

УДК 378.147.88: 54

Т. Н. ВОРОБЬЕВА,
Е. И. ВАСИЛЕВСКАЯ

**СТУДЕНЧЕСКАЯ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ
КАК ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ КАДРОВ**

Белорусский государственный университет, Минск Беларусь

Обобщен и проанализирован опыт работы студенческой научно-исследовательской лаборатории (СНИЛ) «Химия наноструктурированных систем», которая функционирует на кафедре неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета с 2005 г. Приведены примеры работ, выполненных с участием студентов и имеющих не только научное, но и прикладное значение. Показано, что участие в работе СНИЛ позволяет студентам освоить приемы, методы и методологию исследовательской работы, выработать умения адаптироваться к новым видам деятельности и соответствующим им средствам коммуникации. Обсуждается роль СНИЛ в процессе подготовки квалифицированных химиков — будущих научных сотрудников в научно-исследовательских учреждениях и преподавателей в учреждениях высшего образования.

The experience of the student research laboratory (SRL) “Chemistry of nanostructured systems”, which has been functioning at the Department of Inorganic Chemistry of the Faculty of Chemistry of the Belarusian State University since 2005, is generalized and analyzed. Examples of the work performed with the participation of students and having not only scientific but also practical significance are given. It is shown that the participation in the work of SRL allows students to master the techniques, methods and methodology of their research work, to develop the ability to adapt to new types of activity and the corresponding means of communication. The role of SRL in the process of training qualified chemists that are future researchers in the scientific institutions and teachers in higher education institutions is discussed.

Ключевые слова: химическое образование; исследовательские компетенции; студенческая научно-исследовательская лаборатория.

Keywords: chemical education; research competencies; student research laboratory.

Модернизация университетского образования на современном этапе предусматривает значительное усиление роли исследовательской компоненты в процессе обучения [1–3]. Эти тенденции находят отражение как в действующих образовательных стандартах Республики Беларусь, так и в новых стандартах высшего образования поколения 3+ [4]. При этом под исследовательскими компетенциями понимается сбалансированное сочетание способности и умений выполнять разнонаправленную исследовательскую работу с устойчивой мотивацией к самостоятельному выполнению исследований. Основным принципом формирования и развития исследовательских компетенций в классическом университете является неразрывная связь учебного процесса с научной деятельностью как в рамках любого учебного предмета, так и при решении конкретной исследовательской задачи. Традиционно большое значение при этом имеет привлечение наиболее подготовленных студентов к исследовательской внеаудиторной работе в рамках научных кружков и студенческих лабораторий.

Цель данной работы – обобщение и анализ опыта деятельности СНИЛ «Химия наноструктурированных систем», которая функционирует на кафедре неорганической химии химического факультета Белорусского государственного университета (БГУ) с 2005 г. Главная задача деятельности СНИЛ заключается в подготовке студентов к будущей профессиональной деятельности в области наукоемких технологий с учетом требований образовательных стандартов и компетентностного подхода. Ежегодно в лаборатории под руководством преподавателей кафедры неорганической химии и сотрудников Научно-исследовательского института физико-химических проблем (НИИ ФХП) БГУ работает более 20–30 студентов разных курсов, магистрантов и аспирантов. Благодаря этому сотрудничеству студенты – члены СНИЛ могут принимать участие в выполнении различных контрактов, грантов и хозяйственных договоров, заданий по государственным программам научных и прикладных исследований, а также использовать богатую приборную базу НИИ ФХП БГУ.

Студенты СНИЛ проходят школу работы на приборах, обучения приемам синтеза веществ, анализа их состава, определения разнообразных физических и химических свойств, обобщения экспериментальных данных, написания текстов тезисов и материалов докладов на конференциях, статей, иногда заявок на изобретения. Это означает, что еще в процессе обучения в университете студенты не только совершенствуют свои знания в конкретной области химии, но и овладевают умениями и навыками организации и проведения научных исследований, презентации полученных результатов при подготовке публикаций и выступлений на конференциях. Одновременно решаются реальные научные задачи: разрабатываются методы синтеза различных веществ и материалов, накапливается экспериментальная информация об их физико-химических свойствах, проводится поиск практических приложений материалов и процессов.

