

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИИ И ХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ В БЕЛОРУССКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ (К 40-ЛЕТИЮ НИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ БГУ)

RESEARCH IN THE FIELD OF CHEMISTRY AND CHEMICAL TECHNOLOGY AT THE BELARUSIAN STATE UNIVERSITY (THE FORTIETH ANNIVERSARY OF THE RESEARCH INSTITUTE FOR PHYSICAL CHEMICAL PROBLEMS OF THE BSU)

В 2018 г. исполняется 40 лет учреждению Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем» (НИИ ФХП БГУ), которое в последние годы вошло в число ведущих в республике научных организаций химического профиля. В настоящей статье рассмотрены результаты его работы за последние пять лет¹.

В исследуемый период в НИИ ФХП БГУ проводились исследования по следующим основным направлениям:

- физико-химические процессы формирования нанокристаллических, аморфных, высокодисперсных, а также композиционных материалов с особыми свойствами и разработка технологий их получения;

- создание новых композиционных материалов технического, медицинского и сельскохозяйственного назначения на основе химической модификации природных и синтетических полимеров;

- разработка способов модификации природных полисахаридов в целях придания им биологической активности и создание на их основе новых лекарственных средств;

- научное обоснование процессов получения и переработки растворов целлюлозы и других полимеров в волокна, пленки, мембраны, композиты;

- изучение свободнорадикальных превращений биологически важных веществ и моделирующих их соединений; разработка методов направленного поиска и получение новых фармакологически активных веществ на основе регуляторов свободнорадикальных процессов;

- разработка энерго- и ресурсосберегающих технологий производства органических веществ, материалов и топлив;

- синтез и модификация неорганических материалов на основе фосфатов и оксидов многовалентных металлов в целях разработки сорбентов и дезинфектантов нового поколения;

- разработка эффективных методов синтеза новых органических соединений (полиазотистых, ациклических, гетероциклических, фосфорорганических);

- исследование взаимосвязи *структура – функция* для лекарственных препаратов и фармакологически активных веществ белково-пептидной и стероидной природы; создание трансгенных штаммов

¹Основные этапы становления, развития и итоги деятельности института в 1978–2013 гг. см. в: Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. к 20-летию НИИ ФХП БГУ / под ред. В. В. Свиридова. Минск: БГУ, 1998; Избранные научные труды Белорусского государственного университета: в 7 т. Т. 5. Химия / отв. ред. В. В. Свиридов. Минск: БГУ, 2001; Chemical Problems of the Development of New Materials and Technologies: сб. ст. Вып. 1 / под ред. О. А. Ивашкевича. Минск: БГУ, 2003; Химические проблемы создания новых материалов и технологий: сб. ст. Вып. 2, 3 / под ред. О. А. Ивашкевича. Минск: БГУ, 2003–2008; *Гаевская Т. В., Нечепуренко Ю. В.* В ногу со временем (к 35-летию НИИ физико-химических проблем БГУ) // Свиридовские чтения: сб. ст. Вып. 10 / редкол.: О. А. Ивашкевич (пред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2014. С. 7–16.

микроорганизмов для направленного синтеза биологически активных веществ;

- разработка новых методов разделения, выделения, концентрирования и определения веществ, а также создание новых материалов, наборов, устройств и методик для медицинской диагностики, экологического мониторинга, контроля качества и сертификации продукции на основе исследования экстракционных и сорбционных процессов;
- квантово-химическое исследование структуры и свойств малых кластеров переходных металлов, полупроводников и соединений ряда азолов;
- выполнение научно-исследовательских работ в сфере научно-технической и инновационной деятельности.

