

## ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ВГУ: ИННОВАЦИОННЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

А. М. Самойлов, О. А. Козадеров, А. С. Шестаков

*Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 19 апреля 2018 г.

**Аннотация:** на химическом факультете содержание лекционных курсов соответствует современным приоритетным направлениям в развитии науки. В учебном процессе нашли отражение все достижения химической науки, отмеченные Нобелевскими премиями в XXI в., а также разделы, затрагивающие многие иные актуальные проблемы современной химии и химического материаловедения. Многие студенты химического факультета вовлечены в научную работу со второго курса. Под руководством преподавателей студенты выполняют исследования в рамках научных проектов по грантам РФФИ, РНФ и ФЦП Министерства образования и науки РФ, результаты которых отражаются в выпускных квалификационных работах (ВКР) бакалавров и магистерских диссертациях. На химическом факультете ВГУ учебный процесс, а также научная деятельность преподавателей и студентов, ориентированные на внедрение и коммерциализацию новых материалов и технологий, обязательно включают в себя инновационную составляющую. Это осуществляется в органическом единстве, предполагающем совместное участие преподавателей, научных сотрудников, студентов и наиболее компетентных представителей производственных и бизнес-структур.

**Ключевые слова:** химия, образовательный процесс, бакалавриат, магистратура, наукоемкие технологии, инновации, новые материалы и технологии, коммерциализация.

**Abstract:** at the VSU faculty of chemistry the content of the lecture courses corresponds to the modern priority directions in the development of science. The educational process reflects all the achievements of chemical science, awarded the Nobel prize in the XXI century, as well as sections that affect many other topical issues of modern chemistry and chemical materials science. Many students of the faculty of chemistry are involved in scientific work from the second year. Under the guidance of teachers, the students perform researches in the framework of scientific projects on grants of the Ministry of education and science, the results of which are reflected in the final qualifying works of bachelors and master's theses.

**Key words:** chemistry, educational process, baccalaureate, magistracy, science-intensive technologies, innovations.

Научно-техническая революция (НТР) и последовавшая за ней информационная революция (ИР) уверенно вывели науку в ранг важнейших производительных сил современного общества [1; 2]. В промышленно развитых странах высокотехнологичные отрасли индустрии уже опережают традиционные по объему продукции. Таим образом, в XXI в. без результатов научных и опытно-конструкторских разработок невозможно прогнозировать поступательное развитие ни одной отрасли хозяйства. В эпоху НТР и ИР преобразования в экономике неотвратимо вызывают изменения в социальном устройстве общества. Известнейший

социолог Д. Белл неоднократно подчеркивал, что постиндустриальное общество характеризуется главенством *знания*, наличием *интеллектуальных технологий*, ростом численности *носителей знания* [3]. Если в индустриальном обществе главными фигурами были предприниматель, бизнесмен, руководитель промышленного предприятия, то в недалеком будущем авангардом станут ученые, математики, программисты, врачи, аналитики, педагоги университетов и другие представители интеллектуальных профессий [3].

В 2017 г. Президент и Правительство Российской Федерации назвали переход к цифровой экономике в числе приоритетных условий поступательного развития нашего государства. Успешная реализация поставленной руководством Россий-

ской Федерации задачи предъявляет повышенные требования к научному и преподавательскому сообществу нашей страны. Важно не только обеспечить наукоемкую промышленность новыми материалами и передовыми технологиями, подготовить обладающих необходимыми профессиональными качествами молодых ученых, инженеров, программистов и конструкторов, которые смогут гарантировать неуклонный прогресс в реализации поставленных задач, но и воспитать истинных патриотов, ответственных за будущее нашей Родины [4].

Важнейшей составляющей образовательного процесса в высшей школе является содержание учебной дисциплины. Руководствуясь нормативными документами Министерства образования и науки РФ, Миссией Воронежского государственного университета (ВГУ), преподаватели химического факультета составляют рабочие программы по лекционным курсам таким образом, чтобы в них присутствовал необходимый объем теоретического материала для последующего применения полученных знаний на практике, а также в процессе освоения смежных дисциплин [5]. Кроме того, профессора и доценты химического факультета стремятся ввести в содержание лекционных курсов материал, соответствующий современным приоритетным направлениям в развитии науки [6].