К примеру, результаты проведенных исследований позволили: выявить природу и закономерности процессов образования бинарных сплавов при восстановлении металлов из растворов; предложить усовершенствованные методы получения защитно-декоративных и паяемых покрытий из золота, сплавов меди или никеля с оловом; синтезировать металл-матричные композиты типа гальванический никель – триоксид молибдена в качестве дозаторов антикоррозионных агентов; разработать новые оптически активные наноструктурированные материалы на основе алюмоиттриевого граната; получить стабильные редокс-активные комплексы с производными ароматических дигидроксисоединений, перспективные для создания антимикробных средств широкого спектра действия; предложить новые методы осаждения из растворов пленок металлов на кремниевые пластины и др. Результаты указанных исследований были опубликованы в престижных зарубежных и отечественных журналах (см., например, [5–20]).

Стоит подчеркнуть высокую публикационную активность членов СНИЛ. Так, только за 2019 г. совместно с преподавателями и научными сотрудниками опубликовано 10 статей в изданиях, входящих в перечень ВАК Республики Беларусь (3 из них в зарубежных журналах), а также главы в трех зарубежных монографиях, 6 статей в сборниках материалов конференций и 5 тезисов докладов международных конференций.

Часть членов СНИЛ участвуют в выполнении заданий по грантам Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (БРФФИ), Министерства образования Республики Беларусь, БГУ, по договорам с отдельными предприятиями. Приведем несколько примеров результатов, полученных при выполнении таких работ в СНИЛ в 2019 г.

При выполнении задания государственной программы научных исследований «Механика, металлургия, диагностика в машиностроении», подпрограмма «Гальванотехника», выявлены условия процессов контактного восстановления порошками олова, меди, алюминия, цинка ионов металлов (меди(II), никеля(II), олова(II)) из растворов для получения порошков двойных и тройных сплавов металлов (Cu–Ni, Al–Cu–Ni, Ni–Zn, Zn–Ni–Sn). Найден способ варьирования соотношения металлов в порошках. Выявлен факт протекания низкотемпературного образования интерметаллических соединений (системы Zn–Ni–Sn, Ag–Sn) и твердых растворов (системы Ni–Cu). Эту работу выполняли студенты 4-го курса А. А. Замжицкий, В. А. Кепчик, А. Н. Гаджер и 3-го курса А. А. Петрова, а также магистрант М. А. Шикун, аспиранты М. Г. Галуза и А. А. Кудако (руководители – доц. О. Н. Врублевская и проф. Т. Н. Воробьева).

В рамках гранта Министерства образования Республики Беларусь «Промотирование аккумулирующих фотокатализаторов на основе наноструктурированного диоксида титана гетерополимолибдатами никеля(II) и железа(II)» изучены состав, структура наноструктурных систем TiO_2 – полимолибдаты Ni(II), Fe(II) и их фотокаталитические свойства. Работу выполняла аспирант Л. Ю. Садовская под руководством проф. Т. В. Свиридовой.

По заданию БРФФИ и Министерства образования Республики Беларусь Х18МВ-001 «Разработка ранозаживляющих мазей с антимикробной активностью на основе комплексов серебра(I) с пространственно экранированными производными ароматических дигидроксисоединений» подобраны оптимальное содержание комплексов Ag(I), состав и количество гелеобразователей, которые обеспечивают активность мази в отношении всех выбранных культур микроорганизмов, превосходящую эффект крема «Дермазин». Ответственным исполнителем проекта был магистрант С. И. Стахевич (руководитель – проф. Н. В. Логинова).

При выполнении задания БРФФИ Х19М-046 «Исследование взаимодействия молекул газов-восстановителей с поверхностью оксидных композитов “диоксид титана – триоксид молибдена” для обоснования целенаправленного синтеза высокоэффективных газочувствительных материалов» методом молекулярной динамики проведено компьютерное моделирование поверхности анатаза и триоксида молибдена, а также моделирование взаимодействия молекул газов-восстановителей с поверхностью анатаза. Исполнителями задания были студенты О. А. Федорако и Д. И. Данкевич (научный руководитель – доц. Н. Е. Боборико).