В настоящее время в структуру учреждения входят 15 научных подразделений: лаборатории химии полисахаридов (заведующий – кандидат химических наук, доцент Т. Л. Юркштович), катализа полимеризационных процессов (кандидат химических наук, доцент С. В. Костюк), химии тонких пленок (кандидат химических наук, доцент Т. В. Гаевская), нанохимии (доктор химических наук М. В. Артемьев), химии конденсированных сред (кандидат химических наук Ю. В. Григорьев), свободнорадикальных процессов (доктор химических наук, профессор О. И. Шадыро), структурно-химического модифицирования полимеров (доктор химических наук, профессор Л. П. Круль), биохимии лекарственных препаратов (член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, профессор В. М. Шкуматов), растворов целлюлозы и продуктов их переработки (доктор химических наук, профессор Д. Д. Гриншпан), физико-химических методов исследования (кандидат химических наук, доцент Л. С. Ивашкевич), ионометрии и химической метрологии (доктор химических наук, профессор В. В. Егоров), огнетушащих материалов (доктор химических наук, профессор В. В. Богданова), неорганических сорбентов и антикоррозионных покрытий (кандидат химических наук В. О. Шабловский); аккредитованная в Госстандарте лаборатория топлив, масел и кормов (кандидат химических наук, доцент З. А. Антонова); научно-инновационный отдел (кандидат химических наук Ю. В. Нечепуренко). В указанных подразделениях 150 штатных работников, в том числе 115 научных сотрудников, из них 3 доктора наук (2 имеют ученое звание профессора) и 50 кандидатов наук (17 имеют ученое звание доцента). Кроме этого, в институте в исследуемый период работали по совместительству и осуществляли научное руководство подразделениями и исследованиями 12 докторов наук, в том числе два академика и один член-корреспондент НАН Беларуси.

Деятельность НИИ ФХП БГУ соответствует приоритетным научным и научно-техническим направлениям Республики Беларусь и ориентиро-

вана на решение конкретных практических задач для нужд концерна «Белнефтехим», Министерства здравоохранения, Министерства промышленности, Государственного военно-промышленного комитета, Министерства внутренних дел, Министерства сельского хозяйства и продовольствия, других органов государственного управления. В институте на протяжении всего периода проводится политика сбалансированного развития фундаментальных и прикладных научных исследований в различных областях химии в рамках государственных программ, государственных программ научных исследований и научно-технических программ, программ Союзного государства, проектов Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проектов по программе «Горизонт 2020», хозяйственных договоров с предприятиями Республики Беларусь и контрактов с зарубежными партнерами. На период 2011–2015 гг. НИИ ФХП БГУ был определен головной организацией – исполнителем государственной программы научных исследований «Химические технологии и материалы, природно-ресурсный потенциал», государственной научно-технической программы «Химические технологии и производства» (подпрограмма «Малотоннажная химия»), государственной научно-технической программы «Фармацевтические субстанции и лекарственные средства» (подпрограмма «Лекарственные средства»), государственной программы «Инновационные биотехнологии» (подпрограмма «Биоэнергетика (энергоресурсы)»), а на период 2016–2020 гг. – государственной программы научных исследований «Химические технологии и материалы» и государственной научно-технической программы «Малотоннажная химия».

Институт занимает лидирующие позиции в стране в области разработки технологий получения лекарственных средств на основе полисахаридов, нанокристаллических и аморфных покрытий из металлов, сплавов и композитов на различных подложках, ультрадисперсных и композиционных материалов, негорючих материалов; технологий структурной и химической модификации природных и синтетических полимеров; технологий получения топлив из возобновляемого сырья. Результаты деятельности НИИ ФХП БГУ по указанным направлениям оказали и оказывают существенное влияние на развитие химико-фармацевтической и химической промышленности, здравоохранения, машино- и приборостроения, сельского хозяйства и пищевой промышленности.

Среди наиболее значимых результатов фундаментальных научных исследований, полученных за последние пять лет, можно отметить следующие:

- установлены закономерности процессов этерификации полисахаридов растительного, животного и микробного происхождения органическими

и минеральными кислотами; синтезированы функционально активные производные полисахаридов, отвечающие критериям биосовместимости и биодegradуемости, получены их межмолекулярные комплексы с рядом низко- и высокомолекулярных биологически активных веществ;

- разработаны коллоидно-химические методы формирования нового класса квантово-размерных полупроводниковых нанокристаллов с одномерным размерным квантованием соединений $A^{IV}B^{VI}$, включая гетеронанопластины типа *ядро-оболочка* и *ядро-крылья* с оптическими переходами I и II типа, а также оригинальные методики синтеза новых люминесцирующих материалов на основе наноразмерных сложнооксидных систем, активированных ионами редкоземельных элементов, и композитов на их основе в виде поликристаллических порошков, тонких пленок и керамики. Разработанные материалы перспективны в системах светодиодного освещения, а также для получения высокоплотной оптически прозрачной сцинтилляционной керамики для приборов медицинской диагностики;

