



**КАДРЫ
ДЛЯ ХИМИИ**

**ПОДГОТОВКА КАДРОВ
ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ:
АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ, ФОРМИРОВАНИЕ
КОМПЕТЕНЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Монография

Белгород 2026



МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



Минпромторг
России

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Белгородский государственный национальный
исследовательский университет»

ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ
ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ, ФОРМИРОВАНИЕ
КОМПЕТЕНЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Монография



Белгород 2026

УДК 331.5
ББК 65.240
П 44

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ» (протокол № 7 от 20.11.2025)

Авторы:

*Д.В. Белоцеркович, О.Е. Лебедева, А.Е. Новикова,
Н.А. Воловичева, Е.А. Гудкова, Е.А. Тарасенко, О.В. Кокошкина,
М.Н. Устинова, Д.Е. Смальченко, Е.С. Селиверстов, В.В. Лисняк*

Рецензенты:

М.А. Трубицын, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры общей химии
института фармации, химии и биологии НИУ «БелГУ», профессор РАЕ;
А.А. Тенигина, начальник отдела контроля качества ООО «НПФ ВИК»

П 44 Подготовка кадров для химической отрасли: анализ, прогноз, формирование компетенций нового поколения: монография / Д.В. Белоцеркович, О.Е. Лебедева, А.Е. Новикова и др. – Белгород : ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2026. – 88 с. – URL : <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/66519/> – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9571-4046-7

Настоящее исследование представляет собой комплексный анализ текущего состояния и перспектив модернизации системы подготовки кадров в области химии и новых материалов. Работа выполнена на основе всестороннего изучения требований рынка труда Российской Федерации в целом и ЦФО в частности, анкетирования промышленных партнеров, выпускников и студентов, а также обобщения лучших практик ведущих российских и зарубежных вузов. В исследовании выявлены ключевые проблемы взаимодействия между образовательными учреждениями и предприятиями. Особое внимание уделено анализу востребованных профессиональных и надпрофессиональных компетенций, а также запросу на микроквалификации и гибкие образовательные форматы. На основе проведенного анализа сформулированы конкретные рекомендации по введению новых дисциплин, образовательных модулей и микроквалификаций, направленных на формирование у обучающихся актуальных навыков, отвечающих потребностям реального сектора экономики. Эта работа важна для построения эффективной модели взаимодействия «вуз-работодатель» и создания гибкой, практико-ориентированной системы подготовки конкурентоспособных специалистов-химиков.

Минимальные системные требования
Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т. п.
скорость подключения – не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т. п.

УДК 331.5
ББК 65.240

ISBN 978-5-9571-4046-7

© НИУ «БелГУ», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Аналитический обзор вакансий для химиков, инженеров-химиков и смежных специальностей, представленных на платформе HeadHunter	8
1.1. Методология проведения анализа	8
1.2. Анализ работодателей: региональная и отраслевая принадлежность	9
1.3. Анализ предлагаемых вакансий	11
1.3.1. Обзор основных категорий предлагаемых вакансий	11
1.3.2. Общий обзор круга обязанностей и задач в рамках предлагаемых вакансий	12
1.3.3. Требования работодателей к кандидатам	13
1.3.3.1. Требования к уровню образования соискателей должности	13
1.3.3.2. Требования к опыту работы (трудовому стажу) соискателя	13
1.3.3.3. Ключевые навыки и компетенции, которыми должен обладать соискатель вакансии	14
2. Аналитический обзор результатов анкетирования промышленных партнеров – потенциальных работодателей, представляющих ключевые секторы химической и смежных отраслей	17
2.1. Методология проведения анализа	17
2.2. Комплексный анализ результатов анкетирования работодателей	22
2.2.1. Отраслевая структура промышленных партнеров, принявших участие в анкетировании	22
2.2.2. Кадровый потенциал и потребности промышленности	23
2.2.3. Востребованность специалистов и перспективы развития	24
2.2.4. Актуальные направления подготовки и профессиональные компетенции	25
2.2.5. Практические навыки и надпрофессиональные компетенции	26
2.2.6. Проблемы подготовки и трудности трудоустройства	28
2.2.7. Эффективные форматы подготовки и практики	29

2.2.8. Взаимодействие с ВУЗами: современное состояние проблемы	30
2.2.9. Перспективные направления и оценка соответствия подготовки.....	32
2.2.10. Необходимые изменения и рекомендации.....	32
3. Аналитический обзор результатов анкетирования выпускников, обучавшихся по направлению «Химия»	35
3.1. Методология сбора данных и проведения анализа.....	35
3.2. Анализ результатов анкетирования выпускников	37
3.2.1. Распределение выпускников по годам и когортный анализ	37
3.2.2. Текущая сфера деятельности: отраслевое распределение выпускников.....	38
3.2.3. Уровень образования, полученного выпускниками	39
3.2.4. Востребованность компетенций, полученных выпускниками в период обучения в ВУЗе.....	39
3.2.5. Опыт выпускников: необходимые практические навыки для старта карьеры	40
3.2.6. Востребованные микроквалификации: анализ запроса на актуальные компетенции	41
3.2.7. Приоритетные формы взаимодействия с работодателями.....	42
3.2.8. Готовность участвовать в междисциплинарных образовательных инициативах	43
3.2.9. Запрос на прохождение дополнительного обучения (микроквалификации, курсы повышения квалификации).....	44
4. Аналитический обзор результатов анкетирования студентов, обучающихся по направлению «Химия»	46
4.1. Методология сбора данных и проведения анализа	46
4.2. Анализ результатов анкетирования	48
4.2.1. Ключевые профессиональные компетенции.....	48
4.2.2. Предпочтительные форматы обучения.....	49
4.2.3. Отношение к цифровизации образования.....	49
4.2.4. Обучение на реальных кейсах от предприятий.....	50
4.2.5. Интерес к микроквалификациям	51
4.2.6. Междисциплинарные связи	51
4.2.7. Интересующие отрасли для трудоустройства	52
4.2.8. Полезные формы взаимодействия с работодателями	52
4.2.9. Участие в разработке образовательных модулей.....	53

5. Обобщение информации о лучших практиках ведущих российских и зарубежных вузов в области трансформации системы подготовки кадров по химии	57
6. Рекомендации по введению новых дисциплин, образовательных модулей или микроквалификаций в образовательные программы НИУ «БелГУ».....	70
6.1. Дисциплина «Химическое материаловедение и дизайн современных материалов».....	70
6.2. Модуль «Статистическая обработка данных химического эксперимента»	74
6.3. Модуль «Альтернативная энергетика: химические аспекты и материалы».....	76
6.4. Модуль «Современная химия и химическая безопасность».....	78
Заключение	85



ВВЕДЕНИЕ

Современный рынок труда для специалистов химического профиля характеризуется высокой динамикой и растущими требованиями, обусловленными технологической трансформацией ключевых отраслей промышленности – от фармацевтики и биотехнологий до нефтехимии и «зеленой» энергетики. В этих условиях система высшего образования сталкивается с необходимостью постоянной адаптации своих образовательных программ для подготовки конкурентоспособных выпускников, обладающих не только глубокими теоретическими знаниями, но и актуальными практическими навыками, отвечающими запросам реального сектора экономики. Тенденция трансформации университетов из центров генерации и передачи знаний в одну из частей экосистемы «вуз-работодатель» ярко выражена во всех развитых странах. Отечественные университеты нарабатывают новые практики в поисках решения новых задач, встающих перед ними в ходе изменения роли и места высшего образования в обществе.

Целью настоящего комплексного анализа является подготовка фундамента для формирования стратегических рекомендаций по модернизации и развитию образовательных программ направления Химия на основе всестороннего изучения требований рынка труда, оценки текущего уровня подготовки выпускников, анализа образовательных запросов студентов, а также обобщения информации о лучших практиках ведущих образовательных учреждений. Достижение данной цели позволит создать гибкую, практико-ориентированную модель подготовки, обеспечивающую эффективную интеграцию выпускников в профессиональную среду и их долгосрочную востребованность.

Для достижения поставленной цели в ходе исследования решался комплекс взаимосвязанных задач:

1) анализ рынка труда и требований работодателей: выявление ключевых тенденций, востребованных профессиональных компетенций (Hard Skills), личностных качеств (Soft Skills) и отраслевых требований к специалистам-химикам на основе данных ведущих рекрутинговых платформ;

2) диагностика потребностей и оценка кадрового потенциала индустриальных партнеров: глубинное изучение мнения работодателей о качестве подготовки выпускников, определение дефицитных навыков, оценка эффективности существующих форматов

взаимодействия с вузами и выявление перспективных направлений развития отрасли;

3) ретроспективный анализ карьерных траекторий и компетенций выпускников: получение обратной связи от выпускников о востребованности полученных в вузе знаний и навыков, выявление трудностей на старте карьеры и формирование запроса на актуальные микроквалификации;

4) изучение образовательных запросов и карьерных ожиданий студентов: определение предпочтительных форматов обучения, интереса к цифровизации, междисциплинарности и различным формам взаимодействия с потенциальными работодателями;

5) обобщение информации о лучших практиках ведущих российских и зарубежных вузов в области трансформации системы подготовки кадров по химии;

6) формулирование на основе выполненного анализа предложений по тематике новых элементов образовательной программы бакалавриата по химии (дисциплин, модулей, микроквалификаций).

Ключевой особенностью методологии данного отчета является сегментация и комплексный анализ ключевых групп, чьи интересы и взаимодействие формируют образовательную экосистему:

– работодатели (индустриальные партнеры): крупные, средние и малые предприятия фармацевтики, нефтехимии, пищевой промышленности, аналитических лабораторий и других секторов. Эта группа является конечным «потребителем» кадров и формулирует техническое задание на подготовку специалиста, определяя набор обязательных и желательных компетенций;

– выпускники: специалисты с различным опытом работы (от молодых кадров до опытных руководителей), представляющие ретроспективный взгляд на качество образования. Данная группа служит «зеркалом», отражающим сильные и слабые стороны образовательной программы в долгосрочной перспективе и фиксирующим разрыв между теорией и практикой;

– студенты (обучающиеся): текущие участники образовательного процесса (бакалавры и магистранты), чьи ожидания, мотивация и образовательные запросы определяют вовлеченность и будущие карьерные траектории. Мнение этой заинтересованной группы важно для проектирования комфортной и эффективной образовательной среды.

Такой многосторонний подход, учитывающий позиции всех участников процесса, позволяет не просто констатировать существующую ситуацию, а выявить их системные причины и выработать сбалансированные, реализуемые стратегические рекомендации. Сопоставление и перекрестный анализ данных от этих групп выявляют как «болевы́е точки», так и точки роста, формируя целостную картину для принятия решений.

1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ВАКАНСИЙ ДЛЯ ХИМИКОВ, ИНЖЕНЕРОВ-ХИМИКОВ И СМЕЖНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НА ПЛАТФОРМЕ HEADHUNTER

Целью настоящего аналитического обзора являлась комплексная оценка текущего состояния рынка труда для специалистов в области химии, а также определение ключевых требований работодателей, круга обязанностей и перспектив для кандидатов. Обзор составлен на основе выборки из 50 актуальных вакансий для специалистов химического и смежных профилей, размещенных на платформе HeadHunter. Анализ охватывает ключевые аспекты: сфера деятельности работодателей, типы предлагаемых должностей, перечень обязанностей, а также детализированные требования к кандидатам, включая уровень образования, необходимый стаж, ключевые навыки.

1.1. Методология проведения анализа

Проведение анализа рынка труда для специалистов в области химии и смежных специальностей было основано на данных, собранных с российской рекрутинговой платформы HeadHunter (hh.ru).