Примером выполнения хозяйственной работы с участием членов СНИЛ может быть хозяйственный договор между НИИ ФХП БГУ и ОАО «Электромодуль» (г. Молодечно). Результат этого прикладного исследования, выполненного в 2016 г., – разработка способа осаждения из растворов многослойных металлических покрытий на кремниевых пластинах. В отличие от известных данный способ позволяет без использования активации драгоценными металлами осаждать металлы на кремний и получать финишный коррозионно-стойкий слой сплава Ni–Sn, обеспечивает возможность разрезания пластин на фрагменты и пайку даже после длительного срока хранения. Работу выполняли студенты 5-го курса О. Б. Рокалова, М. Г. Галуза, А. А. Кудако, аспирант А. О. Конаков (руководители – проф. Т. Н. Воробьева и доц. О. Н. Врублевская). По результатам работы получен Евразийский патент.

Члены СНИЛ принимают активное участие в инновационной деятельности, осуществляемой кафедрой неорганической химии и лабораторией химии тонких пленок НИИ ФХП БГУ. В качестве примеров разработок, нашедших применение в промышленности, можно привести следующие (рис. 1):

- осаждение защитно-декоративных окрашенных металл-оксидных покрытий на изделия из металлов (под золото, под бронзу) в производстве фурнитуры;
- химическое осаждение тонких золотых покрытий взамен более толстых гальванических в производстве корпусов интегральных схем и печатных плат;
- осаждение черных поглощающих свет и обладающих полупроводниковыми свойствами покрытий для космических аппаратов;

- электрохимическое осаждение из растворов коррозионноустойчивых па-
яемых покрытий из сплава олово—никель в производстве диодов.

Результаты исследований членов СНИЛ находят применение и в учебном процессе. Как правило, в учебный процесс ежегодно внедряется 2–3 разработки, оформляемые актом внедрения. Например, разработка магистранта М. Г. Галуза «Исследование состава и микроструктуры порошковых сплавов олово—медь методами рентгенографии и просвечивающей электронной микроскопии» применяется в лабораторных практикумах по дисциплинам «Методы исследования твердых тел» и «Нанохимия». В этих же практикумах используется разработка аспиранта А. О. Конакова «Исследование влияния добавки наночастиц золя SnO_2 на микроструктуру, состав и коррозионные свойства электрохимически осажденных медных и цинковых покрытий». Аспирант А. С. Логвинович внедрил методическую разработку лабораторной работы «Сонохимическое получение коллоидных растворов и защитных пленок оксидов переходных элементов» в лабораторный практикум по дисциплине «Неорганическая химия». Аспирант Т. А. Соломаха разработала и внедрила для лабораторного практикума по этой же дисциплине работу «Синтез стеклокерамик на основе иодидов щелочноземельных элементов, активированных ионами Eu^{2+} ».

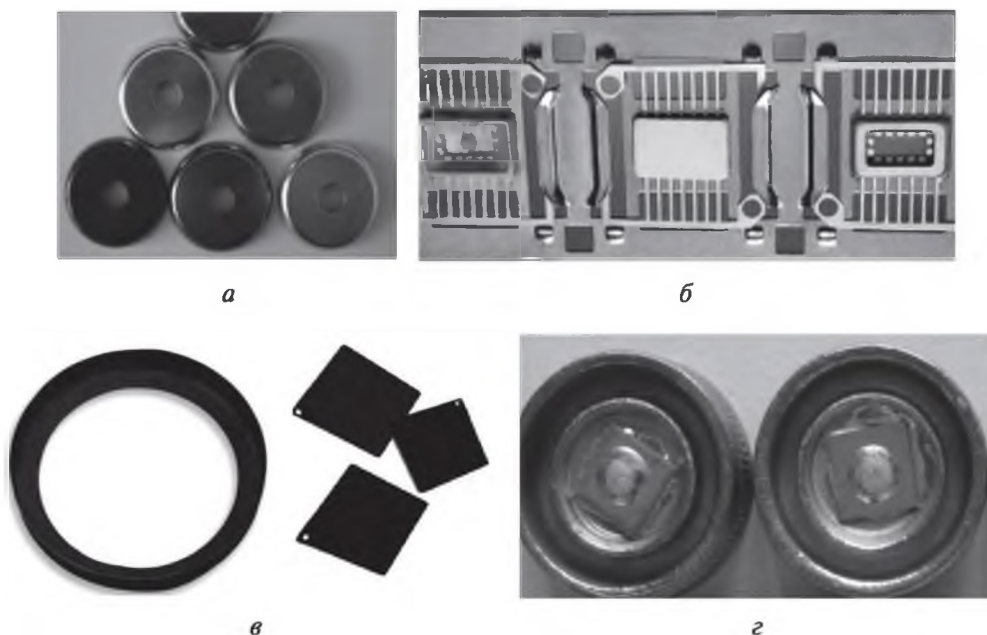


Рис. 1. Изделия, изготовленные по разработкам с участием членов СНИЛ:
а – стальная фурнитура с декоративными медь-оксидными покрытиями;
б – корпуса интегральных схем с осажденным из растворов золотым покрытием;
в – светопоглощающие покрытия на изделиях из алюминия;
г – кремниевые диоды с покрытием Ni–Sn в процессе пайки