- в целях создания композитов, обеспечивающих защиту от электромагнитного излучения, а также термостойких материалов, функционирующих при температурах 1000–1500 °С, разработаны составы термостойких материалов на основе фосфатной матрицы и многослойных углеродных нанотрубок, а также графеновых нанопластинок с использованием борсодержащих компонентов, необходимых для обеспечения устойчивости к окислению углеродсодержащих функциональных добавок;

- разработаны оригинальные методы получения C-, N- и C,N-функционально замещенных производных тетразола, 1,2,3- и 1,2,4-триазолов, включая полимерные, а также их комплексных соединений с солями переходных и драгоценных металлов. Осуществлен синтез ряда ранее неописанных тетразол- и триазолсодержащих соединений, перспективных для практического использования в области молекулярной электроники, в качестве высокоэнергетичных материалов специального назначения, противоопухолевых препаратов, стабилизаторов наночастиц различной природы и др.;

- с помощью рентгеноструктурного анализа монокристаллов и порошковой рентгеновской дифрактометрии изучена кристаллическая и молекулярная структура более 70 производных азолов и их координационных соединений с переходными металлами, что представляет интерес для понимания молекулярного механизма их противоопухолевой активности. Сведения по кристаллической структуре всех исследованных соединений включены в Кембриджский банк структурных данных (Кембриджский университет, Великобритания). Впервые синтезированы координационные соединения

макроциклического лиганда с инкорпорированным тетразольным циклом и медьорганическое производное тетразольного ряда;

- совместно с компанией *BASF SE* (Германия) разработано несколько поколений высокоэффективных и селективных катализаторов для синтеза реакционно-способного полиизобутилена – ключевого интермедиата, используемого при получении беззольных присадок в моторные масла и топливо;

- в лаборатории катализа полимеризационных процессов разработан способ двухфотонной полимеризации мультифункциональных звездообразных (со)полимеров на основе D,L-лактидов с получением трехмерных матриц (скаффолдов), применимых в регенеративной медицине для восстановления костной ткани, а в лаборатории структурно-химического модифицирования полимеров созданы фиксаторы на основе биодegradуемых полилактидов для хирургических операций при костных переломах в челюстно-лицевой области;

- предложены методы получения нанодисперсных порошков и пленок оксидов SnO_2 , In_2O_3 , Fe_2O_3 и их нанокомпозитов для использования в адсорбционно-чувствительных газовых сенсорах; ультратонких пленок NiO , модифицированных фосфатами; систем *ядро/оболочка* Au/SnO_2 в качестве иммунохимических тестов; пленок TiO_2 со структурой нанотрубок и стабилизированными на поверхности наночастицами Au в качестве электрокатализаторов восстановления кислорода; мезопористых порошков TiO_2 для применения в защитных фотоактивных покрытиях. С использованием комплекса спектральных (ЭПР, РФЭС, мёссбауэровской и ИК-спектроскопии) и структурных методов (РФА, ЭМ, ДТА) выявлены тонкие структурные особенности наноразмерных материалов, подвергнутых различным термическим, химическим, фотохимическим и радиационным воздействиям, что позволило объяснить некоторые уникальные функциональные характеристики новых материалов;

- разработаны научные принципы получения нового поколения нанокристаллических и аморфных химически и электрохимически осаждаемых одно- и многослойных функциональных покрытий, химические и физико-механические свойства которых (микротвердость, трибологические, оптические, антикоррозионные) достигаются за счет управления структурой и фазовым составом формирующихся покрытий, комбинирования в составе металлических, неметаллических и оксидных фаз;

- впервые установлен факт фазового перехода изотропных растворов целлюлозы и ее смесей с хитозаном в анизотропное состояние при сдвиговом деформировании исследуемых систем. Найдены ус-

ловия сохранения наведенного жидкокристаллического состояния полимеров при их переходе в твердую фазу, что позволило сформовать на пилотной и опытно-промышленной установках высокопрочные гидратцеллюлозные и структурно-смешанные волокна, нити и пленки с улучшенными характеристиками: с повышенной гидрофильностью, бактериостатическими и самозатухающими свойствами;