Какие же направления в развитии химии будут наиболее актуальными в XXI столетии? Ответить на этот вопрос не так просто, учитывая тот факт, что современную химию принято сравнивать с мощным древом, питающим от одного корня множество ветвей и направлений [7]. Например, в качестве одного из критериев актуальности фундаментальных исследований можно принять решения Шведской королевской академии наук о присуждении Нобелевских премий по химии [8; 9]. Поскольку в работе Нобелевского комитета представлены специалисты всех отраслей химии, ежегодно находят признание действительно выдающиеся достижения. Справедливости ради стоит отметить, что для оценки значимости того или иного достижения может потребоваться 10–15 и более лет, поэтому некоторые премии присуждены за работы, сделанные в конце XX столетия. Тем не менее оценка глобальных тенденций развития химии Нобелевским комитетом не подлежит сомнению.

За что же, начиная с 2000 г., были присуждены Нобелевские премии? Из 18 премий семь связаны с достижениями в биохимии и молекулярной биологии (2003, 2004, 2006, 2008, 2009, 2012 и 2015 гг.), три присуждены за развитие методов ис-

следования биополимеров (2002, 2014 и 2017 гг.), три – за успехи в области органического синтеза (2001, 2005 и 2010 гг.), две – за достижения в компьютерной химии (2013 и 2016 г.), а также по одной премии присуждены за работы в области химии твердого тела (2011 г.), гетерогенного катализа (2007 г.) и полимеров (2000 г.) [9].

Большинство из достижений, отмеченных Нобелевскими премиями, нашли отражение в учебном процессе на химическом факультете ВГУ. Рассмотрение вопросов функционирования ионных каналов (премия 2003 г.), рибосомы (премия 2009 г.) и рецепторов, связанных с G-белками (премия 2012 г.), включено в курсы «Спецглавы химических наук» (магистратура, «Биология»), «Основы медицинской химии» и «Избранные главы фармацевтической химии» (магистратура, программа «Органическая химия»), «Биополимеры» (аспирантура). Особо следует отметить премию 2008 г. за открытие и развитие зеленого флуоресцентного белка. Фактически этой премией отмечены революционные изменения, связанные с разработкой высокоскоростного скрининга, открывшего новую страницу в разработке лекарственных средств. Эти вопросы подробно рассмотрены в курсах «Фармацевтическая и медицинская химия» (бакалавриат, специалитет) и вышеназванных «Основах медицинской химии» и «Избранных главах фармацевтической химии».

Результаты работ по трехмерной ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии макромолекул, удостоенных Нобелевской премии в 2002 г., заставили внести изменения в учебные курсы «Спецглавы химических наук», «Методы исследования мономеров и полимеров» (бакалавриат) и «Методы анализа и исследования полимеров» (магистратура). Главы, посвященные этим вопросам, появились в учебниках, изданных в последние годы, когда они уже были включены в программы соответствующих курсов. Достижения, связанные с методами микроскопии: флуоресцентной (премия 2014 г.) и криоэлектронной (премия 2017 г.), также нашли отражение в курсах «Методы анализа и исследования полимеров» и «Биополимеры». Достижения в области компьютерной химии (премии 2013 и 2016 гг.) в определенной степени представлены в курсах «Компьютерное моделирование химических структур» (магистратура) и «Компьютерное моделирование полимеров» (магистратура, программа «Органическая химия»). Полностью на результатах работ, за которые была присуждена Нобелевская премия 2000 г., построен курс «Полисопряженные полимеры» (магистратура, программы «Органическая химия» и «Высокомолекулярные соединения»).

Безусловно, степень наполнения учебной дисциплины инновационным материалом зависит от уровня подготовки студентов. Поскольку одной из главных задач бакалавриата является подготовка студента, в полном объеме владеющего фундаментальными знаниями по выбранной специальности, то количество учебных дисциплин с инновационной составляющей оказывается меньше, чем в учебном плане для подготовки магистров (рисунок).

Например, в лекционном курсе «Структурная химия и кристаллохимия» (бакалавриат, специальность 04.03.02 – «Химия, физика и механика материалов») проблеме получения и свойств квазикристаллов (Нобелевская премия 2011 г.) уделяется лишь 15 минут в заключительной лекции о перспективах развития кристаллохимии. Той же проблеме в рамках учебного курса «Фундаментальные основы кристаллохимии» (магистратура, «Химия, физика и механика функциональных материалов») посвящена лекция «Аперриодические кристаллы и квазикристаллы».

