УДК 61-001.47:[615.849.19+546.55]-07-08:[001.83:620.3:378.4](091)(092)(476.6)

doi:10.25298/2221-8785-2025-23-4-392-396

СОТРУДНИЧЕСТВО НАУЧНЫХ ШКОЛ ГРОДНЕНСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ: ОТ ЛАЗЕРОВ ДО НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ

С. М. Смотрин[1], С. С. Ануфрик[2], Р. И. Довнар[1]

[1]Гродненский государственный медицинский университет, Гродно, Беларусь

[2]Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно, Беларусь

Введение. В XXI веке наука развивается настолько быстро, что требует от ученого не только интенсивного труда, но и развития новых форм кооперации. Одним из вариантов является междисциплинарное взаимодействие, основанное на преемственности руководства научных школ университетов и постоянное стремление к развитию взаимовыгодного сотрудничества.

Цель работы. Показать эффективность междисциплинарных исследований научных школ гродненских университетов.

Материал и методы. Выполнен анализ эффективности сотрудничества научной школы Гродненского государственного медицинского университета «Инновационные технологии в лечении ран и хирургических инфекций» и научной школы Гродненского государственного университета им. Я. Купалы «Лазерная физика и когерентная оптика» с 1979 по 2025 год.

Результаты. Анализ сотрудничества научных школ гродненских университетов за 45-летний период показал, что междисциплинарное взаимодействие позволяет исследователям не только публиковать тезисы, материалы конференций, статьи в отечественных и зарубежных журналах, выполнять совместные гранты, защищать диссертации на соискание ученых степеней кандидатов и докторов наук, но и предлагать для практического применения новые методы лечения, защищенные патентами на изобретения, полученными инструкциями на применение Министерства здравоохранения Республики Беларусь. В совокупности это способствует существенному развитию белорусской науки и практики.

Выводы. Долговременное сотрудничество научных школ является эффективным инструментом развития науки, особенно при междисциплинарных исследованиях. Оно особенно эффективно на современном этапе при разработке новых методов профилактики и лечения раневой инфекции с новым подходом к применению лазерных технологий и созданию раневых покрытий с наночастицами металлов.

Ключевые слова: *университеты, изобретения, междисциплинарные исследования, раневая инфекция, наночастицы металлов*

Для цитирования: *Смотрин, С. М. Сотрудничество научных школ гродненских университетов: от лазеров до наночастиц металлов / С. М. Смотрин, С. С. Ануфрик, Р. И. Довнар // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2025. Т. 23, № 4. С. 392-396. https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-4-392-396*

Введение

Развитие науки и подготовка научных кадров были и остаются главной задачей на сегодня действующих в нашей стране научных школ. Научно-образовательная школа, в том числе и в медицине, является неотъемлемым компонентом науки как деятельности, поскольку эта деятельность предполагает «производство» не только идей, но и людей, без которых невозможно сохранение традиций, передача «эстафеты знаний», а тем самым и существование науки в качестве социально-исторической системы [1]. В последние годы, в связи с актуальностью проблемы качества научных исследований, особое внимание необходимо уделять научному сотрудничеству научных школ медицинского направления и научных школ физико-математического направления.

Цель работы – показать эффективность сотрудничества в области междисциплинарных исследований научных школ гродненских университетов.

Материал и методы

В связи с вышеизложенным был проведен анализ эффективности сотрудничества научной школы «Инновационные технологии в лечении ран и хирургических инфекций» Гродненского государственного медицинского университета (ГрГМУ) и научной школы «Лазерная физика и когерентная оптика» Гродненского государственного университета им. Я. Купалы (ГрГУ им. Я. Купалы), начиная с 1979 года. Основанием для длительного непрерывного плодотворного сотрудничества являются новые задачи, постоянно возникающие при лечении и профилактике раневой инфекции, решение которых без междисциплинарного сотрудничества специалистов в области медицины, математики и физики решить сложно. Авторы сочли необходимым поделиться результатами сотрудничества научных школ гродненских университетов на протяжении 45 лет.