- установлены закономерности влияния природы пластификатора и стерической доступности обменного центра высших четвертичных аммониевых солей на особенности комплексообразования нейтрального переносчика анионов – гептилового эфира паратрифторацетилбензойной кислоты – с анионами физиологически активных кислот в фазе мембраны. Впервые предложены методы количественной оценки из потенциометрических данных ряда экспериментально труднодоступных диффузионных параметров, ответственных за искажение отклика высокоселективных электродов – коэффициентов диффузии в фазе мембраны, толщины диффузионного слоя в перемешиваемом водном растворе, обобщенного диффузионного параметра, включающего отношения коэффициентов диффузии и толщин диффузионных слоев в фазах мембраны и раствора. Обоснованы пути управления диффузионным фактором в целях оптимизации аналитических характеристик ионоселективных электродов. Синтезированы H^+ -селективные ионофоры – липофильные N,N-замещенные бензиламина и анилина, обеспечивающие функционирование пленочных ионоселективных электродов в рН-диапазоне от 2 до 12 и в сильнокислых средах ($pH < 0$) соответственно;

- проведено физико-химическое обоснование методов получения жидких и твердых топлив из растительного сырья, в том числе дизельного биотоплива, и разработаны методики прогнозирования их свойств на основе элементного и жирнокислотного составов;

- получены новые экспериментальные данные, касающиеся процессов фазового расслоения водных растворов сополимеров акриламида с ионогенными мономерами в присутствии катионов микроэлементов. Установлено, что склонность водных растворов сополимеров акриламида с акрилатом натрия к фазовому разделению в присутствии ионов микроэлементов снижается в ряду $Cu^{2+} > Zn^{2+} > Mn^{2+}$, что согласуется с комплексообразующей способностью катиона по отношению к карбоксилатной группе макромолекулы. Обнаружено, что набухание полиэлектролитных гидрогелей на основе гидролизата полиакрилонитрильного волокна, сшитых ковалентными C—C-связями, которое осуществляется в водных растворах сульфатов цинка, меди и марганца, носит реверсивный характер и приводит к коллапсу гидрогелей. Пред-

ложен способ предотвращения последнего путем введения в систему лигандов, конкурирующих за катион металла с карбоксилатной функциональной группой макромолекулы;

- открыты новые реакции гомолитического распада сфинголипидов и гидроксилсодержащих аминокислот, приводящие к образованию биоактивных продуктов;

- изучены радикалрегуляторные и антивирусные свойства производных ароматических спиртов, альдегидов, кислот и их синтетических аналогов, среди которых выявлены вещества, перспективные в лечении вирусных инфекций;

- предложены новые научно обоснованные подходы к повышению эффективности лечения онкологических заболеваний за счет использования веществ, регулирующих свободнорадикальные процессы в условиях гипоксии;

- определены корреляции между концентрацией кислорода в биосистемах и склонностью их компонентов вступать в свободнорадикальные процессы окисления и фрагментации;

- установлены новые превращения флуоресцирующих соединений, осуществляемые ферментами-оксидоредуктазами млекопитающих и бактерий родов *Pseudomonas* и *Mycobacterium*, что важно для интерпретации результатов биоисследований при помощи этих соединений и в перспективе для разработки новых тест-систем и терапевтических агентов;

- синтезированы экологичные нанодисперсные азот-фосфорсодержащие замедлители горения с требуемым комплексом физико-химических свойств для придания огнестойких свойств материалам различной химической природы на основе синтетических и природных полимеров;

- разработаны составы многокомпонентных пероксидных дезинфицирующих композиций широкого спектра действия на основе карбоновых кислот, комплекса четвертичных аммониевых соединений, биоцидных полимеров и ПАВ. Изучена их химическая стабильность и антимикробная активность в отношении различных групп микроорганизмов;

- создано научно-методическое обеспечение системы управления интеллектуальной собственностью на корпоративном уровне, которое позволило реализовать пять бизнес-стратегий превращения интеллектуальных ресурсов в коммерческий результат.