Все сказанное выше не означает, что новейшие достижения науки и техники, отраженные в лекционных курсах, входящих в образовательные

программы химического факультета ВГУ, ограничены исключительно Нобелевской тематикой. В учебные дисциплины для магистратуры включены разделы, затрагивающие многие иные актуальные проблемы современной химии и химического материаловедения.

В наибольшей степени инновационной составляющей характеризуется лекционный курс «Актуальные задачи современной химии» (магистратура), который преподают ведущие профессора шести кафедр химического факультета, представляющих все основные разделы химии. В рамках данного курса студентов вовлекают в анализ научных и технологических проблем, которые ставит современная химия и предлагает оригинальные способы их решения. Например, студентам показывают, какие важнейшие научно-технические проблемы можно решить, используя теоретические принципы и экспериментальные методы химии твердого тела. Увеличить долю «зеленых» технологий, купировать влияние «парникового эффекта», снизить в энергетике зависимость от углеводородов позволяет использование полупроводниковых материалов, способных преобразовать энергию солнечного света в электрическую. Поэтому синтез новых эффективных полупроводников для солнечной энергетики является одной из приоритетных задач химии твердого тела, которая позволяет также решить проблему контроля уровня загрязнения атмосферного воздуха токсичными и взрывоопасными газами посредством использования сенсоров на основе металлоксидных широкозонных полупроводников [10; 11]. Дальнейший прогресс в области цифровых технологий невозможен без материалов, способных обеспечить усовершенствованные способы записи и хранения больших объемов информации, а также без полупроводников, позволяющих повысить быстродействие микропроцессоров. Методы получения таких крайне необходимых для дальнейшего развития науки и техники материалов также создаются и совершенствуются на основе химии твердого тела.

В настоящее время на шести кафедрах химического факультета ВГУ успешно осуществляется подготовка высококвалифицированных специалистов в рамках семи магистерских программ: «Физическая химия», «Высокомолекулярные соединения», «Органическая химия», «Химия природных соединений», «Неорганическая химия», «Аналитическая химия» и «Химия, физика и механика функциональных материалов». Кроме того, на кафедре физической химии недавно разработана новая образовательная программа уровня магистратуры «Современная теоретическая и

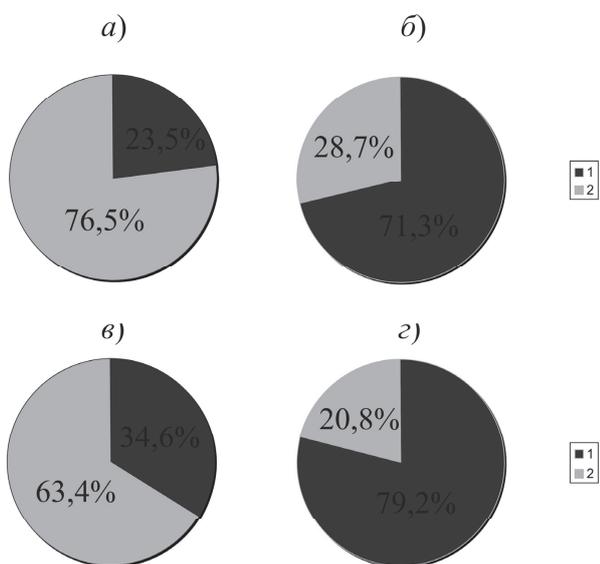


Рисунок. Доля учебных дисциплин с инновационными составляющими (1) и традиционных (2) на химическом факультете Воронежского государственного университета: а) направление 04.03.01 – «Химия» (бакалавриат); б) направление 04.04.02 – «Химия» (магистратура); в) направление 04.03.01 – «Химия, физика и механика материалов» (бакалавриат); г) направление 04.04.02 – «Химия, физика и механика материалов» (магистратура)

прикладная электрохимия». Она учитывает многогранность и векторы наиболее интенсивного развития электрохимической науки и технологий на ее основе, включая литий-ионные аккумуляторы и топливные элементы, нанозлектрохимию, фотоэлектрохимию и квантовую электрохимию, а также современные экспериментальные методы электрохимических исследований, такие как электрохимическая сканирующая туннельная микроскопия. Необходимо отметить, что реализация данной программы магистратуры способствует решению приоритетной научной задачи по созданию электрохимических преобразователей и накопителей энергии, а также материалов для них [12].