Результаты и обсуждение

Научное сотрудничество кафедры факультетской хирургии Гродненского государственного медицинского института и кафедры физики ГрГУ им. Я. Купалы началось с 1979 года.

Заведующий кафедрой факультетской хирургии профессор Стефан Иванович Юпатов (основатель научной школы) (рис. 1) совместно с деканом физического факультета Славомиром Степановичем Ануфриком (рис. 2), обсудив перспективы применения низкоинтенсивного лазер-

Рисунок 1 – Юпатов Стефан Иванович
Figure 1 – Yupatov Stefan Ivanovich

Рисунок 2 – Ануфрик Славомир Степанович
Figure 2 – Anufrick Slavamir Stepanovich

Рисунок 3 – Смотрин Сергей Михайлович
Figure 3 – Smotryn Siarhei Mikhailovich

ного излучения (НИЛИ) в экспериментальной и клинической медицине, начали проводить исследования с газовыми лазерами ЛГ-75 и ЛГИ-21 на кафедре факультетской хирургии.

На тот период времени в БССР параллельно независимо друг от друга возникли два центра по применению лазерных технологий:

- Первый центр в г. Минске (Минский медицинский институт и Институт физики им. Б. И. Степанова). В состав научной группы входили кандидат физико-математических наук В. А. Мостовников; д-р мед. наук, профессор А. С. Крюк и Н. С. Сердюченко. Основным направлением исследований явилось применение низкоинтенсивного гелий-неонового лазерного излучения в травматологии.
- Второй центр в г. Гродно (Гродненский государственный медицинский институт, ГрГУ им. Я. Купалы). В состав научной группы входили кандидат физико-математических наук С. С. Ануфрик; д-р мед. наук, профессор С. И. Юпатов и С. М. Смотрин. Основным направлением исследований явилось применение НИЛИ в ультрафиолетовой и красной области спектра в лечении трофических язв нижних конечностей на почве хронической венозной недостаточности.

Это были первые шаги по изучению применения лазерных технологий в медицинской практике в БССР. Проведенные экспериментальные исследования позволили разработать методику лечения трофических язв нижних конечностей, результаты которой легли в основу двух успешно защищенных кандидатских диссертаций. Однако научный поиск свидетельствовал, что расширение горизонтов клинического применения НИЛИ для лечения ран требует использования новых источников лазерного излучения в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра. Кафедра начала тесно сотрудничать с Московским высшим техническим училищем им. Н. Э. Баумана, Калужским радиоламповым заводом, кафедрой хирургии Московского стоматологического института. В результате проведенных исследований были установлены коэффициенты отражения и пропускания перевязочных материалов, кожного покрова человека, глубина проникновения ИК излучения в биологические ткани и математически определены временные параметры сеансов лазерной терапии для получения противовоспалительного и биостимулирующего эффектов [2]. По результатам проведенных исследований была защищена докторская диссертация С. М. Смотриным, а лазерный терапевтический аппарат «Узор», в клинической апробации которого он участвовал, был удостоен золотой медали Выставки достижений народного хозяйства СССР. После профессора С. И. Юпатова научная школа продолжала развиваться под руководством профессора С. М. Смотрина (рис. 3).

Конец первого десятилетия XXI века ознаменовался повышенным интересом ученых во всем мире к наночастицам. Связано это было с уникальными свойствами последних, нередко непредсказуемых заранее, которыми материалы в цельном состоянии могут и не обладать. Объяснялось это значительно большей удельной площадью поверхности наночастиц в сравнении с единым куском вещества. В связи с этим в ГрГМУ и ГрГУ им. Я. Купалы с 2009 года начинается совместное научное сотрудничество по изучению использования наночастиц металлов в медицине. Наночастицы металлов синтезировались металло-паровым способом в лаборатории Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова кандидатом химических наук А. Ю. Васильковым. Проводилось всестороннее изучение физико-химических, антибактериальных, противогрибковых, биологических свойств данных частиц. В ходе проведенной работы было выявлено антибактериальное действие наночастиц серебра и золота, нанесенных на бинт медицинский марлевый. С использованием лазерного оборудования, консультатив-