Институт осуществляет плодотворное сотрудничество с рядом научных центров России (Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна; Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск; МГУ имени М. В. Ломоносова; Санкт-Петербургский государственный университет; Томский государственный университет;

Институт химической физики имени Н. Н. Семёнова РАН; Институт неорганической химии имени А. В. Николаева СО РАН; Институт проблем лазерных и информационных технологий РАН), Германии (Технический университет, г. Берлин; Технический университет Дрездена; Институт имени Отто Шотта Йенского университета; Лейпцигский университет), Франции (университет Бордо), Испании (университет Валенсии), США (университет Миссури), Китая (Хэйлунцзянский институт нефтехимии; Чжэцзянский Шужэнь университет, г. Ханчжоу; Харбинский политехнический институт; университет Циндао; Даляньский морской университет), Японии (Киотский университет), Литвы (Каунасский технологический университет), Украины (Институт общей и неорганической химии имени В. И. Вернадского НАН Украины; Ужгородский национальный университет), Португалии (Авейрусский университет) и др.

В настоящее время в народно-хозяйственном комплексе Беларуси используется несколько сотен разработок института. В 2013–2017 гг. создано 102 объекта новой техники (большая часть доведена до практического использования). Ниже приведены примеры наиболее значимых из них за последние пять лет, имеющих большой экономический и социальный эффект:

- в ОАО «Гродно Азот» и ОАО «Могилёвхимволокно» продолжен выпуск метиловых эфиров жирных кислот по разработанным в НИИ ФХП БГУ технологиям, которые в дальнейшем используются для получения смесового дизельного биотоплива. В 2008–2016 гг. на предприятиях республики произведено и РУП «ПО “Белоруснефть”» реализовано потребителям на внутреннем рынке и за рубежом смесового дизельного биотоплива, соответствующего требованиям СТБ 1657–2006, на сумму более 2,5 млрд долл. США;

- для выполнения работ по подтверждению ответственности продукции топливно-энергетической и химической промышленности требованиям технических нормативных правовых актов, а также по инспекционному контролю за сертифицированной продукцией в 2012 г. в институте создан орган по сертификации топлив и химической продукции, соответствующий критериям Национальной системы аккредитации Республики Беларусь согласно требованиям ГОСТ ISO/IEC 17065–2013. Ежегодно он выполняет от 40 до 60 договоров для юридических лиц Республики Беларусь и Российской Федерации;

- разработан ряд инновационных фармацевтических субстанций («Нитаргал», «Темозоломид»), лекарственных препаратов («Цисплацел», «Нитаргал», «Темобел», «Темодекс», «Креатинфосфат», «Форвакс», «Лакемокс») и технологий их получения. Наряду с социальным эффектом промышленный выпуск указанных субстанций и лекарствен-

ных средств в РУП «Белмедпрепараты», ООО «Фармлэнд» и УП «Унитехпром БГУ» составил более 10 млн долл. США, а импортозамещение – несколько десятков миллионов долларов США;

- при непосредственном участии сотрудников института в УП «Унитехпром БГУ» создан соответствующий требованиям GMP (правила надлежащей производственной практики) фармацевтический участок, на котором в рамках шести лицензий на право использования изобретений, секретов производства (ноу-хау) и товарного знака, предоставленных НИИ ФХП БГУ, по состоянию на 01.08.2018 г. выпущено и реализовано лицензионной товарной продукции на сумму 1,5 млн долл. США;

- разработаны и освоены на предприятиях Республики Беларусь и за рубежом около 20 технологий получения гальванических и химически осаждаемых из растворов покрытий, в том числе при изготовлении печатных плат, контактов, изделий спецтехники (ОАО «Минский часовой завод»; ЧУП «ЭНВА» ООО «БелТИЗ», г. Молодечно; Гомельское ПО «Кристалл»; РУП ДП «Зенит», г. Могилёв, и др.); двухслойных покрытий никель – бор/золото – кобальт (ОАО «МНИПИ», ОАО «Пеленг», УП «Завод СВТ», г. Минск); трехслойных электрохимически осаждаемых покрытий никель – бор/медь/никель – бор (ОАО «БелОМО “Минский механический завод имени С. И. Вавилова”» – управляющая компания холдинга «БелОМО»); композиционных покрытий никель – алмаз – ультрадисперсный алмаз (ОАО «Планар», УП «КБТЭМ-СО», г. Минск); технологии получения голографических матриц (ЗАО «Голографическая индустрия», г. Минск); технологии нанесения светопоглощающих покрытий на изделия из сплава алюминия и инвара (ОАО «Пеленг», НТЦ «Белмикросистемы» ОАО «Интеграл», г. Минск); технологии химического нанесения золотых покрытий на корпуса интегральных микросхем (ОАО «Коралл», г. Гомель; ООО «РМТ», г. Москва) и др. В институте в конце 2014 г. создан опытный участок по химическому и электрохимическому осаждению покрытий из металлов, сплавов и композитов для нужд предприятий Республики Беларусь и выполнения работ по заказам зарубежных потребителей (ежегодный объем выпуска изделий составляет 35–45 тыс. белорусских рублей);