В зарубежных вузах магистерские программы зачастую удовлетворяют потребности в кадрах лишь определенной отрасли электрохимической промышленности. Такое разделение теории и практики при обучении студентов электрохимической науке, наблюдаемое в России и за рубежом, нельзя признать эффективным для резонансного, прорывного развития наукоемких отраслей. В отличие от других подобных зарубежных и отечественных аналогов, программа «Современная теоретическая и прикладная электрохимия» органично сочетает преподавание основ теоретической электрохимии с целью подготовки квалифицированного научно-педагогического работника и глубокое изучение конкретных практических проблем, что дает возможность подготовить специалиста, который может предложить новые технологические решения, подготовить их к внедрению в производство.

Обучение студентов преподаватели химического факультета ведут с использованием авторских учебных пособий, которые получили всероссийское признание, имеют грифы ФУМО по химии и напечатаны в центральных издательствах [2; 13–16]. В процессе подготовки лекционного материала для бакалавров и, преимущественно, магистров доценты и профессора факультета используют материалы авторских научных монографий [17–19], а также лучшие зарубежные учебники [20; 21], в том числе изданные в авторском переводе [22–23].

При обучении студентов на химическом факультете ВГУ широко применяются современные компьютерные технологии, реализуемые в виртуальной лаборатории – вычислительном кластере, который позволяет проводить опыты при полном отсутствии реальной установки, когда процессы моделируются при помощи компьютера. К преимуществам такого вычислительного кластера относятся возможность моделирования процессов, протекание которых принципиально невозможно в

лабораторных условиях, а также наглядная визуализация изучаемых процессов на экране компьютера [24]. Виртуальная лаборатория обеспечивает возможность проникновения в тонкости процессов и наблюдения происходящего в другом масштабе времени, что актуально для процессов, протекающих за доли секунды или, напротив, длящихся в течение нескольких лет, безопасность при работе с химическими веществами, экономию времени и ресурсов для перевода результатов в электронный формат [24].

Характерной особенностью учебного процесса в вузе является его неразрывная связь с научной деятельностью преподавателей и студентов. Как правило, ученый и педагог в вузе – это одно и то же лицо. Результаты исследований и опытно-конструкторских работ, осуществляемых преподавателями университетов и других вузов, являются важнейшей составной частью российской науки. Научная деятельность и ее результативность, квалификация педагогических работников, наличие аспирантуры, докторантуры и диссертационных советов, число аспирантов на 100 студентов представляют собой главные критерии государственной аккредитации, используемые при экспертизе показателей эффективности вузов различных видов [25].

Большинство студентов химического факультета вовлекаются в научную работу со второго курса. Многие из них под руководством преподавателей выполняют исследования в рамках научных проектов по грантам РФФИ, РНФ и ФЦП Министерства образования и науки РФ, результаты которых отражаются в выпускных квалификационных работах (ВКР) бакалавров и магистерских диссертациях. Например, на кафедре материаловедения и индустрии наносистем (зав. кафедрой академик РАН В. М. Иевлев) при подготовке специалистов по направлениям 04.03.02 и 04.04.02 – «Химия, физика и механика материалов» – неукоснительно выполняются повышенные требования к качеству ВКР бакалавров и магистерских диссертаций. Научные результаты ВКР бакалавров должны быть в обязательном порядке апробированы на ежегодных научных сессиях ВГУ, а также на всероссийских или международных научных конференциях. По результатам исследований, составляющих содержание магистерских диссертаций, должна быть опубликована хотя бы одна статья в центральной научной периодической печати.

Содержание учебных дисциплин для магистратуры регулярно корректируется с учетом наиболее весомых результатов научных исследований преподавателей химического факультета. Например, данные о высокой чувствительности

новых наноструктур на основе оксида палладия (II) при детектировании токсичных газов-окислителей в атмосферном воздухе [26; 27] используются в лекционных курсах «Актуальные задачи современной химии» и «Периодический закон и его роль в синтезе новых материалов».