ной и методической помощью коллег научной школы ГрГУ им. Я. Купалы было установлено, что лазерное излучение длиной волны, близкой к частоте локального плазмонного резонанса наночастиц данных металлов, повышает их антибактериальные свойства при воздействии через 4 часа после помещения на среду с бактериями. При этом экспериментально доказано, что воздействие лазерным излучением иной длины волны или воздействие в более ранние промежутки времени не изменяет антибактериальные свойства изучаемых наночастиц металлов. В результате совместной плодотворной работы с 2009 до конца 2012 года была защищена кандидатская диссертация на тему «Обоснование применения нанокомпозитных перевязочных материалов для лечения ран мягких тканей», написано девять статей в научных журналах, в том числе одна в зарубежном издании, получено четыре патента на полезную модель, подано две заявки на патенты на изобретение.

Современная наука, особенно при изучении фундаментальных вопросов, затратна. Она требует от исследователя не только разработки гипотез и выполнения исследований, но и поиска путей финансирования проектов. Необходимо убедить научную общественность, что направление научных исследований действительно стоящее и будет актуальным и востребованным. Среди возможных путей финансирования существенное место занимают различные научные гранты, а также государственные программы научных исследований. Учитывая вышеизложенное, последующие несколько лет совместной работы были посвящены не только дальнейшему развитию научного сотрудничества, но и поиску вариантов финансирования совместной научно-исследовательской работы. Полученные к тому времени научные данные были обобщены и изданы в форме монографии «Нанокомпозитные перевязочные материалы для лечения ран мягких тканей: обоснование применения» [3], а также ряда статей, в том числе в иностранных научных изданиях, часть из которых имеет высокий индекс цитирования к настоящему времени [4]. Начиная с 2021 года, совместная научная работа двух научных школ выполняется в рамках научно-исследовательской работы «Антибактериальные и ранозаживляющие свойства наночастиц металлов при индивидуальном и сочетанном воздействии лазерным излучением» № госрегистрации 20212452 от 15.06.2021 в рамках подпрограммы «Фотоника и ее применения» Государственной программы научных исследований «Фотоника и электроника для инноваций» на 2021–2025 годы, в рамках задания 1.6 «Разработка методов и средств для тераностики с использованием излучения лазерных и светодиодных источников и оптических технологий для применения в биомедицине и агроиндустрии».

События последних лет, в частности осуществляемая санкционная политика рядом европейских и североамериканских государств показала, что для снижения зависимости необходимо стремиться разрабатывать белорусские инновации. В результате на базе ГрГУ им. Я. Купалы был разработан, аппробирован и стал применяться метод лазерной абляции в жидкости для синтеза изучаемых наночастиц металлов на установке, схема которой и внешний вид лазера изображены на рисунке 4.

Согласно рисунку 4, излучение твердотельного лазера LS-2147 на основе алюмо-иттриевого граната, легированного ионами неодима (Nd^{3+}), направляется на поворотную призму и далее, отражаясь от зеркала (коэффициент отражения R≈100%), фокусируется длиннофокусной линзой в кварцевую кювету с дистиллированной водой, в которой находится металлическая мишень. В качестве последней использовался слиток соответствующего металла. Степень чистоты проверялась на рентгенофлуоресцентном анализаторе ElvaX. Параметры лазерного излучения: энергия генерации в импульсе, диаметр сфокусированного лазерного пучка, плотность мощности в лазерном пятне подбирались экспериментально в зависимости от используемого металла и необходимых размерных параметров наночастиц. Лазерная абляция мишени в жидкости (дистиллированная вода) проводилась при частоте следования импульсов 10 Гц в течение 15–20 минут. На рисунке 5 представлены рабочие образцы синтезированных наночастиц металлов в жидкости.