- для агропромышленного комплекса Беларуси созданы и освоены в производстве (ООО «БИКРАСК», г. Минск) новые отечественные препараты: «Валисан-К» – для наружного применения в целях профилактики гнойно-некротических поражений копыт у крупного рогатого скота; «Валисан-Т» – для профилактической и вынужденной (текущей и заключительной) дезинфекции мест содержания животных и птицы при инфекциях бактериальной (включая туберкулез), грибо-

вой и вирусной этиологии, а также дезинфицирующие средства «Типродез» и «Типродез-вет» (ООО «Химотроника», г. Тверь, Россия);

- по лицензии института о предоставлении права использования изобретения предприятие ООО «Стемол и К» (г. Гродно) в 2012–2017 гг. изготовило и поставило сельскохозяйственным предприятиям республики и за рубеж 144,8 т предназначенного для предуборочной обработки рапса препарата, выпускаемого под товарным знаком «ГРИПИЛ», на сумму более 1 млн долл. США;

- на базе ООО «ШАУЭР ГРУПП» (г. Минск) продолжено производство композиций на основе полиэлектrolитного гидрогеля «Гисинар-М» для предпосевной инкрустации семян. Это обеспечивает повышение урожайности зерновых культур до 2–6 ц/га, что позволяет сельскохозяйственным предприятиям Беларуси ежегодно получать значительный экономический эффект;

- в целях обеспечения нужд жилищно-коммунального хозяйства разработано и освоено в производстве (ООО «БИКРАСК», ООО «Стемол и К») высокоэффективное экологически безопасное дезинфицирующее средство «Валисан-ЖКХ» для обеззараживания объектов хозяйственно-питьевого водоснабжения – резервуаров-накопителей чистой воды и трубопроводов питьевой воды;

- разработаны рецептуры и технологии получения шести устойчивых к окислению биологически активных добавок на основе льняного масла, обладающих антиоксидантным, кардиопротекторным, иммуностимулирующим и другими полезными свойствами. В ООО «Клуб “Фарм-Эко”» (г. Дрогичин, Брестская область) в 2014–2015 гг. по пяти лицензиям института о предоставлении права использования секретов производства (ноу-хау) организовано их производство с последующей реализацией через аптечную сеть Республики Беларусь;

- в рамках выполнения задания научно-технической программы Союзного государства разработан технологический процесс производства сорбента лигнинового «Лигносорб», композиционного твердого топлива «Лигноойл» из отходов нефтепродуктов и гидролизного лигнина в виде гранул и пеллет (внедрен в ОАО «Бобруйский завод биотехнологий») и технологический процесс получения самозатухающего волокна из растворов природных полимеров на основе целлюлозы и хитозана (ОАО «СветлогорскХимволокно»);

- в результате выполнения задания ГНТП «Леса Беларуси – продуктивность, устойчивость, эффективное использование» разработан атмосферостойкий состав комплексного действия для локализации и тушения лесных и торфяных пожаров «Комплексил», используемый при прокладке профилактических длительно действующих заградительных огнегасящих полос, заградительных полос непо-

средственно перед кромкой пожара, опорных полос в лесных массивах. Технология производства состава освоена в ООО «ТИКРА-БЕЛ»;

- разработаны электроды с улучшенными аналитическими характеристиками для определения ибупрофена, бензилпенициллина, мефенамовой кислоты, нафазолина, циннаризина, миримистина, клотримазола в лекарственных формах и методики их использования в анализе. Созданы Na^+ -, Cl^- -, H^+ -селективные микроэлектроды для исследования процессов коррозии методом сканирующей потенциометрии.