Платформа HeadHunter была выбрана в качестве основного источника данных в связи со следующими её ключевыми преимуществами:

- лидирующее положение на рынке: HeadHunter является крупнейшей и наиболее популярной площадкой по поиску работы и подбору персонала в России. Это обеспечивает максимальный охват вакансий от работодателей из всех регионов и отраслей экономики;
- высокая репрезентативность данных: на платформе представлены вакансии от тысяч компаний – от международных корпораций и государственных предприятий до малого и среднего бизнеса. Это позволяет получить сбалансированную и репрезентативную картину спроса на специалистов;
- структурированность информации: вакансии на hh.ru имеют четкую структуру (обязанности, требования, условия труда), что позволяет проводить системный контент-анализ и точно классифицировать данные;
- актуальность данных: платформа регулярно обновляется, что гарантирует работу с действующими вакансиями, отражающими текущие потребности рынка труда.

По сравнению с другими платформами (такими как Avito Работа, SuperJob и др.), HeadHunter предлагает наибольшее количество вакансий для технических и инженерных специальностей, включая химиков, что делает его наиболее подходящим источником для целей данного исследования.

Объем генеральной совокупности и формирование выборки

На момент проведения анализа по запросу «Химик» на платформе HeadHunter было размещено более 2900 актуальных вакансий по всей территории Российской Федерации. Для обеспечения глубины и качества качественного анализа была сформирована репрезентативная выборка объемом 50 вакансий. Выборка формировалась с учетом следующих критериев:

- отраслевое разнообразие: в выборку вошли вакансии из ключевых секторов экономики, где востребованы химики (фармацевтика, нефтехимия, пищевая промышленность, лабораторно-аналитический сектор и др.);
- географическое покрытие: учтены вакансии из различных регионов России, включая Москву и Московскую область, Санкт-Петербург, Урал, Сибирь, Поволжье и Юг России;
- разнообразие должностей: в выборку включены вакансии различного уровня – от лаборантов и начинающих специалистов до ведущих инженеров и руководителей.

Методология сбора данных

Сбор данных осуществлялся методом сплошного выборочного обследования текстов вакансий. Каждая вакансия из выборки была проанализирована по следующим параметрам:

- сфера деятельности и отраслевая принадлежность работодателя;
- регион размещения вакансии;
- наименование должности;
- ключевые обязанности и задачи;
- требования к образованию и опыту работы;
- требуемые профессиональные навыки (Hard Skills) и личностные качества (Soft Skills).

Обработка данных проводилась с использованием методов количественного (подсчет частотности и процентных соотношений) и качественного контент-анализа (категоризация и интерпретация текстовой информации).

1.2. Анализ работодателей: региональная и отраслевая принадлежность

Проанализировано 50 вакансий от 48 предприятий-работодателей. Географический охват работодателей достаточно представительен и включает в себя ключевые промышленные и научные центры России:

- Москва и Московская область: АО «АСТОР», ООО «Сальвус», «ПСК Фарма», «ИДС Боржоми», AVON, ООО «Хелиос РУС», ООО «Гидротехинжиниринг» и др.;
- Санкт-Петербург и Ленинградская область: ООО «ЦЕНТР «СЭЗ», ООО «Неохим», ООО «ТК «ТЭКСПРО», АО «Концерн Океанприбор»;
- Уральский регион: АО «Химтраст», АО «Уралбиофарм», НПК «Карбон», ООО «ДИОКСИД», ПАО «Удмуртнефть», ОАО «Камтэкс-Химпром», ООО «Форпласт Трейдинг»;
- Сибирь: «НК «Конданефт», «СИБУР ПолиЛаб»;
- Поволжье: ГК «НИЖФАРМ», АО «Пигмент», ООО «Гальваника НН»;
- Юг России: «Гельтек-Медика», ООО «ЮжФарм», ГК «Роса»;
- Другие регионы: «АХ «Руст», АО «Верофарм», АО «ФАРМ-СИНТЕЗ», ООО «Главпродукт», АО «Ретиноиды».

Работодатели представляют широкий спектр отраслей, что подчеркивает востребованность химических специалистов на рынке труда и в отечественной экономике в целом. Отраслевую структуру в настоящей аналитической выборке можно классифицировать следующим образом (Рис. 1).



Рис. 1. Отраслевая принадлежность предприятий, включенных в аналитическую выборку

Фармацевтическая промышленность и биотехнологии – 17 компаний (34%), в числе которых: «Фармпроект», «ПСК Фарма», «ФАРМ-СИНТЕЗ», «НИЖФАРМ», «Уралбиофарм», «Сальвус», «Ретиноиды», «ИСТ-ФАРМ», «Верофарм» (Abbott), «ЮжФарм», «Авексима», Neoterica (ветеринарные препараты), «Эвалар» (БАДы). Направления деятельности: производство готовых лекарственных средств, синтез активных фармацевтических субстанций, разработка и контроль качества, биотехнологии (моноклональные антитела).

Нефтегазовая и нефтехимическая промышленность – 6 компаний (12%), в числе которых: «НК «Конданефт» (Роснефть), «Удмуртнефть» (Роснефть), «Газпром нефть», «СИБУР ПолиЛаб», «Камтэкс-Химпром», «ХимБурСервис». Направления

деятельности: добыча и переработка нефти и газа, контроль качества нефтепродуктов, производство базовой нефтехимии (полимеры, фталевый ангидрид), сервис буровых растворов.

Пищевая и алкогольная промышленность – 5 компаний (10%), в числе которых: «Алкогольный холдинг «Руст», «ИДС Боржоми», «Главпродукт», «ТЭКСПРО», АПХ «МИРАТОРГ». *Направления деятельности:* производство алкогольных и слабоалкогольных напитков, бутилированной воды, мясной продукции, пищевых ингредиентов.

Химическая промышленность (специализированная) – 5 компаний (10%), в числе которых: АО «Химтраст» (производство полиуретанов), «Форпласт Трейдинг» (производитель синтетических восковых добавок), «Цитрон» (производство лимонной кислоты), ООО «ДИОКСИД» (изготовитель технических газов и высокотехнологичного криогенного, углекислотного, газового оборудования для жидкого азота, кислорода, аргона и двуокиси углерода), «Гельтек-Медика» (производитель медицинских контактных сред для ультразвуковой и функциональной диагностики, офтальмологии, средств для ухода за веками и профессиональной косметики).

Лабораторно-аналитический и экспертный сектор – 5 компаний (10%), в числе которых: ООО «ЦЕНТР «СЭЗ», ФБУЗ ФЦГиЭ Роспотребнадзора, НПП «АСТОР», ООО «СОЮЗАГРОХИМ», АО «НИИ полимеров». *Направления деятельности:* аккредитованные испытательные лаборатории, научно-исследовательские институты, контроль качества окружающей среды и продукции.

Производство и разработка лакокрасочных материалов (ЛКМ) и покрытий – 3 компании (6%), в числе которых: «Хелиос РУС», «Неохим», «Гальваника НН».

Машиностроение и оборонно-промышленный комплекс (ОПК) – 3 компании (6%), в числе которых: «Концерн Океанприбор» (создание гидроакустической техники для военно-морского флота и систем различного назначения для народного хозяйства), АО «НПО Стеклопластик» (создание стекловолоконных материалов и композитов на их основе), «НИИ полимеров» (входит в Ростех).

Прочие отрасли (водоподготовка, инжиниринг, наука) – 6 компаний (12%), в числе которых: ООО «Гидротехинжиниринг» (водоподготовка), НПП «Карбон» (графитовые и фторопластовые изделия), Сеченовский Университет (наука), ООО «Роса» (зернопереработка) и др.

1.3. Анализ предлагаемых вакансий

1.3.1. Обзор основных категорий предлагаемых вакансий

В выборке представлено 18 различных наименований должностей. В то же время номенклатура должностей отражает специализацию как отраслей, так и конкретных производственных задач. На рисунке 2 представлены основные категории предлагаемых вакансий.

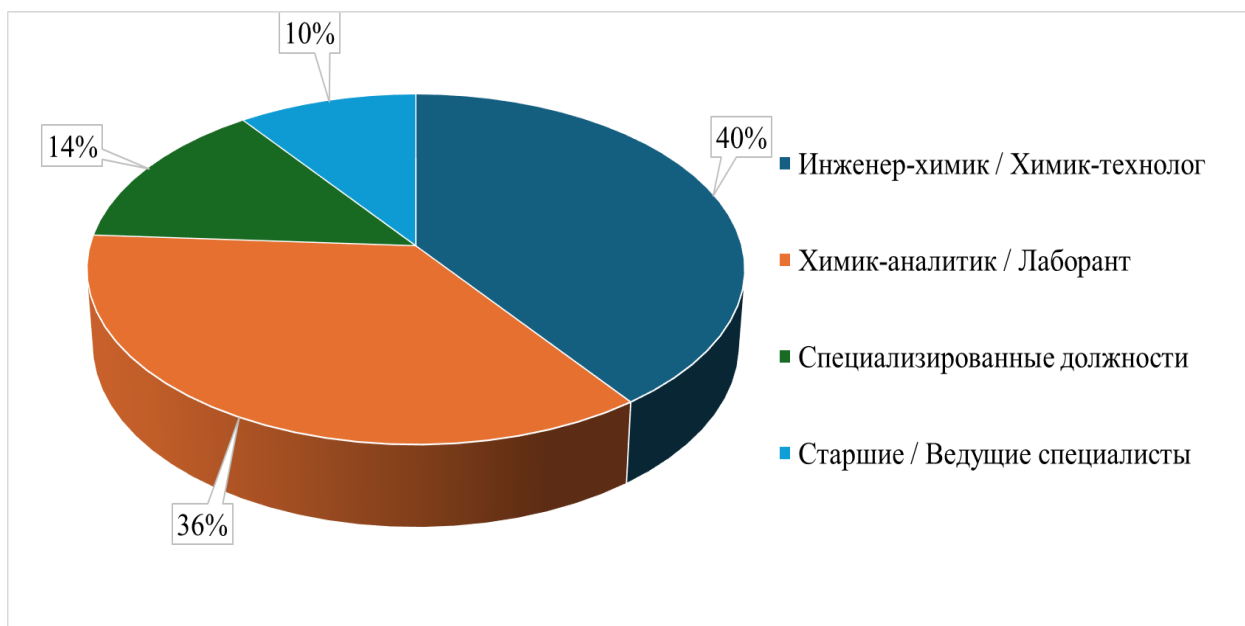


Рис. 2. Базовые группы вакансий, предлагаемые работодателями

Анализ данных показал, что наиболее распространенной вакансией является позиция «Инженер-химик» / «Химик-технолог», что говорит о ее востребованности в различных производственных процессах.

Второе место по количеству предлагаемых вакансий занимает аналитическая деятельность, имеющая как широкопрофильную (например, «Лаборант химического анализа» – 4 вакансии, «Химик-аналитик» – 7 вакансий), так и узкоспециализированную направленность (например, «Химик-хроматографист» – 3 вакансии). Это указывает на высокую потребность в реализации функций контроля качества во всех отраслях.

Востребованы также узкоспециализированные эксперты-химики – инженеры по валидации, инженеры по подбору материалов, специалисты по разработке испытанию полимерных материалов.

Среди представленных вакансий отмечается устойчивый спрос на руководителей старшего и среднего звена, например, «Старший инженер-химик», «Руководитель ОКК», «Ведущий химик».

1.3.2. Общий обзор круга обязанностей и задач в рамках предлагаемых вакансий

Обязанности и задачи, представленные в описаниях вакансий, напрямую зависят от должности и отраслевой принадлежности предприятия. В то же время при анализе выборки можно выделить универсальные и специализированные блоки должностных функций (Табл. 1).

Ядром работы для большинства позиций является лабораторно-аналитическая деятельность и ее документационное сопровождение. Наличие в обязанностях пунктов, связанных с внутренним контролем качества и метрологией, характерно для аккредитованных лабораторий и регулируемых промышленных производств (фармацевтика, пищевая промышленность и др.).