На рисунке 5 слева направо представлены наночастицы никеля, алюминия, серебра, селена и золота. Как видно на рисунке, взвеси наночастиц имеют различный цвет, что связано с особенностями прохождения через них световых волн, так как размеры синтезированных наночастиц существенно ниже длины волны света.

В 2020 году, основываясь на объеме выполненных исследований, было запланировано и начато выполнение диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук по теме «Современные комбинированные нанокомпозитные перевязочные материалы: разработка и обоснование применения в хирургии»; тема и выполняемые исследования были утверждены в Министерстве здравоохранения Республики Беларусь. В ходе выполненных научно-исследовательских работ были детально изучены количественные характеристики антибактериального действия наночастиц ряда металлов, в частности меди, цинка, алюминия, никеля, серебра, золота, селена [5]. Следует отметить то, что противомикробный эффект выявлялся на патогенных, клинических, полиантибиотикорезистентных штаммах, иными словами – тех бактериях, на которые не действуют антибиотики, что было новым не только в Беларуси, но и в мире, где традиционно работают со стандартными (музейными) штаммами. Было изучено более детально и подробно влияние лазерного излучения на антибактериальные свойства наночастиц металлов, а также исследовано заживление различных типов ран у лабораторных животных под воздействием раневых покрытий с данными наночастицами.

В результате плодотворной работы в 2020–2024 годах были изданы совмест-

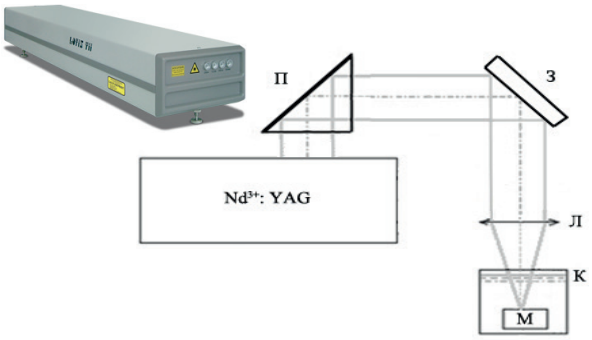

Рисунок 4 – Схема экспериментальной установки, используемой для получения наночастиц (на врезке слева внешний вид лазера)

ЛАЗЕР – Nd3+:YAG лазер Lotis LS-2147; П – поворотная призма; З – инфракрасное зеркало; Л – фокусирующая линза (f=614 мм); К – кварцевая кювета с жидкостью; М – облучаемая мишень.

Figure 4 – Schematic of the experimental plant used to obtain nanoparticles (the inset on the left shows the appearance of the laser)

Рисунок 5 – Синтезированные взвеси наночастиц металлов в жидкости

Figure 5 – Synthesized suspensions of metal nanoparticles in liquid

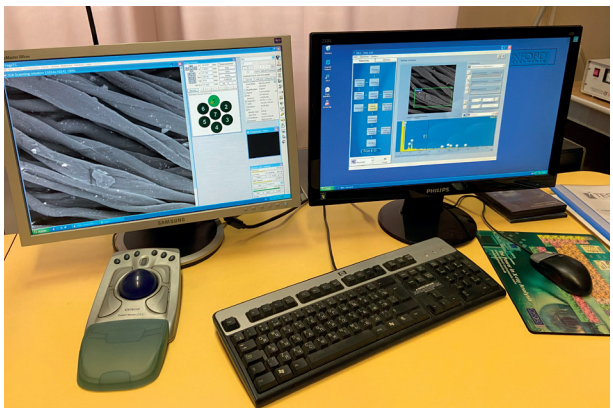

Рисунок 6 – Изучение структуры нанокомпозитного раневого покрытия с помощью растрового электронного микроскопа VEGA II LSH

Figure 6 – Studying the structure of a nanocomposite wound covering using a scanning electron microscope VEGA II LSH

ные статьи в таких известных журналах, как Доклады Национальной академии наук Беларуси, Известия Национальной академии наук Беларуси (серия медицинских наук), других журналах Республики Беларусь, в том числе рецензируемых в Scopus. Всего за данный промежуток времени издано 13 статей в рецензируемых научных журналах, в том числе на английском языке, сделано 19 докладов на конференциях различного уровня.