Подобного рода внедрения очень важны для организации учебного процесса на кафедре, поскольку позволяют отражать в преподаваемых учебных дисциплинах новейшие научные достижения, приближают выполнение студентами заданий лабораторного практикума к их будущей деятельности, обеспечивают широкие возможности для реализации индивидуального подхода к обучению, делают его практико-ориентированным. Кроме того, выполнение в учебном процессе заданий по разработкам магистрантов и аспирантов выступает своего рода рекламой СНИЛ, способствует привлечению студентов к научной деятельности.

Немаловажно, что студенты СНИЛ участвуют в разнообразных конкурсах, в том числе и на получение денежных грантов. Чтобы выиграть грант или завоевать призовое место на конкурсе, необходимо иметь результаты большого объема исследований, опубликовать их, участвовать в конференциях, желательно внедрить результаты в учебный или производственный процесс, провести лабораторные испытания, составить план дальнейших исследований, способных обеспечить получение важного для науки или практики результата.

В последние годы пять членов СНИЛ были лауреатами – победителями республиканского конкурса студенческих научных работ: студентка 5-го курса Л. Ю. Садовская и магистрант А. С. Логвинович (2015 г.), магистрант Н. Ю. Брежнева (2016 г.), магистрант М. Г. Галуза (2017 г.), студент 5-го курса С. И. Стахевич (2018 г.). Конечно, достижение высоких результатов невозможно без квалифицированной и постоянной помощи руководителя, который является опытным исследователем.

Важный аспект деятельности членов СНИЛ – участие в конференциях и выставках. Так, за 2019 г. члены СНИЛ приняли участие в 15 конференциях, из них 12 – международные, и сделали 27 докладов. Можно привести следующие примеры участия членов СНИЛ в выставках:

- образцы защитно-декоративных покрытий на изделиях из цинк-алюминиевого сплава, часть которых была изготовлена студенткой М. Г. Галуза, были представлены на выставке экспонатов, произведенных в рамках заданий ГПНИ, на 5-м Республиканском научно-техническом семинаре «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий» (22–23.12.2015, Беларусь, г. Минск);

- экспонат «Светопоглощающие покрытия на изделиях из алюминиевого сплава», изготовленный магистрантом А. С. Шуляком, был представлен на: Национальной экспозиции Республики Беларусь на 26-й Вьетнамской международной торговой ярмарке «Вьетнам ЭКСПО-2016» (13–16.04.2016, Вьетнам, г. Ханой); Национальной экспозиции Республики Беларусь на Ганноверской международной промышленной ярмарке «Hannover Messe 2016» (25–29.04.2016, Германия, г. Ганновер); Международной выставке научно-исследовательских и конструкторских разработок, инновационных проектов для промышленности «НАУКА И ИННОВАЦИИ» в рамках Белорусского промышленного форума (03–06.05.2016, Беларусь, г. Минск); Белорусской науч-

но-технической инновационной экспозиции на Выставке научно-технических достижений, проводимой в рамках Харбинской международной торгово-экономической ярмарки (15–19.06.2016, КНР, г. Харбин); Национальной экспозиции Республики Беларусь на 36-й Индийской международной торговой ярмарке «ITTF-2016» (14–27.11.2016, Индия, г. Нью-Дели).

Ряд количественных показателей работы СНИЛ за 2016–2019 гг. представлен в таблице. Следует особо отметить, что СНИЛ «Химия наноструктурированных систем» за высокие показатели признана победителем Республиканского конкурса студенческих научных лабораторий и в 2019 г. ей оказана финансовая поддержка в размере 60 000 руб., выделенная на покупку оборудования для проведения экспериментальных исследований.