Статистика по ключевым направлениям деятельности*

Направление обязанностей	Конкретные задачи	% вакансий
1	2	3
Лабораторный анализ и контроль качества	Проведение физико-химических, органолептических, микробиологических анализов; входной контроль сырья, контроль готовой продукции; работа на аналитическом оборудовании (хроматографы ВЭЖХ/ГХ, спектрофотометры ИК/УФ, титраторы и др.).	86
Ведение документации	Оформление протоколов испытаний, рабочих журналов, отчетов; ведение лабораторной документации в соответствии с требованиями СМК (Системы Менеджмента Качества), ГОСТ ISO/IEC 17025, GMP.	78
Разработка и совершенствование	Разработка новых рецептур, продуктов, технологий; совершенствование существующих процессов; проведение экспериментов и НИОКР; валидация и верификация методик анализа.	44
Работа с оборудованием	Подготовка, калибровка, поверка, обслуживание лабораторного и технологического оборудования; контроль его исправности.	42
Внутренний контроль и метрология	Проведение внутрिलाбораторного контроля качества (ВЛК); участие в межлабораторных сличительных испытаниях (МСИ); обработка и статистический анализ данных.	24
Технологический контроль и сопровождение	Контроль соблюдения технологического процесса на производстве; расчет норм расхода сырья; оптимизация производственных процессов.	22
Взаимодействие и коммуникация	Взаимодействие с другими отделами (производство, ООК, снабжение); коммуникация с поставщиками и заказчиками; обучение персонала.	20

*Процент рассчитан от общего количества вакансий, где указана данная обязанность.

1.3.3. Требования работодателей к кандидатам

1.3.3.1. Требования к уровню образования соискателей должности

Высшее профильное химическое, химико-технологическое и химико-фармацевтическое образование является абсолютно необходимым условием для трудоустройства – 94% от проанализированной выборки вакансий. Это подчеркивает высокий профессиональный уровень, необходимый для работы в современных лабораториях и на производстве. В редких случаях (8% от проанализированных предложений о трудоустройстве) рассматриваются кандидаты со средним специальным образованием, как правило, для позиций «Лаборант». Кроме того, в некоторых исследовательских центрах и международных компаниях требуется знание английского языка (чаще всего уровни А2-В1) – 14% вакансий.

1.3.3.2. Требования к опыту работы (трудовому стажу) соискателя

Проанализированный рынок вакансий предлагает возможности трудоустройства как для начинающих специалистов, так и для опытных соискателей (Рис. 3).

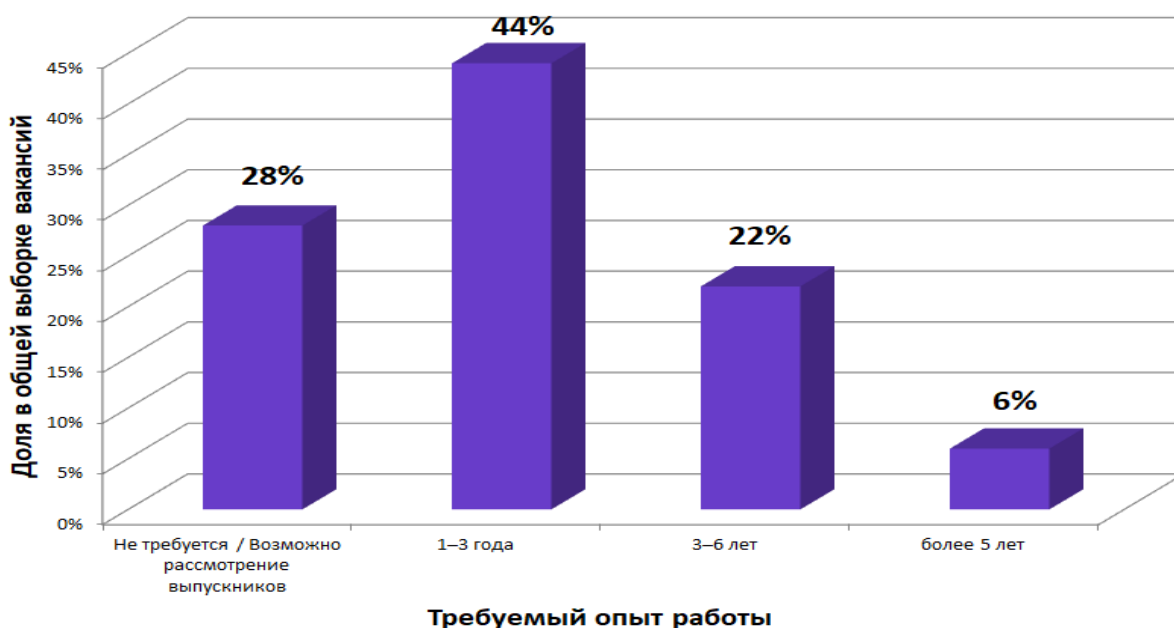


Рис. 3. Требования к опыту работы в предлагаемых вакансиях

Большинство вакансий ориентированы на специалистов с начальным опытом (1-3 года), что свидетельствует о высоком спросе на уже подготовленные кадры, не требующие длительной адаптации. Стоит также отметить, что довольно значительная доля вакансий открыта для выпускников ВУЗов и учреждений СПО (28%). Это говорит о готовности работодателей вкладываться в развитие кадрового потенциала, а для соискателя создает хорошие возможности для старта карьеры. Для соискателей, претендующих на замещение вакансий в области руководящих должностей (руководители групп, начальники лабораторий, главные технологи, старшие/ведущие специалисты), как правило, требуется более значительный опыт работы в профильной сфере – от 3-5 лет и более.

1.3.3.3 Ключевые навыки и компетенции, которыми должен обладать соискатель вакансии

На основе анализа всех вакансий были выделены наиболее востребованные навыки (Рис. 4-5).

Технические навыки работы с оборудованием и ПО являются базисными требованиями, которые предъявляет работодатель к потенциальным кандидатам – соискателям должности. Среди профессиональных навыков лидирует уверенное владение ПК, что стало стандартом не только для любой офисной работы, но и деятельности, реализуемой в условиях производственной и аналитической лаборатории.

Ядро компетенций современного химика формируют:

- навыки владения современным аналитическим оборудованием (владение хроматографическими методами анализа (ВЭЖХ/ГХ) – самый востребованный инструмент в арсенале современного химика-аналитика);
- умение работать с нормативной базой: ГОСТы, ISO/IEC, GMP, СанПиН, ТР ТС;
- нормативно-правовая и документационная грамотность.

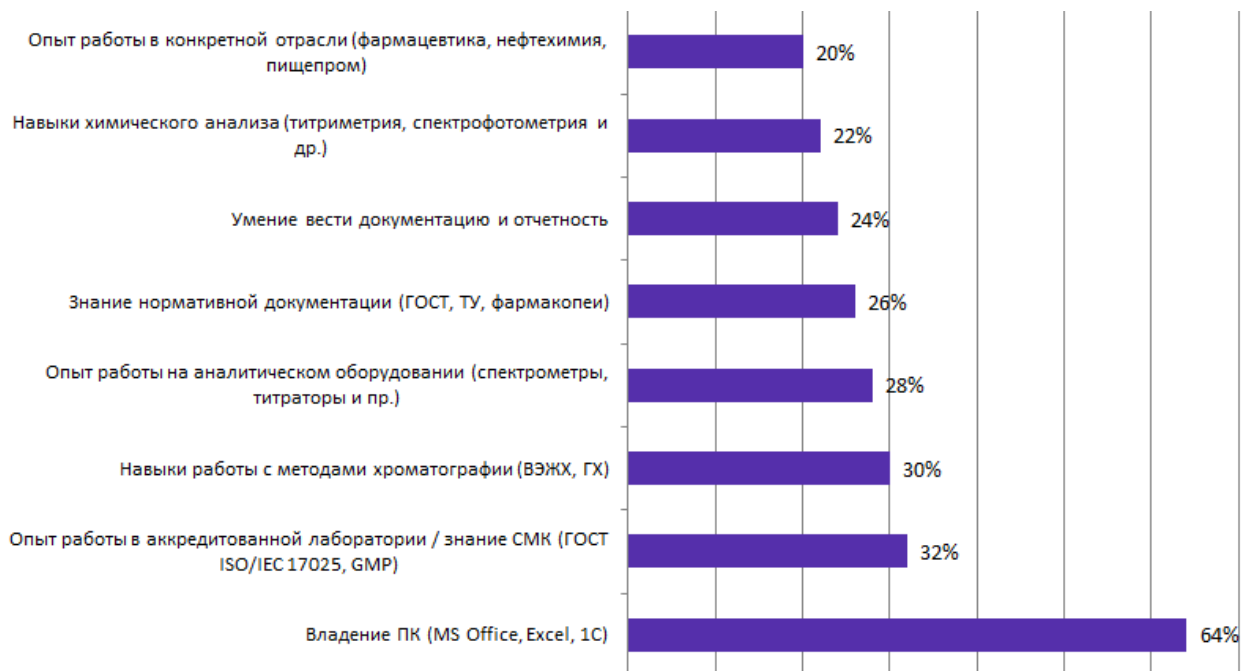


Рис. 4. Hard Skills (Профессиональные навыки)*

*Процент указан от общего числа вакансий (50)

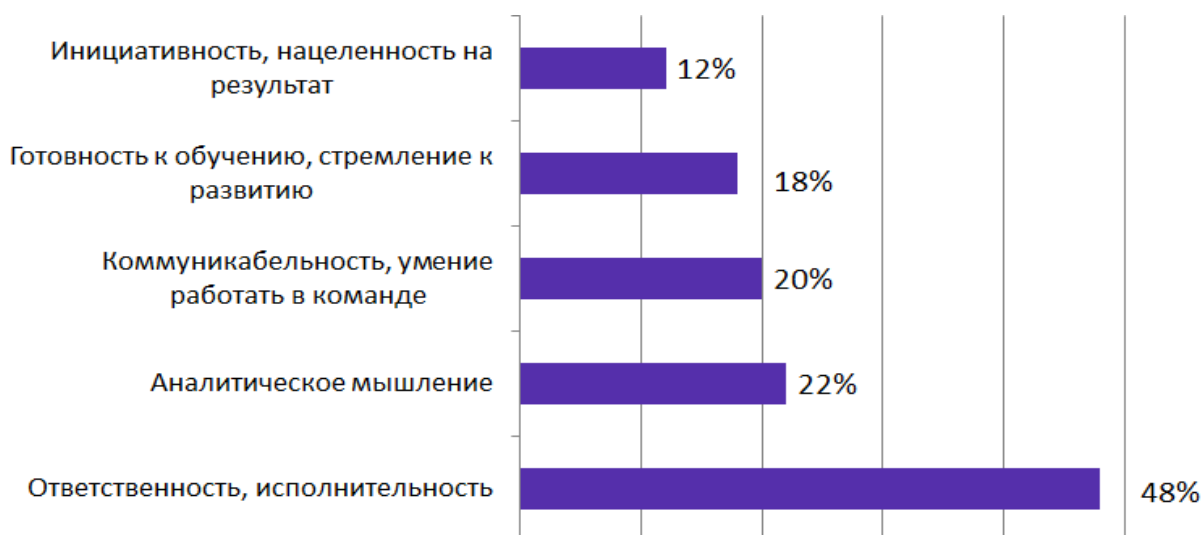


Рис. 5. Soft Skills (Личностные качества и универсальные компетенции)*

*Процент указан от общего числа вакансий (50)

Крайне востребованы специалисты, знакомые с системами менеджмента качества и имеющие опыт работы на современном аналитическом оборудовании, особенно хроматографах.

Среди личностных качеств работодатели более всего ценят внимательность и ответственность, а также коммуникабельность и умение работать в команде. Это напрямую связано с обеспечением качества продукции и безопасности процессов.