В настоящее время одним из требований к ученым является продвижение полученных научных результатов в практику. В связи с этим доцентом Р. И. Довнаром был подготовлен и представлен инновационный проект «Нанокомпозитные раневые покрытия для пациентов мирного и военного времени», который на Республиканском конкурсе инновационных проектов 2024 года Министерством здравоохранения Республики Беларусь признан лучшим инновационным проектом в сфере здравоохранения.

Весь период сотрудничества научных школ сопровождался тесными контактами с учеными Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана, Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, института химической биологии и фундаментальной медицины Новосибирского государственного университета, института физики им. Б. И. Степанова Национальной академии наук (НАН) Беларуси, института механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси и кафедры хирургии Московского государственного стоматологического института. В качестве примера на рисунке 6 отражен фрагмент работы по изучению структуры нанокомпозитного раневого покрытия на растровом электронном микроскопе в институте механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАН Беларуси.

Научные труды научной школы опубликованы в странах ближнего и дальнего зарубежья: России, Испании, Норвегии, Польши, США, Швейцарии, Японии. В рамках сотрудничества получено 57 патентов, защищено 9 кандидатских и 1 докторская диссертация. Готовится к защите одна кандидатская и одна докторская диссертация. Все это свидетельствует о высокой результативности совместных научных исследований.

Выводы

1. Сотрудничество научных школ ГрГМУ и ГрГУ им. Я. Купалы имеет давнюю историю, сложившиеся традиции, значительные научные достижения и является взаимовыгодным как для университетов, так и для страны в целом.

2. В зависимости от достижений научно-технического прогресса, а также требований, существующих в тот или иной временной промежуток, сотрудничество научных школ видоизменялось и корректировалось, но никогда не прекращалось, что говорит и о будущих плодотворных работах.

3. Выполненные в ходе совместной научной работы исследования показали, что наночастицы металлов представляют собой уникальный класс веществ, обладающих противомикробным действием в отношении клинических полиантибиотикорезистентных бактерий, которое может быть усилено воздействием лазерным облучением длиной волны в соответствии с частотой локального плазмонного резонанса наночастиц, что указывает на их широкие возможности применения, в частности, в составе медицинских изделий для местного лечения ран.

Литература

1. Федорова, В. Г. К истории вопроса о научных школах / В. Г. Федорова, Д. В. Щербаков // Бюллетень сибирской медицины. – 2009. – Т. 8, № 4. – С. 86-92. – edn: KXTEWB.
2. Лазерная фотометрия : обзор литературы / С. С. Ануфрик, А. К. Полонский, С. М. Смотрин [и др.]. – Гродно : ГрГУ, 1991. – 31 с.
3. Довнар, Р. И. Нанокомпозитные перевязочные материалы для лечения ран мягких тканей: обоснование применения : монография / Р. И. Довнар, С. М. Смотрин. – Гродно : ГрГМУ, 2018. – 160 с. – edn: YSJGFV.
4. Plasmon resonance of silver nanoparticles as a method of increasing their antibacterial action / A. Yu. Vasilkov, A. V. Naumkin, R. I. Dovnar [et al.] // Antibiotics. – 2018. – Vol. 7, iss. 3. – P. 80-97. – doi: 10.3390/antibiotics7030080. – edn: DZWFPY.
5. Антибактериальные свойства наночастиц никеля и алюминия / Р. И. Довнар, С. М. Смотрин, С. С. Ануфрик [и др.] // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2024. – Т. 68, № 1. – С. 61-71. – doi: 10.29235/1561-8323-2024-68-1-61-71. – edn: GUKRCR.