Особенностью современного этапа научно-технического развития Республики Беларусь является тесная интеграция образования, науки и производства в целях успешного решения задач, стоящих перед страной. В настоящее время можно говорить о создании в Белорусском государственном университете кластера химического профиля *химический факультет – НИИ физико-химических проблем – научно-инновационные предприятия БГУ*. Значительная часть научных исследований выполняется по единой тематике, заведующие кафедрами и профессора факультета руководят научными подразделениями института. Большое число преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов ежегодно участвуют в выполнении научно-исследовательских работ института. В свою очередь, сотрудники института принимают самое активное участие в учебном процессе, а многие результаты научно-технической деятельности находят свое практическое применение на предприятиях БГУ.

На протяжении всего времени существования института проводится целенаправленная работа по подготовке специалистов-химиков и кадров высшей квалификации. Ежегодно 20–30 сотрудников института читают лекции по основным и специальным курсам, организуют и проводят на базе института лабораторные и практические занятия, осуществляют руководство аспирантами, магистерскими, дипломными и курсовыми работами. НИИ ФХП БГУ продолжает оставаться лидером среди научно-исследовательских организаций химического профиля в Республике Беларусь по подготовке кандидатов и докторов наук. На базе института подготовлены и защищены 26 докторских и 214 кандидатских диссертаций, в том числе за последние пять лет – 2 докторские и 19 кандидатских диссертаций. Помимо удовлетворения собственных потребностей в кадрах высшей квалификации, институт готовит высококвалифицированных специалистов для преподавания в БГУ, других учебных заведениях, а также для работы в научных учреждениях и научно-производственных предприятиях. В частности, два бывших сотрудника института (академик А. В. Бильдюкевич и член-корреспондент А. И. Кулак) возглавляют

в настоящее время научно-исследовательские институты НАН Беларуси, а бывший директор института член-корреспондент НАН Беларуси С. К. Рахманов является председателем Постоянной комиссии Совета Республики Национального собрания Республики Беларусь по международным делам и национальной безопасности.

Ежегодно сотрудники института публикуют от 250 до 400 научных работ. По результатам выполненных исследований издано 77 научных трудов (монографии, сборники научных трудов, материалы конференций, справочные издания), 38 учебников и учебных пособий для студентов химических и других специальностей, из них 11 – с грифом Министерства образования Республики Беларусь. Сотрудниками института опубликовано более 6,6 тыс. научных статей и более 5,5 тыс. тезисов докладов; за последние пять лет – 8 монографий, 5 сборников статей и тезисов докладов, 2 справочных издания, 6 учебных пособий, 949 статей и 519 тезисов докладов. Значительная часть статей (около 30 %) опубликована за рубежом в высокорейтинговых журналах, в частности в 2017 г.: *Nano Letters* (импакт-фактор IF 12,712), *ACS Applied Materials & Interfaces* (IF 8,097), *Nanoscale* (IF 7,367), *ChemSusChem* (IF 7,226), *Polymer Chemistry* (IF 5,375), *Biofabrication* (IF 5,24), *Crystal Growth & Design* (IF 4,055), *Organometallics* (3,862), *Polymer* (3,770), *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electron* (IF 3,456), *Electrochimica Acta* (IF 3,289), *Molecular Immunology* (IF 3,236), *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry* (IF 3,113). В этом же году заведующим лабораторией нанохимии доктором химических наук М. В. Артемьевым опубликована статья в журнале *Nature Nanotechnology* с импакт-фактором 38,986. На протяжении последних лет НИИ ФХП БГУ является лидером в рейтинге цитирования за рубежом научных организаций и учреждений образования Республики Беларусь, имея один из самых высоких индексов Хирша (h-index), определяемый с использованием базы данных *Scopus* (по состоянию на февраль 2018 г. значение индекса – 81).