Выступая на Первом профессорском форуме, организованном Российским Профессорским собранием, заместитель министра образования Г. Трубников представил проект новой федеральной программы «Научно-технологическое развитие Российской Федерации на 2018–2025 гг.» [28]. Реализация данной стратегической инициативы Министерства образования и науки России позволит закрепить статус университетов как основной площадки подготовки кадров для науки, расширит влияние науки на общество, повысит престиж карьеры в сфере науки. На встрече с доверенными лицами Президент РФ В. В. Путин указал: «...без современного здравоохранения, образования, инфраструктуры, без современной науки, технологий, робототехники, без генетики, биологии нам просто невозможно будет сохраниться» [29]. Выпускники химического факультета востребованы в самых разнообразных областях науки и техники, прежде всего, в вузах и научно-исследовательских учреждениях, а также на предприятиях и в лабораториях химического и материаловедческого профиля, металлургических производствах, организациях экологического мониторинга. Такой широкий спектр деятельности выпускников связан с тем, что уровень их подготовки в сфере фундаментальной и прикладной науки соответствует вызовам настоящего времени. Очевидно, что образование и вузовская наука должны быть ориентированы на внедрение и быструю коммерциализацию новых методов и перспективных материалов.

В преддверии столетнего юбилея Воронежского государственного университета и 85-летия химического факультета существует полная уверенность в том, что у профессорско-преподавательского состава факультета во главе с деканом проф. В. Н. Семеновым есть силы и ресурсы для выполнения задач, поставленных руководством страны.

Очевидно, что высшее образование и вузовская наука, ориентированные на внедрение и коммерциализацию новых материалов и технологий, должны обязательно включать в себя инновационную составляющую. На практике это необходимо осуществлять не в виде двух параллельных процессов, а только в органическом единстве, предполагающем совместное участие преподавателей-ученых вузов, студентов (бакалавров и

магистрантов) и наиболее компетентных представителей производственных и бизнес-структур. Данная актуальная задача не может реализоваться автоматически: она требует согласованных организационных и методических усилий, развития творческой инициативы студентов, преподавателей и потенциальных работодателей, постоянного анализа и обобщения достигнутых результатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Тоффлер Э. Революционное богатство / Э. Тоффлер, Х. Тоффлер. – М.: АСТ, 2007. – 576 с.
2. Миттова И. Я. История химии с древнейших времен до конца XX века : учеб. пособие. – Долгопрудный : Интеллект, 2012. – Т. 2. – 624 с.
3. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество / Д. Белл. – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Academia, 2004. – 788 с.
4. Богатова Т. В. Преподавание истории науки – важный инструмент патриотического воспитания / Т. В. Богатова, А. М. Самойлов // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Проблемы высшего образования. – 2017. – № 1. – С. 16–20.
5. Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 04.04.01 – «Химия» (уровень магистратуры) : приказ Минобрнауки России от 23 сентября 2015 г. № 1042. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_187776/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddaf-daddf518](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_187776/2ff7a8c72de3994f30496a0ccbb1ddaf-daddf518)
6. Денисов В. Я. Современные тенденции развития химических наук / В. Я. Денисов, С. В. Лузгарев // Успехи современного естествознания. – 2007. – № 11. – С. 33–35.
7. Аблесимов Н. Е. Сколько на свете химий? / Н. Е. Аблесимов // Химия и жизнь – XXI век. – 2009. – № 5. – С. 49–52; № 6. – С. 34–37.
8. Режим доступа: <https://www.nobelprize.org/nomination/chemistry/index/html>
9. Список лауреатов Нобелевской премии по химии. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
10. Marikutsa A. V. Nanocrystalline tin dioxide : Basics in relation with gas sensing phenomena. Part I : Physical and chemical properties and sensor signal formation / A. V. Marikutsa [et al.] // Inorganic Materials. – 2015. – V. 51, № 13. – P. 1329–1347.
11. Marikutsa A. V. Nanocrystalline tin dioxide : Basics in relation with gas sensing phenomena. Part II : Active centers and sensor behavior / A. V. Marikutsa [et al.] // Inorganic Materials. – 2016. – V. 52, № 13. – P. 1311–1338.
12. О приоритетных научных задачах, для решения которых требуется задействовать возможности федеральных центров коллективного пользования научным оборудованием : сообщение Правительства РФ о ходе работы по выполнению поручения

Президента России от 18 октября 2013 г. № Пр-2426. – Режим доступа: <http://government.ru/orders/10326>

13. Введенский А. В. Современная теоретическая и прикладная электрохимия : кинетика электрохимических процессов : учеб. пособие / А. В. Введенский. – Воронеж : Научная книга, 2017. – 149 с.