References

1. Fyodorova GV, Scherbakov DV. For history question about scientific schools. *Bulletin of Siberian Medicine.* 2009;8(4):86-92. edn: KXTEWB. (Russian).
2. Anufrik SS, Polonskij AK, Smotryn SM Golubinskaja IN, Zharov VP, Bandazhevskij JuI. Lazernaja fotometrija. Grodno: GrGU; 1991. 31 p. (Russian).
3. Dovnar RI, Smotrin SM. Nanokompozitnye perevjazochnye materialy dlja lechenija ran mjagkih tkanej: obosnovanie primenenija. Grodno: GrGMU; 2018. 160 p. edn: YSJGFV. (Russian).
4. Vasilkov AYu, Naumkin AV, Dovnar RI, Smotryn SM, Iaskevich NN. Plasmon resonance of silver nanoparticles as a method of increasing their antibacterial action. *Antibiotics.* 2018;7(3):80-97. doi: 10.3390/antibiotics7030080. edn: DZWFPY.
5. Dovnar RI, Smotryn SM, Anufrik SS, Anuchin SN, Dovnar IS, Iaskevich NN. Antibacterial properties of nickel and aluminum nanoparticles. *Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus.* 2024;68(1):61-71. doi: 10.29235/1561-8323-2024-68-1-61-71. edn: GUKRCR. (Russian).

INTERACTION OF SCIENTIFIC SCHOOLS OF GRODNO UNIVERSITIES: FROM LASERS TO METAL NANOPARTICLES

S. M. Smotryn[1], S. S. Anufrick[2], R. I. Dovnar[1]

[1]Grodno State Medical University, Grodno, Belarus

[2]Yanka Kupala State University of Grodno, Grodno, Belarus

Background. In the 21st century, science is developing so quickly that it requires the scientist not only to work intensively, but also to develop new forms of cooperation. One of the options is interdisciplinary interaction, based on the continuity of the leadership of scientific schools of universities and the constant desire to develop mutually beneficial cooperation.

The aim of the research is to show the effectiveness of interdisciplinary research of scientific schools of Grodno universities.

Material and methods. We analyzed the effectiveness of cooperation between the scientific school of the Grodno State Medical University "Innovative technologies in the treatment of wounds and surgical infections" and the scientific school of Yanka Kupala State University of Grodno "Laser physics and coherent optics" from 1979 to 2025.

Results. The analysis of cooperation of scientific schools of Grodno universities for a 45-year period showed that interdisciplinary interaction allows researchers not only to publish abstracts, conference materials, articles in local and international journals, implement joint grants, defend dissertations for the degrees of candidates and doctors of sciences, but also to offer new methods of treatment for practical application, protected by patents for inventions and instructions for use issued by the Ministry of Health of the Republic of Belarus. Together, this contributes to the significant development of Belarusian science and practice.

Conclusions. Long-term cooperation of scientific schools is an effective tool for the development of science, especially in interdisciplinary research. It is especially effective at the present stage when developing new methods for the prevention and treatment of wound infection with a new approach to the use of laser technologies and the creation of wound coatings incorporating metal nanoparticles.

Keywords: *universities, inventions, interdisciplinary research, wound infection, metal nanoparticles.*

For citation: *Smotryn SM, Anufrick SS, Dovnar RI. Interaction of scientific schools of Grodno universities: from lasers to metal nanoparticles. Journal of the Grodno State Medical University. 2025;23(4):392-396. https://doi.org/10.25298/2221-8785-2025-23-4-392-396*

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Финансирование. Авторы не получали финансовой поддержки от компаний-производителей.
Financing. The authors received no financial support from the manufacturing companies.

Об авторах / About the authors
*Смотрин Сергей Михайлович / Smotryn Siarhei, e-mail: s.smotrin@mail.ru, ORCID: 0000-0002-3944-1124
Ануфрик Славомир Степанович / Anufrick Slavamir, ORCID: 0000-0002-5761-4965
Довнар Руслан Игоревич / Dovnar Ruslan, ORCID: 0000-0003-3462-1465
** – автор, ответственный за переписку / corresponding author*

Поступила / Received: 06.03.2025 *Принята к публикации / Accepted for publication: 26.06.2025*