Конкурентными преимуществами кандидатов на замещение вакантной должности могут стать: опыт работы в аккредитованной лаборатории, знание английского языка, навыки работы с LIMS и 1С, наличие опыта участия в валидации и разработке методик.

Выводы на основе проделанного анализа

1) Специалисты химического профиля остаются крайне востребованными в различных секторах российской экономики, от традиционной нефтехимии до высокотехнологичной фармацевтики и биотехнологий.

2) Рынок вакансий четко разделен на массовый спрос в сфере производства и контроля качества (инженеры-химики, технологи, аналитики) и на более узкий, но высокооплачиваемый сегмент научно-исследовательской деятельности и разработки.

3) Большинство предложений ориентированы на выпускников, а также специалистов с опытом работы от 1-3 лет. Наличие опыта работы в аккредитованной лаборатории и знания стандартов (GMP, ГОСТ ISO/IEC) является значительным конкурентным преимуществом.

4) В большинстве представленных вакансий прослеживается требование к совмещению исследовательских и технологических функций, что свидетельствует об устойчивой трансформации роли химика: от исполнителя к мультикомпетентному профессионалу. Работодатели больше не ищут просто «химика-лаборанта». Современный специалист должен совмещать несколько ролей: исследователь (проведение экспериментов, анализ данных); технолог (оптимизация процессов, внедрение инноваций); метролог (валидация методик, калибровка оборудования); документовед (ведение технической документации, протоколов, отчетности); коммуникатор (взаимодействие со смежными отделами, поставщиками).

5) Цифровизация химических профессий также относится к основным трендам, определяющим вектор развития потребностей в профильных специалистах. Наблюдается устойчивый рост спроса на химиков-аналитиков, обладающих цифровыми навыками:

- работой с LIMS-системами и электронными лабораторными журналами для автоматизации документооборота и управления данными;
- обработкой данных на специализированном ПО для хроматографии и спектроскопии;
- навыками статистического анализа и применения методов машинного обучения для интерпретации больших массивов экспериментальных данных;
- умением работать с цифровыми двойниками процессов и системами IoT-мониторинга оборудования;
- пониманием принципов кибербезопасности при управлении критически важными данными и защите интеллектуальной собственности.

2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ АНКЕТИРОВАНИЯ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ПАРТНЕРОВ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ РАБОТОДАТЕЛЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЮЩИХ КЛЮЧЕВЫЕ СЕКТОРЫ ХИМИЧЕСКОЙ И СМЕЖНЫХ ОТРАСЛЕЙ

Анкетирование индустриальных партнеров химической отрасли проводилось с целью оценки текущего состояния подготовки кадров и выявления ключевых проблем взаимодействия между образовательными учреждениями и предприятиями.

2.1. Методология проведения анализа

Методологической основой данного исследования послужило анкетирование работодателей – индустриальных партнеров ВУЗа. Была составлена специализированная анкета, направленная на сбор структурированных данных по ключевым аспектам: оценка востребованных компетенций выпускников, анализ эффективности практической подготовки и выявление перспективных направлений для развития образовательных программ (Табл. 2). Анкета содержала 25 вопросов, которые охватывали следующие темы:

- сфера деятельности и численность организации;
- потребность в специалистах с химическим образованием;
- оценка профессиональных и надпрофессиональных компетенций выпускников;
- эффективность форматов подготовки и практик;
- проблемы взаимодействия с вузами.

Сбор данных осуществлялся путем проведения онлайн-опроса с использованием Google Forms.

Данные обрабатывались с использованием методов количественного и качественного анализа. Для выявления корреляций между ответами применялся перекрестный анализ.

Анкета для индустриальных партнеров – потенциальных работодателей

Блок 1. Общая информация о работодателе

1. К какой сфере относится Ваша организация? (Выберите не более трёх ответов)

- Химическая промышленность (неорганическая, органическая, полимерная)
- Фармацевтика и биотехнологии
- Агрохимия и почвоведение
- Аналитические и испытательные лаборатории
- Экологический мониторинг и лабораторный анализ
- Нефтегазовая и топливно-энергетическая отрасль
- Научно-исследовательская организация / вуз
- Государственные и контролирующие органы
- Другое (указать): _____

2. Сколько сотрудников с высшим химическим образованием работает в Вашей организации?

- 1-5 человек
- 6-20 человек
- 21-50 человек
- Более 50 человек

3. Какова численность сотрудников Вашей организации?

- До 50 человек
- 50-200 человек
- 200-1000 человек
- Более 1000 человек

4. Какие категории специалистов-химиков наиболее востребованы в Вашей организации? (Выберите не более трёх ответов)

- Лаборанты / инженеры лаборатории
- Специалисты по аналитическому контролю
- Технологи производства
- Исследователи / научные сотрудники
- Менеджеры проектов, специалисты по качеству, охране труда и экологии
- Другое (указать): _____

5. Есть ли в Вашей организации потребность в специалистах с химическим образованием в ближайшие 3-5 лет?

- Да, потребность растёт
- Да, на стабильном уровне
- Пока нет, но возможно в будущем
- Нет потребности

Блок 2. Квалификация и компетенции выпускников

1. Какие направления химической подготовки наиболее актуальны для Вашей компании? (Выберите не более трёх ответов)

- Аналитическая химия
- Химическая технология
- Материаловедение и наноматериалы
- Химическая экология и охрана окружающей среды
- Фармацевтическая и биохимическая химия
- Компьютерное моделирование и цифровая химия
- Другое (указать): _____

2. Какие профессиональные компетенции наиболее важны для начинающего специалиста-химика?
(Выберите не более трёх ответов)

- Владение современными методами химического анализа (ГХ, ВЭЖХ, спектроскопия и др.)
- Умение планировать и проводить эксперимент
- Знание основ химической технологии и материаловедения
- Умение работать с искусственным интеллектом
- Навыки интерпретации результатов, статистической обработки данных
- Знание требований промышленной и экологической безопасности
- Умение работать с нормативной документацией (ГОСТ, ТУ, MSDS и др.)
- Основы автоматизации и цифровизации лабораторий (LIMS, сенсорика, моделирование)
- Другое (указать): _____

3. Какие практические навыки Вы ожидаете от выпускников в первую очередь? (Выберите не более трёх ответов)

- Уверенная работа с современными аналитическими приборами
- Владение методами пробоподготовки и анализа
- Навыки ведения лабораторного журнала и оформления отчётов
- Знание нормативных документов (ГОСТ, ISO, ТУ и др.)
- Соблюдение правил промышленной, пожарной и экологической безопасности
- Планирование и обработка экспериментальных данных
- Работа в программной среде (Excel, Origin, ChemOffice и др.)
- Другое (указать): _____

4. Какие универсальные (надпрофессиональные) навыки Вы считаете наиболее значимыми? (Выберите не более трёх ответов)

- Ответственность, дисциплинированность
- Командная работа и коммуникация
- Критическое и системное мышление
- Навыки презентации и публичных выступлений
- Владение английским языком для профессиональной коммуникации
- Навыки работы с IT-инструментами и обработкой данных
- Готовность к обучению и освоению новых технологий
- Другое (указать): _____

5. Какие навыки, по Вашему мнению, чаще всего оказываются недостаточно развиты у выпускников?
(Выберите не более трёх ответов)

- Практические лабораторные навыки
- Навыки работы с современным оборудованием
- Умение применять теоретические знания на практике
- Владение документацией и стандартами качества
- Коммуникация и деловое общение
- Аналитическое мышление
- Инициативность и самостоятельность
- Другое (указать): _____

6. С какими трудностями Вы чаще всего сталкиваетесь при приёме выпускников химических направлений? (Выберите не более трёх ответов)

- Недостаточная практическая подготовка
 - Слабое знание оборудования и методов анализа
 - Отсутствие опыта самостоятельной работы
 - Низкий уровень ответственности
 - Недостаток «мягких навыков» (коммуникация, самоорганизация)
 - Несоответствие ожиданий работе на производстве
 - Другое (указать): _____
-

Блок 3. Практическая подготовка и сотрудничество с университетом

1. Какой формат подготовки выпускников Вы считаете наиболее эффективным? (Выберите не более трёх ответов)

- Классическая фундаментальная подготовка с акцентом на теорию
 - Прикладная подготовка с большим количеством практических занятий
 - Дуальное обучение (ВУЗ + предприятие)
 - Индивидуальные образовательные траектории с элементами проектной работы
 - Международные стажировки и академическая мобильность
 - Целевая подготовка студентов под конкретное предприятие
 - Совместные научно-технические проекты
 - Проведение производственной и преддипломной практики
 - Мастер-классы и лекции специалистов предприятия
 - Совместные образовательные программы и курсы
-
- Проведение сертификационных программ и стажировок
 - Другое (указать): _____
-

2. Какую форму практики Вы считаете наиболее полезной для студента и работодателя?

- Краткосрочная ознакомительная практика
- Долгосрочная производственная практика (1-3 месяца)
- Дуальное обучение (чередование учёбы и работы на предприятии)
- Проектная практика под реальный заказ предприятия
- Стажировка после окончания обучения

3. Насколько удобно взаимодействовать с вузами при организации практик или стажировок?

- Очень удобно, взаимодействие налажено
- В целом удобно, но есть организационные трудности
- Сложно из-за бюрократии или слабой коммуникации
- Пока не взаимодействовали

4. Какие формы взаимодействия с университетом Вам наиболее интересны? (Выберите не более трёх ответов)

- Проведение производственных практик на базе предприятия
 - Совместные научно-исследовательские проекты
 - Совместная разработка учебных программ / модулей
 - Участие представителей компании в лекциях, мастер-классах
 - Совместные лаборатории и центры компетенций
 - Целевое обучение студентов под запрос предприятия
 - Другое (указать): _____
-

5. Какие трудности Вы видите при взаимодействии с университетами? (Выберите не более трёх ответов)

- Сложности в организации практики
 - Недостаточная коммуникация между вузом и предприятием
 - Несоответствие учебных программ потребностям производства
 - Бюрократические барьеры
 - Отсутствие долгосрочного партнёрства
 - Другое (указать): _____
-

6. Какие формы практической подготовки выпускников Вы бы предложили развивать? (Выберите не более трёх ответов)

- Производственные стажировки
 - Учебно-исследовательские проекты на базе предприятия
 - Курсы повышения квалификации по оборудованию предприятия
 - Краткосрочные курсы под конкретные компетенции
 - Летние школы / школы молодого химика
 - Другое (указать): _____
-

7. Готовы ли Вы участвовать в разработке или корректировке образовательных программ по химии?

- Да, готовы на регулярной основе
 - Да, при приглашении со стороны вуза
 - Возможно, при наличии интересных предложений
 - Нет, такой формат нам не интересен
-

Блок 4. Будущее и ожидания**1. Какие направления химии будут, по Вашему мнению, наиболее востребованы в ближайшие 5-10 лет? (Выберите не более трёх ответов)**

- «Зелёная» и устойчивая химия
 - Материаловедение и нанотехнологии
 - Химическая экология и очистка среды
 - Биохимия, фармацевтика и биотехнологии
 - Аналитическая химия и сенсорные технологии
 - Цифровая химия и моделирование процессов
 - Другое (указать): _____
-

2. Какую степень подготовки Вы предпочли бы для трудоустройства?

- Бакалавр
- Магистр
- Безразлично, главное – профессиональные навыки
- Зависит от конкретной должности

3. Какие формы дополнительного образования были бы полезны для сотрудников Вашей организации? (Выберите не более трёх ответов)

- Краткосрочные курсы повышения квалификации
 - Переподготовка по смежным направлениям (экология, материалы, биотехнология)
 - Онлайн-курсы и вебинары
 - Совместные образовательные программы с университетом
 - Нет потребности
 - Другое (указать): _____
-

4. Насколько, по Вашему мнению, современная подготовка химиков в вузах соответствует требованиям реального сектора?

