ характеризуются высокой биосовместимостью и прочностными характеристиками, обладают антифрикционными и противоизносными свойствами при трении в условиях, приближенных к реальным суставам [5, 6]. Медь, объемно распределенная в матрице АПУ, позволила реализовать механизм локального дозированного выделения ионов меди в биологическую среду.

Покрытия АПУ-Cu осаждали в вакууме из продуктов импульсного катодно-дугового разряда с центральным катодом, выполненным из графита и меди, а покрытия из оксинитрида титана из сепарированного потока катодно-дугового разряда постоянного тока с титановым катодом в среде смеси азота и кислорода. В качестве подложек использовали образцы, изготовленные из титана и нержавеющей стали. Эти материалы применяются в качестве материалов для изготовления эндопротезов.

Титановые образцы с покрытием АПУ-Cu исследовали на антибактериальную активность с использованием штаммов кишечной палочки (*E. coli*). Испытания показали почти 25-кратное уменьшение площади поверхности, колонизируемой бактериями, по сравнению с исходным титаном. Анализ скорости заживления ран, проведенный с использованием эндотелиальных клеток человеческой пупочной вены (HUVES) показал, что царапина в монослое HUVES на поверхности покрытия АПУ-Cu зарастает в 3,5 раза быстрее, чем на поверхности исходного титана.

Образцы из нержавеющей стали с покрытием оксинитрида титана подвергали коррозионным испытаниям потенциодинамическим методом в ячейке термостатируемой при  $(37,0 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ . В качестве электролита использовали искусственную плазму крови. Нанесение покрытия значительно улучшило антикоррозионные свойства нержавеющей стали. Происходил сдвиг поляризационных кривых в сторону увеличения анодного потенциала. Потенциал начала питтингообразования стальной основы увеличился на 100 мВ. После развития питтинговой электрохимической коррозии, в диапазоне изменения анодного потенциала, в котором было возможно провести сравнение образцов без покрытия и с покрытием, последние имели существенно меньшее значение плотности тока и, следовательно, меньшую скорость коррозии.

Таким образом, вакуумно-плазменные покрытия на основе биосовместимой матрицы АПУ с металлическим бактерицидным агентом позволили добиться как антибактериального действия, так и улучшенной биосовместимости с человеческими клетками, а биоактивные покрытия на основе оксинитрида титана уменьшили коррозию нержавеющей стали в искусственной плазме крови. Работа выполнена при поддержке БРФФИ, проект № Т19КИТГ-014.

#### **Список использованных источников**

1. Grass, G. Metallic copper as an antimicrobial surface / G. Grass, C. Rensing, M. Solioz // *Appl Environ Microbiol.* – 2011. – Vol. 77. – P. 1541-1547.
2. Chernousova, S. Silver as antibacterial agent: ion, nanoparticle, and metal / S. Chernousova, M. Epple // *Angew Chem Int Ed Engl.* – 2013. – Vol. 52. – P. 1636-1653.

3. Romano, C.L. Antibacterial coating of implants in orthopaedics and trauma: a classification proposal in an evolving panorama / C.L. Romano, S. Scarponi, E. Gallazzi, D. Romano, L. Drago // Journal of Orthopaedic Surgery and Research. – 2015. – Vol. 10. – P. 157.

4. Расторгуев, Д.Е. Профилактика осложнений при лечении переломов методом накостного остеосинтеза с применением фибрин-коллагенового покрытия: автореф. дис. ... к-та мед. наук: 14.01.15 / Д.Е. Расторгуев; Российский университет дружбы народов. – Москва, 2015. – 25 с.

5. Thompson, L.A. Biocompatibility of diamond-like carbon coating / L.A. Thomson, F.C. Law, N. Rushton, J. Franks // Biomaterials. – 1991. – Vol. 12. – P. 37-40.

6. Thorwarth, G. Tribological behavior of DLC-coated articulating joint implants / G. Thorwarth, et al. // Acta Biomaterialia. – 2010. – Vol. 6. – P. 2335–2341.

УДК 622.235

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРОХОДЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Евстратиков Д.В., Семененко А.А., Басалай И.А., Басалай Г.А.*

*Белорусский национальный технический университет*

**Abstract.** *The article presents the results of the analysis of the tunneling complex operation in difficult mining conditions. The methods and equipment for preparing drilling fluid and improving the efficiency of rock cutting by the rotor of the tunnel shield are given.*

Технология прокладки микротоннелей бестраншейным методом на тоннелепроходческом щите зависит от ряда факторов. Одним из главных факторов является геологические свойства грунта, в которых будет идти проходка. Особо сложными являются песчаные грунты, пlyingуны, из-за большой вероятности перебора грунта ротором.

В результате исследований, проведённых практическим методом, было установлено, что путём добавления бентонитового раствора в состав воды для выноса разрушаемой и выносимой породы, получается укрепить грунт «связать» на уровне забоя, тем самым, получив возможность ведения проходки на более высоких скоростях и снизив риск перебора грунта.

Изучив свойства бентонитового раствора, используемого для снижения сил трения при проходке, в результате разработки экологически чистого раствора на основе сапропеля, сделан вывод о внедрении раствора на основе сапропеля для укрепления забоя.

Разработана технология для смешивания сапропеля и воды, для получения однородного состава при помощи устройства в виде инжектора, представленного на рисунке 1.



Рисунок 1 – устройство для смешивания раствора (пенообразователь)