Анализ и динамика основных показателей работы СНИЛ

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
1. Количество студентов, магистрантов и аспирантов, принимавших участие во всех формах научно-исследовательской работы во внеучебное время	10 студ. + 4 магистр. + 7 аспирант.	14 студ. + 2 магистр. + 6 аспирант.	19 студ. + 4 магистр. + 9 аспирант.	20 студ. + 4 магистр. + 7 аспирант.
2. Количество докладов, прочитанных студентами на научных конференциях:	24	33	40	27
международных;	7	18	20	15
республиканских;	8	2	2	2
межвузовских;	—	2	—	—
вузовских	9	11	18	10
3. Количество научных работ студентов, представленных на смотры-конкурсы:	1	1	1	2
международные;	—	—	—	2
республиканские	1	1	1	—
4. Количество опубликованных статей, в числе авторов (соавторов) которых являются студенты, магистранты, аспиранты / только студенты	27/7	36/15	24/10	29/15
5. Количество опубликованных тезисов докладов, в числе авторов (соавторов) которых являются студенты, магистранты, аспиранты / только студенты	8/1	15/5	19/11	8/5

Окончание таблицы

Показатель	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
6. Количество положительных решений по заявкам на объекты промышленной собственности, полученных студентами, магистрантами, аспирантами / только студентами	3/0	1/0	2/0	1/1
7. Количество научно-педагогических работников, руководивших научно-исследовательской работой студентов во внеучебное время	14	14	21	13

Благодаря работе СНИЛ «Химия наноструктурированных систем» на кафедре неорганической химии формируется своеобразное исследовательское сообщество, в котором не только моделируется работа реальных исследовательских групп, но и реализуется принцип «равный обучает равного»: аспиранты, магистранты и студенты старших курсов курируют работу студентов младших курсов. Участники СНИЛ, объединенные единой целью и одновременно выполняющие индивидуальные исследования, генерируют новые знания, трансформируют и представляют полученный опыт. Таким образом, СНИЛ выполняет функцию «кузницы кадров». Ежегодно 2–3 студента – члена СНИЛ – поступают в магистратуру и 2–3 магистранта – в аспирантуру; 1–2 бывших члена СНИЛ защищают кандидатские диссертации. Всего за годы работы СНИЛ ее членами защищено 45 магистерских и 18 кандидатских диссертаций. Выпускники СНИЛ работают преподавателями на кафедре неорганической химии БГУ и в других учреждениях высшего образования, а также научными сотрудниками в различных научно-исследовательских институтах Республики Беларусь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ функционирования СНИЛ «Химия наноструктурированных систем» на кафедре неорганической химии показал, что участие в проведении научных исследований позволяет студентам не только получить новые научные результаты, новые знания, но и освоить приемы, методы и методологию научных исследований, выработать умения и навыки адаптации к новым видам деятельности и соответствующим им средствам коммуникации. Это способствует подготовке специалистов, которые выступают не только в роли простых исполнителей, но могут быть (и, как правило, являются) раз-