- Полностью соответствует
 - В основном соответствует
 - Частично соответствует
 - Не соответствует
 - Затрудняюсь ответить
-

5. Какие изменения в подготовке химиков Вы считаете наиболее необходимыми? (Выберите не более трёх ответов)

- Увеличение доли практических занятий
 - Модернизация лабораторий и оборудования
 - Введение модулей по цифровым и аналитическим технологиям
 - Развитие софт-скиллов (управление, коммуникации, проектная работа)
 - Расширение взаимодействия с предприятиями
 - Повышение уровня английского языка
 - Увеличение практико-ориентированных дисциплин
 - Введение курсов по цифровым технологиям и автоматизации
 - Развитие программ повышения квалификации для выпускников
 - Другое (указать): _____
-

6. Какие тенденции, на Ваш взгляд, наиболее повлияют на подготовку химиков в ближайшие годы? (Выберите не более трёх ответов)

- Цифровизация лабораторий и производств
- Рост роли экологических и «зелёных» технологий
- Развитие междисциплинарных компетенций (химия + ИТ, химия + биология)
- Переход к проектному обучению
- Акцент на практические навыки и прикладные задачи
- Интернационализация и академическая мобильность
- Другое (указать): _____

7. Что, на Ваш взгляд, могло бы повысить качество подготовки химиков в ВУЗе? (Выберите не более трёх ответов)

- Сильнее связывать учебные курсы с реальными задачами отрасли
- Привлекать работодателей к учебному процессу
- Создавать совместные лаборатории и центры компетенций
- Повышать мотивацию студентов через участие в реальных проектах
- Обеспечивать наставничество от специалистов предприятий
- Другое (указать): _____

Блок 5. Контактная информация

ФИО: _____ Телефон: _____ E-mail: _____

Было проведено анкетирование индустриальных партнеров, представляющих ключевые секторы химической и смежных отраслей. В исследовании приняли участие 27 организаций, что обеспечило репрезентативность выборки и достоверность полученных результатов.

2.2. Комплексный анализ результатов анкетирования работодателей

2.2.1. Отраслевая структура индустриальных партнеров, принявших участие в анкетировании

Отраслевая структура участников исследования демонстрирует значительное разнообразие: фармацевтика и биотехнологии, аналитические и испытательные лаборатории, химическая промышленность, научно-исследовательские организации и вузы, металлургическая промышленность, энергетика (Рис. 6).



Рис. 6. Отраслевая принадлежность респондентов

Важно отметить, что 15% организаций работают в смежных отраслях, что подтверждает междисциплинарный характер современной химической науки и производства.

2.2.2. Кадровый потенциал и потребности промышленности

Анализ кадрового потенциала предприятий выявил существенные различия в численности сотрудников с высшим химическим образованием (Рис. 7).

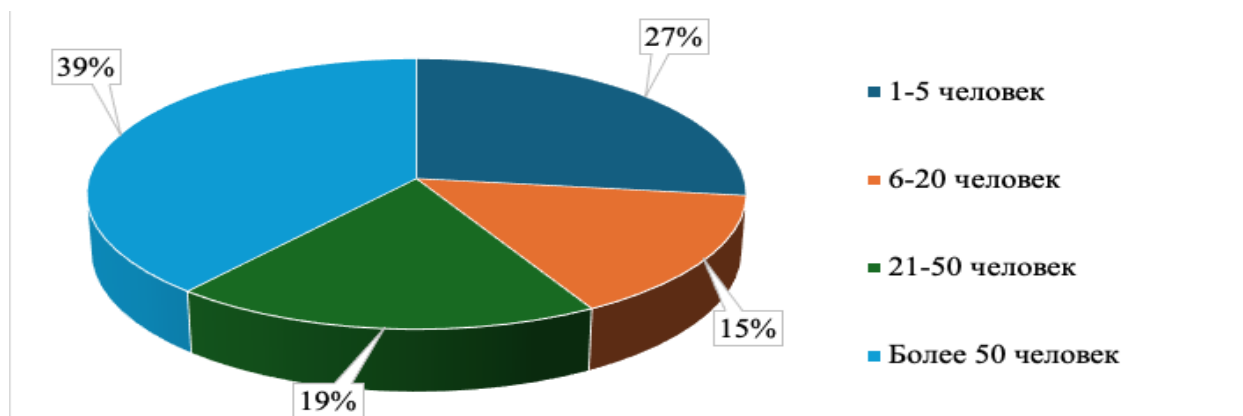


Рис. 7. Численность сотрудников с высшим химическим образованием организаций-респондентов

Крупные предприятия (более 50 химиков) составляют 39% от общего числа, средние (21-50 человек) – 19%, малые (6-20 человек) – 15%, и организации с минимальным химическим штатом (1-5 человек) – 27%. Данное распределение свидетельствует о наличии как крупных химических производств, так и многочисленных малых предприятий, нуждающихся в химиках-специалистах.

В контексте общей численности организаций наблюдается следующая картина: крупные предприятия (свыше 1000 сотрудников) – 12%, средние (200-1000 человек) – 42%, малые (50-200 человек) – 31%, и организации с численностью до 50 человек – 15%. Это распределение подтверждает, что химическая отрасль представлена предприятиями различных масштабов, что необходимо учитывать при разработке дифференцированных подходов к подготовке кадров (Рис. 8).

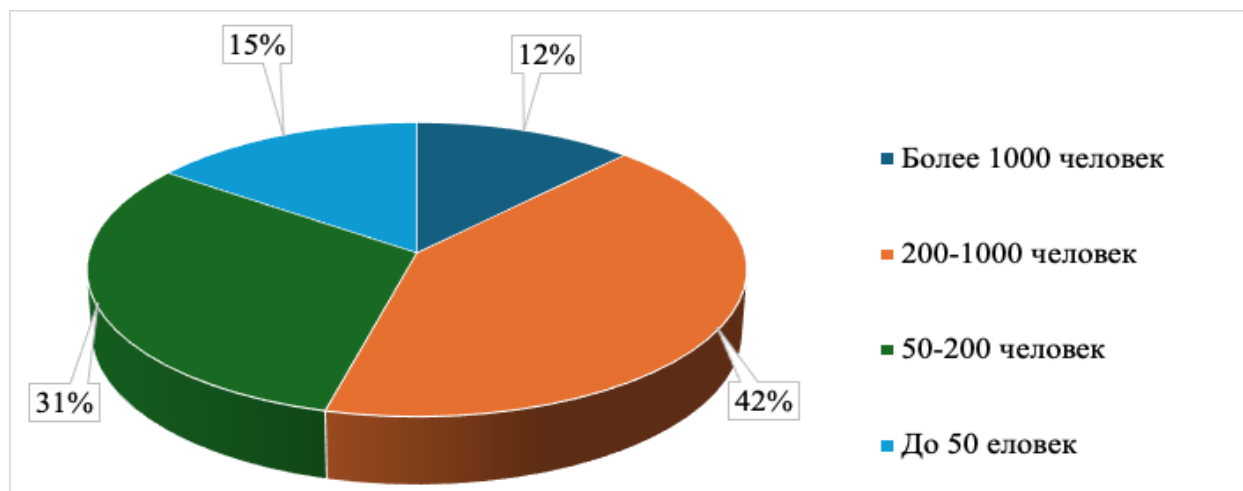


Рис. 8. Численность сотрудников организаций-респондентов

2.2.3. Востребованность специалистов и перспективы развития

Исследование выявило высокую потребность в специалистах химического профиля в ближайшие 3-5 лет. 41% организаций отмечают растущую потребность в кадрах, 41% – стабильный уровень спроса, 15% рассматривают возможность найма в будущем, и лишь 4% не видят потребности на текущий момент (Рис. 9). Особенно показателен рост спроса в фармацевтическом секторе и аналитических лабораториях, что соответствует общемировым тенденциям развития этих отраслей.

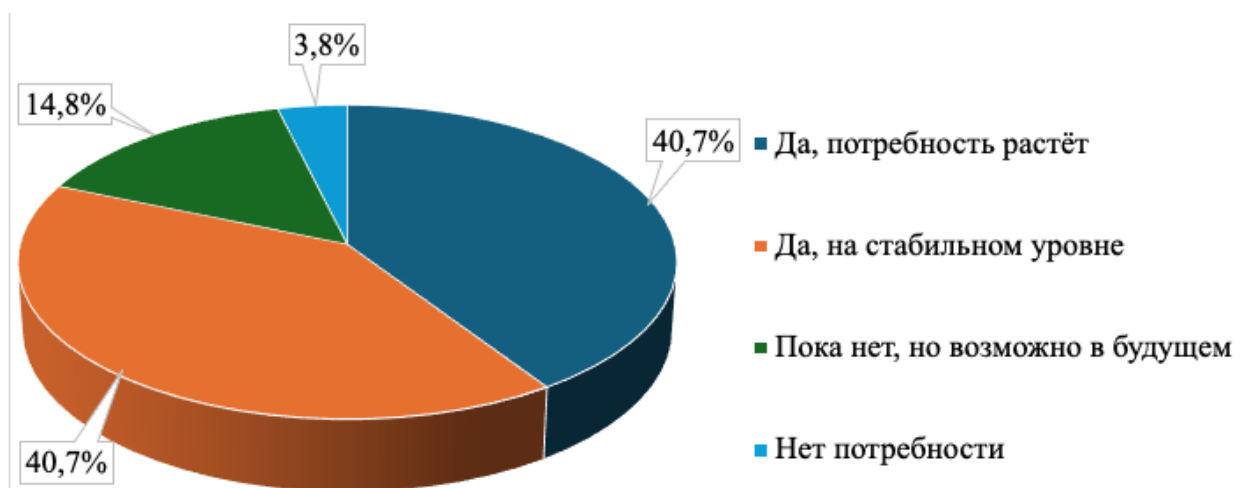


Рис. 9. Уровень потребности в специалистах химического профиля организаций-респондентов

Наиболее востребованными категориями специалистов являются лаборанты и инженеры лабораторий (52%), специалисты по аналитическому контролю (52%) и технологи производства (67%). Также значительная потребность существует в исследователях и научных сотрудниках (33%), менеджерах проектов и специалистах по качеству (15%). Данное распределение демонстрирует сбалансированную потребность как в исполнительском, так и в исследовательском персонале (Рис. 10).



Рис. 10. Востребованность категорий специалистов

2.2.4. Актуальные направления подготовки и профессиональные компетенции

Анализ актуальных направлений химической подготовки выявил необходимость следующих отраслей: аналитическая химия (67%), химическая технология (56%), фармацевтическая химия и биохимия (30%), материаловедение и наноматериалы (26%). Отраслевая специфика проявляется в том, что фармацевтические компании делают акцент на аналитической и фармацевтической химии, промышленные предприятия – на химической технологии, а научные организации – на материаловедении (Рис. 11).



Рис. 11. Актуальные направления подготовки специалистов химического профиля

В отношении профессиональных компетенций работодатели выделяют следующие приоритеты: владение современными методами химического анализа (ГХ, ВЭЖХ, спектроскопия) – 74%, умение планировать и проводить эксперименты – 48%, знание основ химической технологии и материаловедения – 63%, работа с нормативной документацией – 26%, навыки интерпретации и статистической обработки данных – 44% (Рис. 12).



Рис. 12. Приоритетность профессиональных компетенций

2.2.5. Практические навыки и надпрофессиональные компетенции

Ожидания работодателей в отношении практических навыков выпускников достаточно конкретны: уверенная работа с современными аналитическими приборами (67%), владение методами пробоподготовки и анализа (70%), планирование и обработка экспериментальных данных (56%), знание нормативных документов (15%), соблюдение правил промышленной и экологической безопасности (19%). Эти данные указывают на необходимость существенного усиления практической составляющей в образовательном процессе (Рис. 13).