На созданные в институте объекты права промышленной собственности получено 946 охраняемых документов, в том числе 708 авторских свидетельств СССР на изобретения, 210 патентов на изобретение, 7 патентов на полезную модель, 20 свидетельств о регистрации товарных знаков (за последние пять лет получено 52 патента на изобретения, зарегистрировано 5 товарных знаков). Заключено 44 лицензионных договора о предоставлении права использования объектов промышленной собственности (за последние пять лет – 24). Лицензионные поступления в эквиваленте составили 400,3 тыс. долл. США. НИИ ФХП БГУ признан победителем конкурса 2012 г. «Организация

изобретательской деятельности и управление интеллектуальной собственностью» и награжден дипломом Национального центра интеллектуальной собственности, а в 2015 г. удостоен награды Всемирной организации интеллектуальной собственности «Лучшему предприятию в сфере интеллектуальной собственности» (WIPO IP ENTERPRISE TROPHY) за вклад в эффективное создание и использование объектов интеллектуальной собственности.

Разработки института отмечены Гран-при, двумя специальными призами за победу в номинации, 56 медалями (28 золотых, 19 серебряных, 8 бронзовых и 1 специальная) и 31 дипломом на международных выставках и салонах (за последние пять лет – 2 специальными призами за победу в номинации, 9 золотыми и 5 серебряными медалями, 10 дипломами).

За значительный вклад в организацию и практическую реализацию результатов научных исследований в Республике Беларусь, подготовку кадров высшей квалификации в области химии и химической технологии коллектив НИИ ФХП БГУ награжден Почетной грамотой Совета Министров Республики Беларусь (2009). По итогам республиканского соревнования среди организаций науки и научного обслуживания за 2005–2012 гг. институт 7 раз признавался победителем и указами Президента Республики Беларусь был занесен на республиканскую Доску почета.

Указом Президента Республики Беларусь от 9 сентября 2013 г. № 401 коллектив сотрудников института (доктор химических наук М. В. Артемьев, академики НАН Беларуси А. И. Лесникович и О. А. Ивашкевич) удостоен Государственной премии в области науки и техники за цикл работ «Новые неорганические соединения и материалы на основе микро- и наноразмерных частиц: получение, свойства, применение».

Подводя итоги работы НИИ ФХП БГУ за последние годы, можно заключить, что в сфере научной, научно-технической и инновационной деятельности институт является одним из наиболее эффективно работающих коллективов страны. За 40 лет менялась структура института, в соответствии с требованиями времени ставились, решались и воплощались в жизнь новые научные цели и задачи, однако неизменными оставались заложенные его основателями ценности и традиции:

- выполнение научных работ на мировом уровне, о чем свидетельствует высокое качество публикаций на протяжении всех лет;
- проведение практико-ориентированных исследований – результаты научно-технической деятельности востребованы в промышленности, здравоохранении, сельском хозяйстве, других областях народного хозяйства Беларуси и за рубежом;

• подготовка кадров и воспитание молодежи – сотрудники института активно участвуют в учебном процессе химического факультета БГУ, ежегодно на площадях и приборной базе института выполняется до 60 курсовых и дипломных работ, магистранты и аспиранты химфака совмещают процесс обучения с работой в лабораториях института на оплачиваемой основе. Для наиболее одаренных выпускников БГУ институт ежегодно становится первым местом работы. Целеустремленность, созидательная энергия, высокий профессионализм коллектива НИИ ФХП БГУ позволяют добиваться успеха в осуществлении смелых научных планов и идей.

*Т. В. Гаевская¹, Ю. В. Нечепуренко²,
Е. А. Чернявский³, О. Н. Врублевская⁴*

¹*Татьяна Васильевна Гаевская* – кандидат химических наук, доцент; директор НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета.

Tatsiana V. Gaevskaya, PhD (chemistry), docent; director of the Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University.
gaevskayatv@bsu.by

²*Юрий Васильевич Нечепуренко* – кандидат химических наук; начальник научно-инновационного отдела НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета.

Yury V. Neschepurenko, PhD (chemistry); head of innovation division of the Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University.
niv@bsu.by

³*Евгений Анатольевич Чернявский* – кандидат химических наук; заместитель директора по научной работе НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета.

Evgenii A. Cherniavsky, PhD (chemistry); deputy director of the Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University.
eugene.cherniavsky@gmail.com

⁴*Ольга Николаевна Врублевская* – кандидат химических наук, доцент; ученый секретарь НИИ физико-химических проблем Белорусского государственного университета.

Olga N. Vrublevskaya, PhD (chemistry), docent; scientific secretary of the Research Institute for Physical Chemical Problems, Belarusian State University.
fhpprogram@gmail.com