работчиками новых материалов, методов исследования, новых технологий, и в значительной мере обеспечивает запросы на квалифицированных химиков – будущих научных сотрудников в научно-исследовательских учреждениях и преподавателей в учреждениях высшего образования. Полученный опыт работы в СНИЛ позволит будущим специалистам не только адаптироваться к быстро меняющимся технологиям, но и успешно реализовать себя в изменчивом мире будущего, который уже получил название VUCA (volatility, uncertainty, complexity, ambiguity).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. *Баранников А. В.* Компетентностный подход и качество образования. М. : Моск. центр качества образования, 2008.
2. *Blackie M., Roux K., McKenna S.* Possible futures for science and engineering education // Higher Education. 2016. Vol. 71. P. 755–766.
3. *Gilbert J. K., De Jong O., Justi R.* [et al.]. Chemical education: towards research-based practice // Science and technology education library. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2002. Vol. 17.
4. *Ващенко С. В., Василевская Е. И.* Применение компетентностного подхода при подготовке химиков по образовательным стандартам поколения 3+ // Свиридовские чтения : сб. ст. Минск, 2018. Вып. 14. С. 141–148.
5. *Vorobyova T. N., Vrublevskaya O. N., Galuza M. G., Glibin V. P.* Chemical synthesis of Cu–Sn powder by tin(II) cementation with copper in aqueous solution // Surfaces and Interfaces. 2016. Vol. 4. P. 9–17.
6. *Harbatsevich H. I., Loginova N. V., Koval'chuk T. V.* [et al.]. Silver Nanoparticles Synthesized by Decomposition of a Silver Organic Complex with Valence Tautomerism and Their Properties // J. Appl. Spectr. 2017. Vol. 84, № 5. P. 13–18.
7. *Harbatsevich H. I., Loginova N. V., Nabebina K. A.* [et al.]. Nickel(II) complexes with 'non innocent' ligands – cycloaminomethyl derivatives of 1,2-dihydroxybenzene: sod-like and antimicrobial activity // Rad. Applic. 2017. Vol. 2, № 2. P. 129–133.
8. *Свиридова Т. В., Садовская Л. Ю., Кокорин А. И.* [и др.]. Фото-индуцированные процессы в тонких пленках MoO_3 и смешанного оксида V_2O_5 : MoO_3 // Хим. физика. 2016. Т. 35, № 7. С. 3–8.
9. *Конаков А. О., Воробьева Т. Н., Насонова Д. И.* Влияние золя диоксида олова на процесс электрохимического осаждения и свойства медных покрытий на стали, цинке, алюминии и их сплаве // Свиридовские чтения : сб. ст. Минск, 2016. Вып. 12. С. 76–89.
10. *Врублевская О. Н., Шикун М. А., Воробьева Т. Н.* [и др.]. Электрохимическое осаждение сплава Sn–Ag, пригодного в качестве припоя // Журн. БГУ. Химия. 2018. № 1. С. 83–91.
11. *Salamakha T. M., Buryi Y., Tratsiak Y.* Effect of Eu-doping on optical, structural and morphological properties of $\text{BaI}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ powders // Optical Materials. 2018. Vol. 78. P. 352–359.
12. *Belousov G. K., Zuraev A. V.* New approach to the synthesis of tetrazole-containing buta-1,3-dienes: The total synthesis of 1,4-bis(2-(tert-butyl)-2H-tetrazol-5-yl)buta-1,3-diyne // Tetrahedron Lett. 2019. Vol. 60, № 45. P. 151217.

13. Садовская Л. Ю., Свиридова Т. В., Морозова М. В., Свиридов Д. В. Синтез нанодисперсного диоксида титана путем рН-контролируемой полимеризации титановой кислоты // Журн. БГУ. Химия. 2019. № 1. С. 32–37.
14. Ryzhkov N. V., Brezhneva N., Skorb E. V. Feedback mechanisms at inorganic-polyelectrolyte interfaces for applied materials // Surf. Innov. 2019. Vol. 7, № 3–4. P. 145–167.
15. Троцюк Л. Л., Кулакович О. С., Шабуня-Клячковская Е. В. [и др.]. Формирование наностержней золота и пленок на их основе для применения в спектроскопии гигантского комбинационного рассеяния света // Докл. НАН Беларуси. 2016. Т. 60, № 4. С. 44–49.
16. Боборико Н. Е., Старевич В. С., Свиридов Д. В. Влияние структурных особенностей композита «диоксид титана – оксид меди(II)» на его газочувствительные свойства // Вестн. БГУ. Сер. 2. 2016. № 3. С. 45–52.
17. Vrublevskaya O. N., Vorobyova T. N., Galuza M. G. [et al.]. Synthesis of Powders and Coatings of Tin and Its Alloys with a Controlled Composition and Structure by Cementation from Solutions // Advances in Chemistry Research. Ed. by James C. Taylor. New York : Nova Science publishers. 2019. Vol. 52. Chapter 4. P. 133–251.
18. Воробьева Т. Н., Врублевская О. Н., Кудако А. А. [и др.]. Безэлектролизное осаждение из растворов порошковых сплавов со структурой частиц ядро – оболочка // Вестн. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. хім. навук. 2020. Т. 56, № 4. С. 408–418.
19. Воробьева Т. Н., Конаков А. О. Евразийский патент № 034147 от 09.01.2020. Электролит для бесподслоного осаждения медных покрытий на изделия из коррозионно нестойких металлов. Заявка № 2018EA0056 от 06.07.2018.
20. Воробьева Т. Н., Врублевская О. Н., Галуза М. Г. [и др.]. Евразийский патент № 036179 от 09.10.2020. Способ осаждения из растворов многослойных металлических структур на монокристаллический кремний. Заявка № 201800261 от 04.04.2018.

Поступила в редакцию 20.05.2020