Рис. 13. Ожидаемые практические навыки (Hard Skills)

В сфере надпрофессиональных компетенций сложилась четкая иерархия: ответственность и дисциплинированность (89%), командная работа и коммуникация (56%), готовность к обучению и освоению новых технологий (67%), критическое и системное мышление (52%), владение английским языком (7%). Высокий приоритет Soft Skills свидетельствует о том, что современный химик должен быть не только технически грамотным специалистом, но и эффективным сотрудником, способным к постоянному развитию (Рис. 14).



Рис. 14. Ожидаемые «мягкие навыки» (Soft Skills)

Перекрестный анализ показывает, что требования к практическим навыкам значительно различаются в зависимости от размера предприятия. Крупные компании (более 1000 сотрудников) делают акцент на работе со сложным аналитическим оборудованием и соблюдении стандартов качества. Малые и средние предприятия чаще требуют универсальных навыков и способности работать на различных участках.

Анализ выявил критическое противоречие: 67% работодателей называют уверенную работу с современными аналитическими приборами одним из ключевых ожидаемых навыков (Рис. 13). При этом 44% прямо указывают на «слабое знание оборудования и методов анализа» как на основной недостаток выпускников (Рис. 15), а оценку «полностью соответствует» требованиям реального сектора подготовка химиков получает лишь в 4% случаев (Рис. 16). Этот разрыв, между спросом и реальным уровнем подготовки, свидетельствует о катастрофическом отставании материально-технической базы вуза.

Анализ выявил серьезный разрыв в оценке Soft Skills. С одной стороны, ответственность и дисциплинированность считают ключевыми навыками 89% работодателей, а командную работу и коммуникацию – 56% (Рис. 17). С другой стороны, с низким уровнем ответственности при приеме на работу сталкиваются 44% компаний, а с недостатком «мягких навыков» – 26% (Рис. 15).



Рис. 15. Трудности, с которыми сталкивается работодатель при трудоустройстве выпускника

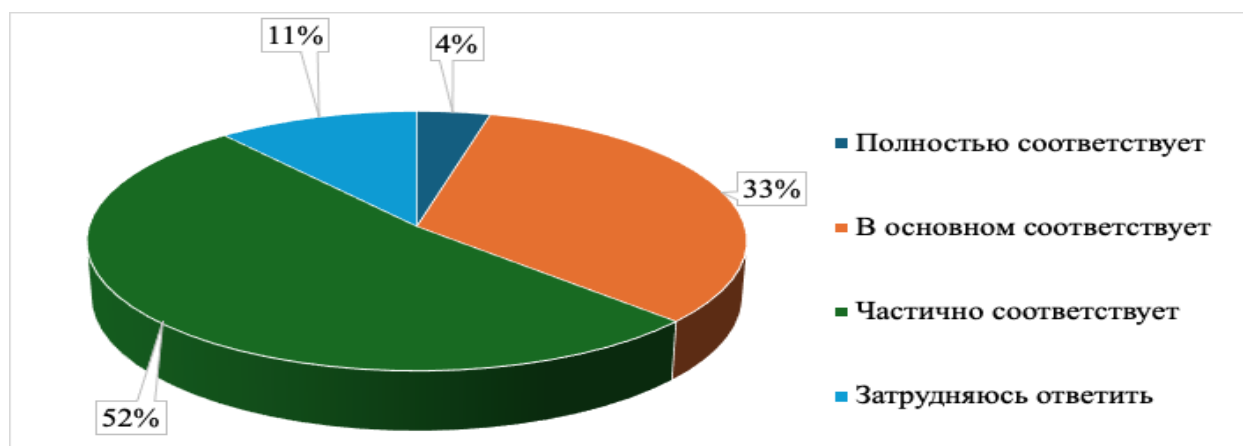


Рис. 16. Оценка организациями-респондентами соответствия уровня подготовки специалистов химического профиля в ВУЗах требованиям реального сектора

Этот контраст между высокими ожиданиями и частыми негативными примерами из практики указывает на системную проблему в развитии этих компетенций у выпускников.



Рис. 17. Значимость надпрофессиональных навыков для организаций-респондентов

2.2.6. Проблемы подготовки и трудности трудоустройства

Анализ недостатков подготовки выпускников выявил системные проблемы: недостаточная практическая подготовка (63%), слабое знание современного оборудования и методов анализа (44%) (Рис. 15), неумение применять теоретические знания на практике (70%) (Рис. 18), отсутствие опыта самостоятельной работы (48%), недостаточное развитие «мягких навыков» (26%). Эти данные указывают на существующий разрыв между теоретической подготовкой и практическими требованиями производства.

Трудности, с которыми сталкиваются работодатели при приеме выпускников, во многом отражают выявленные недостатки подготовки: недостаточная практическая подготовка (63%), слабое знание оборудования и методов анализа (44%), отсутствие опыта самостоятельной работы (48%), низкий уровень ответственности (44%), несоответствие ожиданиям работы на производстве (19%) (Рис. 15).



Рис. 18. Навыки, недостаточно развитые у выпускника

2.2.7. Эффективные форматы подготовки и практики

Рейтинг эффективных форматов подготовки возглавляет дуальное обучение (70%), что свидетельствует о признании работодателями важности совмещения теоретического обучения с практической работой. Прикладная подготовка с большим количеством практических занятий занимает второе место (67%), классическая фундаментальная подготовка – третье (59%). Также отмечается эффективность целевой подготовки (15%) и проведения производственных практик (30%) (Рис. 19).



Рис. 19. Эффективность формата обучения

Для повышения квалификации будущего выпускника, бизнес предлагает развивать следующие формы практической подготовки: производственные стажировки (85%), курсы повышения квалификации по оборудованию предприятия (обучение под заказ предприятия) (44%), учебно-исследовательские проекты на базе предприятия (33%) (Рис. 20).



Рис. 20. Предложения по развитию практической навыков

В отношении видов практик (производственные, учебные) предпочтения распределились следующим образом: дуальное обучение (41%), долгосрочная производственная практика (1-3 месяца) – 44%, стажировки после окончания обучения – 11%, проектная практика под реальные заказы – 4% (Рис. 21). Эти данные подтверждают необходимость длительного и глубокого погружения студентов в производственную среду.

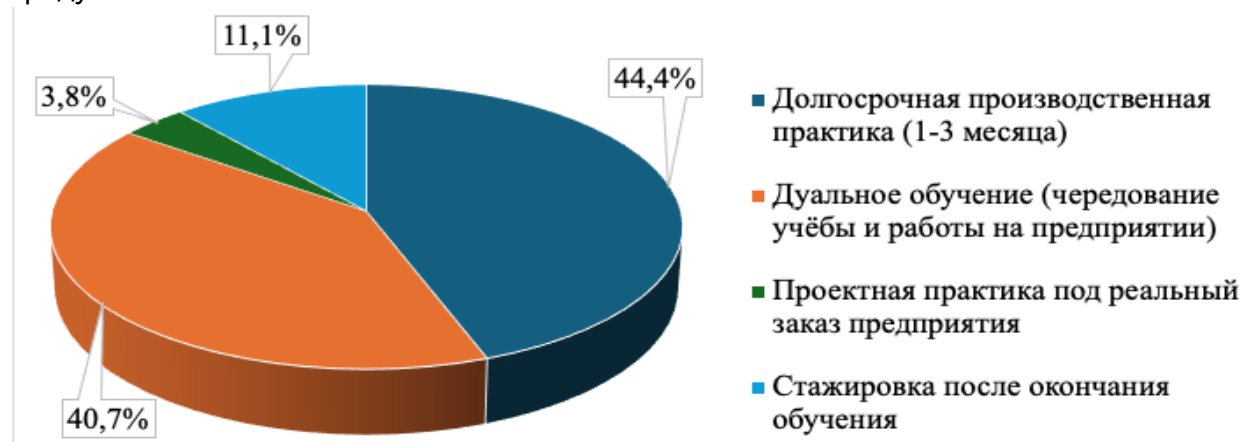


Рис. 21. Предпочтительность формы практической подготовки

2.2.8. Взаимодействие с ВУЗами: современное состояние проблемы

Текущее состояние взаимодействия между предприятиями и вузами оценивается как неудовлетворительное. Только 26% организаций отмечают, что взаимодействие налажено очень удобно, 30% сталкиваются с организационными трудностями, 22% – с бюрократическими барьерами, а 22% вообще не имеют опыта взаимодействия (Рис. 22). Эти цифры свидетельствуют о наличии существенных препятствий для эффективного сотрудничества.

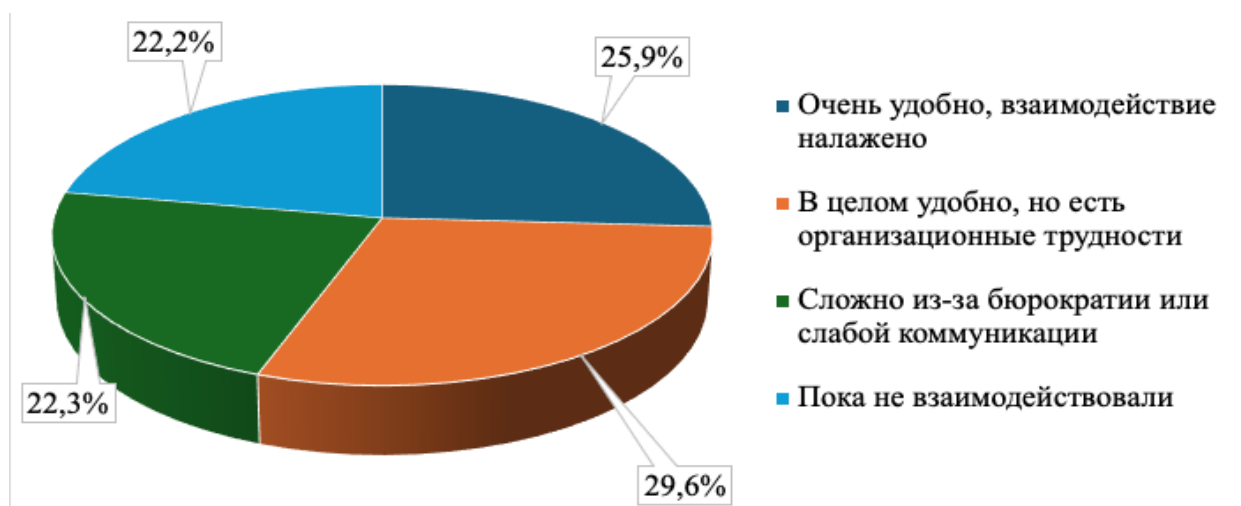


Рис. 22. Оценка удобства взаимодействия работодатель – ВУЗ при организации практик и стажировок

Наиболее интересными формами взаимодействия для работодателей являются: проведение производственных практик на базе предприятия (82%), совместные научно-исследовательские проекты (52%), целевое обучение студентов (26%),

совместная разработка учебных программ (19%), участие представителей компаний в лекциях и мастер-классах (22%) (Рис. 23). Этот перечень демонстрирует готовность бизнеса к разнообразным формам сотрудничества.



Рис. 23. Интерес работодателя к формам взаимодействия с ВУЗом

Основные проблемы взаимодействия включают: бюрократические барьеры (37%), недостаточную коммуникацию между вузом и предприятием (37%), несоответствие учебных программ потребностям производства (41%), сложности в организации практик (30%), отсутствие долгосрочного партнерства (11%) (Рис. 24). Устранение этих барьеров должно стать приоритетом для системы образования.