14. Козадеров О. А. Современные химические источники тока : учеб. пособие / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. – СПб. : Лань, 2017. – 131 с.

15. Сборник примеров и задач по электрохимии : учеб. пособие / А. В. Введенский [и др.]. – СПб. : Лань, 2018. – 208 с.

16. Гончаров Е. Г. Краткий курс теоретической неорганической химии : учеб. пособие / Е. Г. Гончаров [и др.]. – СПб. : Лань, 2017. – 464 с.

17. Иевлев В. М. Тонкие пленки неорганических материалов : механизмы роста и структура / В. М. Иевлев. – Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2008. – 496 с.

18. Козадеров О. А. Массоперенос и фазообразование при анодном селективном растворении гомогенных сплавов / О. А. Козадеров, А. В. Введенский. – Воронеж : Научная книга, 2014. – 288 с.

19. Vvedenskii A. V. Linear Voltammetry of Anodic Selective Dissolution of Homogeneous Metallic Alloys / A. V. Vvedenskii, O. A. Kozaderov // Voltammetry : Theory, Types and Applications. – N. Y., 2014. – P. 269–292.

20. Ashby M. F. Materials : Engineering, Science, Processing, and Design / M. F. Ashby, H. Shercliff, D. Cebon. – 3-d Edition. – Oxford : Elsevier – Butterworth Heinemann, 2013. – 784 p.

21. Ashby M. F. Materials and the Environment : Eco-informed Material Choice / M. F. Ashby. – 2-nd Edition. – Oxford : Elsevier – Butterworth Heinemann, 2012. – 628 p.

22. Мюллер У. Структурная неорганическая химия / У. Мюллер ; пер. с англ. под ред. А. М. Ховива. – Долгопрудный : Интеллект, 2010. – 352 с.

23. Энциклопедия полупроводниковых материалов / под ред. К. А. Джексона и В. Шрётера ; пер. с англ. под ред. Э. П. Домашевской. – Воронеж : Водолей, 2011. – Т. 2. – 919 с.

24. Трухин А. В. Об использовании виртуальных лабораторий в образовании / А. В. Трухин // Открытое и дистанционное образование. – 2002. – № 4. – С. 81–82.

25. Об утверждении показателей деятельности и критериев государственной аккредитации высших учебных заведений : приказ Минобрнауки РФ от 30 сентября 2005 г. № 1938.

26. Ryabtsev S. V. Microstructure and electrical properties of palladium oxide thin films for oxidizing gases detection / S. V. Ryabtsev [et al.] // Thin Solid Films. – 2017. – V. 636. – P. 751–759.

27. Ievlev V. M. Thin and Ultrathin Films of Palladium Oxide for Oxidizing Gases Detection / V. M. Ievlev [et al.] // Sensors & Actuators B : Chemical. – 2018. – V. 255, № 2. – P. 1335–1342.

28. Режим доступа: <http://www.gosrf.ru/news/34552/>

29. Режим доступа: <http://putin2018.ru/press/putin-vstrecha/>

*Воронежский государственный университет  
Самойлов А. М., доктор химических наук,  
профессор кафедры материаловедения и индустрии наносистем  
Тел.: 8 (473) 220-87-35*

*Козадеров О. А., доктор химических наук, доцент  
кафедры физической химии  
Тел.: 8 (473) 220-85-38*

*Шестаков А. С., доктор химических наук, заведующий кафедрой высокомолекулярных соединений и коллоидной химии  
Тел.: 8 (473) 220-89-56*

*Voronezh State University  
Samoylov A. M., Dr. Habil. in Chemistry, Professor of the Material Sciences and Nanosystems Industry Department  
Tel.: 8 (473) 220-87-35*

*Kozaderov O. A., Dr. Habil. in Chemistry, Associate Professor of the Physical Chemistry Department  
Tel.: 8 (473) 220-85-38*

*Shestakov A. S., Dr. Habil. in Chemistry, Head of High Molecular Compounds and Colloid Chemistry Department  
Tel.: 8 (473) 220-89-56*