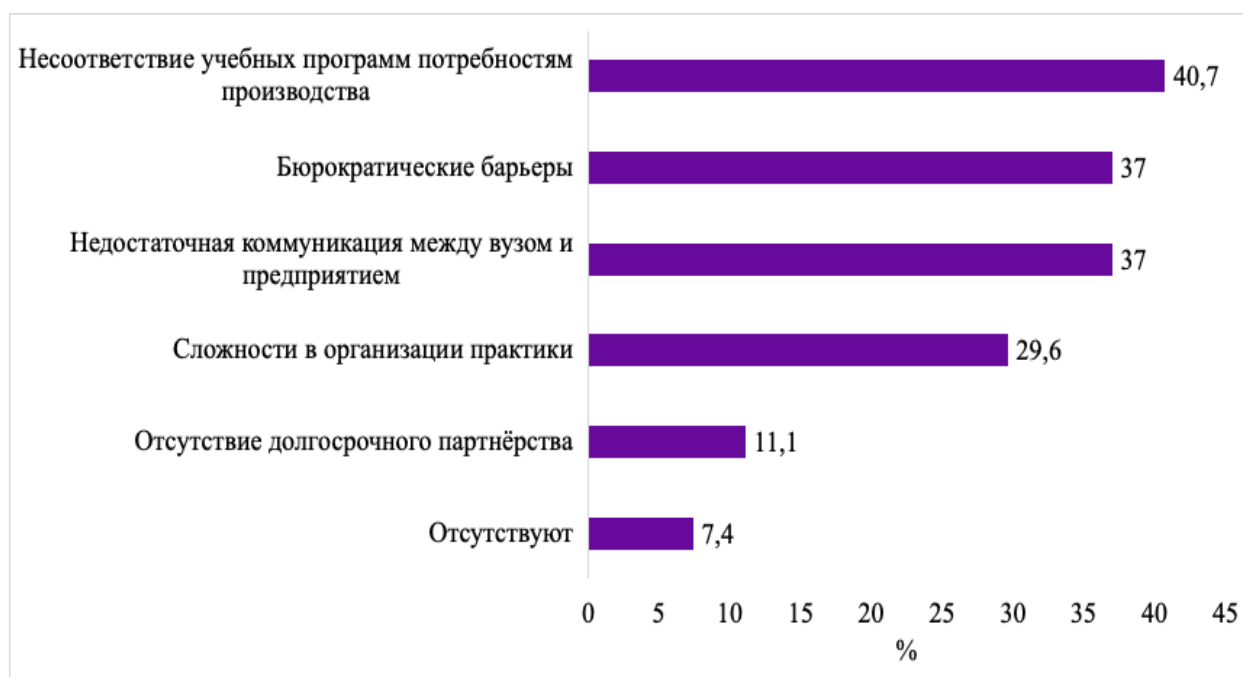


Рис. 24. Трудности взаимодействия работодатель – ВУЗ

Интересный парадокс: несмотря на то, что 82% предприятий готовы проводить производственные практики, только 26% оценивают взаимодействие как удобное (Рис. 22). Это указывает на то, что проблема не в нежелании сотрудничать, а в несовершенстве механизмов взаимодействия.

2.2.9. Перспективные направления и оценка соответствия подготовки

Анализ перспективных направлений развития химии на ближайшие 5-10 лет, по мнению индустриальных партнеров, выявил следующие приоритеты (Рис. 25): биохимия, фармацевтика и биотехнологии (56%), «зеленая» и устойчивая химия (26%), цифровая химия и компьютерное моделирование (52%), аналитическая химия и сенсорные технологии (44%), материаловедение и нанотехнологии (37%), химическая экология (33%). Эти данные должны учитываться при разработке стратегий развития образовательных программ.



Рис. 25. Востребованность отраслей химии в ближайшие 5-10 лет

Оценка соответствия современной подготовки химиков требованиям реального сектора выглядит тревожной: только 4% респондентов считают, что подготовка полностью соответствует требованиям, 33% – в основном соответствует, 52% – частично соответствует, а 11% затруднились с ответом. Такая оценка свидетельствует о необходимости существенных изменений в системе подготовки.

2.2.10. Необходимые изменения и рекомендации

Работодатели выделяют следующие необходимые изменения в подготовке химиков: увеличение доли практических занятий (67%), модернизация лабораторий и оборудования (56%), расширение взаимодействия с предприятиями (52%), увеличение практико-ориентированных дисциплин (37%), введение модулей по цифровым технологиям (11%) (Рис. 26). Эти предложения носят конкретный и реализуемый характер.



Рис. 26. Необходимые изменения в подготовку специалистов химического профиля

Для повышения качества подготовки предлагается (Рис. 27): сильнее связывать учебные курсы с реальными задачами отрасли (74%), привлекать работодателей к учебному процессу (26%), повышать мотивацию студентов через участие в реальных проектах (37%), создавать совместные лаборатории и центры компетенций (22%), обеспечивать наставничество от специалистов предприятий (22%).



Рис. 27. Пути повышения качества подготовки специалистов химического профиля в ВУЗах

Выводы и стратегические рекомендации

На основании проведенного анализа можно сформулировать следующие стратегические рекомендации:

1) кардинальная перестройка образовательных программ с увеличением доли практической подготовки до 40-50% и внедрением дуального обучения как основного формата;

2) системная модернизация материально-технической базы вузов с ориентацией на современное аналитическое оборудование и цифровые технологии;

3) развитие гибких механизмов взаимодействия с предприятиями, включая создание отраслевых консорциумов и упрощение процедур организации практик;

4) интеграция Soft Skills в образовательный процесс через проектное обучение, командную работу и развитие критического мышления;

5) формирование системы непрерывного образования с участием работодателей в разработке программ повышения квалификации и переподготовки.

Реализация этих мер позволит существенно повысить качество подготовки химиков и их востребованность на рынке труда. Ключевым условием успеха является переход от эпизодического взаимодействия работодатель – студент, работодатель – ВУЗ к стратегическому партнерству, где предприятия становятся полноправными участниками образовательного процесса, что в конечном итоге будет способствовать технологическому развитию химической отрасли и укреплению ее конкурентоспособности.

3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ АНКЕТИРОВАНИЯ ВЫПУСКНИКОВ, ОБУЧАВШИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ХИМИЯ»

Целью аналитического анкетирования выпускников направления «Химия» являлось получение структурированной обратной связи от ключевых стейкхолдеров – выпускников, находящихся на разных этапах карьерного пути (от молодых специалистов до опытных руководителей) и работающих в различных секторах экономики.

3.1. Методология сбора данных и проведения анализа

Методологической основой данного исследования послужило анкетирование выпускников. Анкета была составлена с целью сбора обратной связи и направлена на анализ соответствия образовательных программ запросам рынка труда, выявление пробелов в практической подготовке студентов и формирование предложений по развитию дополнительных образовательных модулей (Табл. 3).

Таблица 3

Анкета для выпускников

1. Общая информация:

- Год окончания вуза: _____
 - Ваша текущая должность: _____
 - Сфера деятельности: _____
-

2. Уровень полученного образования:

- Бакалавриат, специалитет
 - Магистратура
 - Аспирантура
-

3. Какие компетенции, полученные в вузе, сейчас востребованы в Вашей профессиональной деятельности: (Отметьте все варианты, которые соответствуют вашему мнению)

- Теоретические знания по основным разделам химии
 - Работа на современном аналитическом оборудовании
 - Методы пробоподготовки и подготовки реактивов
 - Проведение стандартных и специфических анализов
 - Валидация методик анализа, работа со стандартами (ГОСТ, ISO)
 - Обработка и статистический анализ данных
 - Соблюдение норм безопасности (ТБ) и охрана труда
-

4. Каких практических навыков Вам больше всего не хватило на старте карьеры? (Отметьте все варианты, которые соответствуют вашему мнению)

- Опыта работы на конкретном оборудовании
 - Знания нормативной базы и стандартов (GMP, GLP, ISO)
 - Навыков решения производственных, а не учебных задач
 - Понимания технологических процессов предприятия
 - Навыков работы в междисциплинарной команде
 - Навыков ведения технической отчетной документации
 - Планирование и безопасное проведение масштабных исследований
 - Интерпретация и визуализация больших массивов экспериментальных данных
 - Другое: _____
-

5. Какие дополнительные микроквалификации по Вашему мнению были бы востребованы в ходе реализации учебного процесса и дальнейшей успешной профессиональной деятельности? (Отметьте все варианты, которые соответствуют вашему мнению)

- Цифровые технологии в химии (хемоинформатика, ИИ в синтезе, моделирование молекул)
 - Аналитические методы и приборы (Хроматография, МС, ЯМР и др.)
 - «Зелёная» и устойчивая химия
 - Управление качеством и стандартизация (GMP, GLP, ISO)
 - Безопасность и обращение с химическими веществами (химическая безопасность, экотоксикология)
 - Навыки научной коммуникации и публикационной деятельности
 - Проектный менеджмент и управление R&D
 - Предпринимательство и коммерциализация научных разработок
 - Другое (укажите): _____
-

6. Какие формы взаимодействия с работодателями вы считаете полезными для будущего выпускника? (Выберите не более трёх ответов)

- Экскурсии на предприятия
 - Стажировки и практики
 - Карьерные дни и ярмарки вакансий
 - Наставничество от специалистов отрасли
 - Совместные исследовательские проекты
 - Другое: _____
-

7. Готовы ли вы участвовать в междисциплинарных образовательных инициативах совместно с ВУЗом?

- Да, как эксперт или наставник
 - Нет, не заинтересован(а)
 - Затрудняюсь ответить
-

8. Хотели бы вы пройти дополнительное обучение (микроквалификации, курсы повышения квалификации) на базе нашего университета?

- Да, по направлению моей текущей работы
 - Да, для смены профессиональной траектории
 - Нет
-

9. Контакты для обратной связи (по желанию):

ФИО: _____ Телефон: _____ Email: _____

Для обеспечения широкого охвата аудитории и эффективного сбора данных для формирования анкет были использованы Google Forms.

Первичные данные были получены на основе анкетирования 35 респондентов (выпускников). Выборка обладает достаточной репрезентативностью, так как включает представителей различных карьерных траекторий и периодов выпуска (с 2000 по 2025 год), что позволяет учитывать как ретроспективный опыт, так и актуальные тенденции.

Для вопросов с одиночным выбором (например, уровень образования) рассчитывалось абсолютное значение (количество выборов) и процентное соотношение от общего числа респондентов (n=35).

Для вопросов с множественным выбором (например, востребованные компетенции, дефицит навыков) также рассчитывались абсолютные и процентные значения, при этом сумма процентов по таким вопросам могла превышать 100%, так как респонденты могли отметить несколько вариантов.

3.2. Анализ результатов анкетирования выпускников

3.2.1. Распределение выпускников по годам и когортный анализ

Для анализа были выделены когорты по пятилетним интервалам, за исключением самых последних лет (Рис. 28).

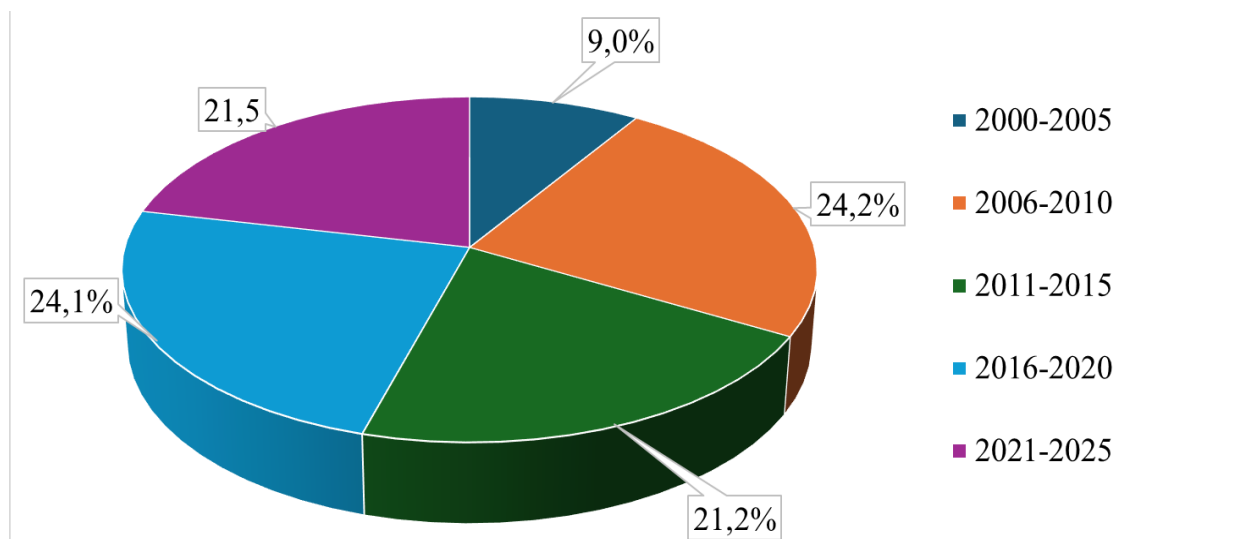


Рис. 28. Годы окончания вуза респондентов

Анкетирование охватило все ключевые карьерные стадии, от недавних выпускников до опытных сотрудников и руководителей. Это позволяет получить сбалансированную картину, учитывающую как первоочередные проблемы адаптации, так и долгосрочные тренды в востребованности компетенций.

Наиболее многочисленные когорты – молодые специалисты-выпускники 2016–2025 гг. Суммарная доля респондентов в данной категории составляет 45,6%, что указывает на активную обратную связь от тех, кто недавно столкнулся с реалиями рынка труда и имеет актуальные адаптационные потребности в рамках конкретной профессиональной деятельности.

Значительная доля опытных кадров (выпускники 2006-2010 гг.) – 24,2%. Мнения этих специалистов являются важными с точки зрения объемного видения эволюции требований конкретной промышленной отрасли. Их оценки позволяют судить о качестве фундаментальной подготовки и ее актуальности в долгосрочной перспективе.

3.2.2. Текущая сфера деятельности: отраслевое распределение выпускников

По результатам анкетирования выпускников сферы деятельности были сгруппированы в обобщенные отрасли для анализа (Рис. 29).

Проанкетированные выпускники химических специальностей работают на позициях от лаборанта и химика до начальника отдела контроля качества, директора и старшего научного сотрудника, и находят применение своим знаниям в самых разных секторах экономики. Это подтверждает универсальность и фундаментальность химического образования.

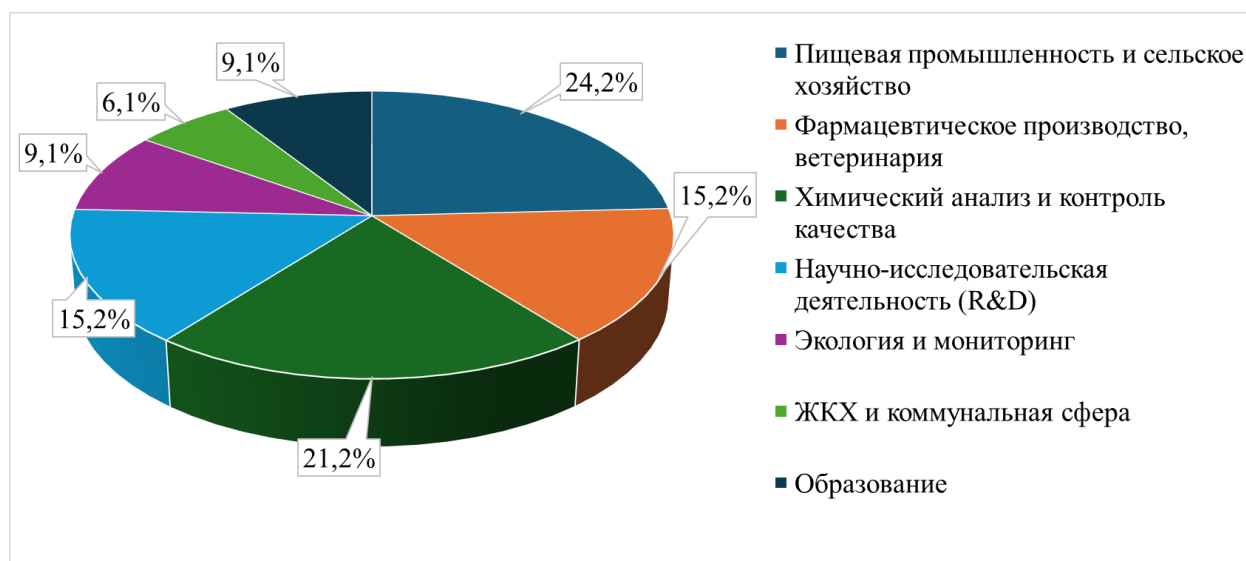


Рис. 29. Отраслевое распределение выпускников

Наибольшая доля респондентов работает в пищевой промышленности и агросекторе (24,2%), а также в сфере химического анализа и контроля качества (21,2%). Это традиционные и стабильные направления для химиков, связанные с обеспечением безопасности и качества продукции.

Значительный процент выпускников занят в фармацевтике (15,2%) и научных исследованиях (15,2%). Это свидетельствует о том, что образование позволяет выпускникам конкурировать на рынке высоких технологий и вносить вклад в инновации.

Выпускники востребованы в таких современных и социально значимых сферах, как экология и ЖКХ, где необходим химико-аналитический контроль.

Стабильный процент выпускников работает в сфере образования, что обеспечивает воспроизводство кадров и передачу знаний следующему поколению.

Распределение по сферам деятельности демонстрирует, что химическое образование не является узкопрофильным. Оно формирует компетенции, позволяющие выпускнику быть успешным в прикладных, производственных, научно-исследовательских и даже управленческих и педагогических областях. Это сильная сторона текущей системы подготовки, которую необходимо сохранить и усилить за счет более гибкой адаптации к специфике каждой из этих отраслей. Наличие

выпускников на руководящих должностях свидетельствует о карьерном росте и востребованности не только узкотехнических, но и управленческих компетенций.

3.2.3. Уровень образования, полученного выпускниками

Существенная доля респондентов имеют образование на уровне бакалавриата или специалитета – 36,4% (Рис. 30).

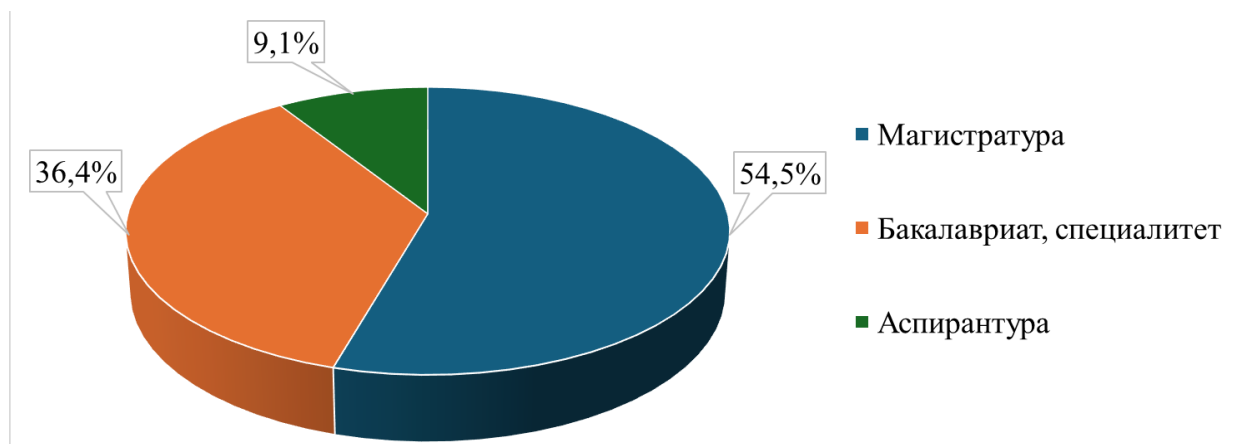


Рис. 30. Уровень образования респондентов

В то же время высокий процент магистрантов и аспирантов указывает на вовлеченность выпускников в расширение своих компетенций с целью формирования дальнейших карьерных траекторий.

3.2.4. Востребованность компетенций, полученных выпускниками в период обучения в ВУЗе

Анализ данного аспекта позволил выявить базовые компетенции, которые были получены выпускниками в ВУЗе и оказались востребованными в их текущей профессиональной деятельности (Рис. 31).



Рис. 31. Востребованные компетенции, полученные в ВУЗе

Абсолютным лидером среди востребованных компетенций являются теоретические знания, полученные выпускниками в университете (79%). Это подчеркивает высокий уровень образования и подготовки выпускников, а также однозначно свидетельствует о том, что фундаментальные теоретические знания в области химической науки остаются флагманским базисом при формировании профессиональных компетенций у обучающихся.

Достаточно высокий результат в позиции сформированных компетенций в области обработки и статистического анализа данных (67%), который ставит эту компетенцию в один ряд с фундаментальными. Это прямое следствие цифровизации и работы с современным оборудованием, которое генерирует большие массивы данных.

Кластер «Практические лабораторные навыки»: работа на оборудовании (64%), пробоподготовка (55%), проведение анализов (55%) – формируют ядро прикладных умений.

Соблюдение техники безопасности (58%) – критически важная компетенция, без которой невозможен допуск к работе.

Относительно низкий процент у позиции «Валидация и стандарты» (36%), который не говорит о неважности, а скорее о том, что этой компетенции выпускники недополучают в процессе обучения и приобретают ее уже на рабочем месте.

3.2.5. Опыт выпускников: необходимые практические навыки для старта карьеры

Анализ ответов выпускников позволил сформулировать четкие и конструктивные пожелания по обогащению учебного процесса практико-ориентированными элементами (Рис. 32).



Рис. 32. Дефицит практических навыков на старте карьеры

Выпускники видят потенциал для усиления своей готовности к карьере в следующих направлениях:

- необходимость изучения отраслевых стандартов, принципов и требований международных и национальных стандартов качества, таких как GMP, GLP, ISO;
- расширение практических навыков работы на современных аналитических приборах, которые являются стандартом на производстве;

– внедрение проектного обучения для решения прикладных задач. Значительная доля проанкетированных выпускников отмечают важность смещения акцента с решения исключительно учебных задач на разбор реальных производственных кейсов и проблем;

– развитие навыков профессиональной коммуникации и отчетности. Респонденты отмечают важность умения грамотно оформлять результаты своей работы;

– формирование системного понимания технологий: учебный процесс должен давать не только знания по отдельным дисциплинам, но и целостное представление о том, как эти знания интегрируются в полный технологический цикл предприятия.

Пожелания выпускников носят комплексный и конструктивный характер. Они не подвергают сомнению качество фундаментальной подготовки, а указывают на возможность ее эффективной интеграции с требованиями индустрии. Ключевой запрос заключается в создании в ВУЗе образовательной среды, имитирующей условия и вызовы реального сектора. Реализация этих пожеланий, таких как внедрение сквозных проектов, мастер-классов от практиков и модулей по стандартизации, позволит значительно повысить уверенность выпускников при старте карьеры и сократит их адаптационный период на новом рабочем месте.

3.2.6. Востребованные микроквалификации: анализ запроса на актуальные компетенции

Декомпозиция данного пункта позволила выявить конкретные, сформированные профессиональным опытом запросы на актуальные компетенции, недостающие в базовой подготовке выпускников по направлению «Химия» (Рис. 33).

Анализ выявил четкую структуру приоритетов в области потенциально значимых микроквалификаций:

1) Аналитические методы и приборы (73%). Наиболее востребованная микроквалификация, направленная на практическое освоение современных методов анализа, таких как ВЭЖХ/ГХ-МС, ИСП-МС, ИК- и УФ-спектроскопия, ВЭЖХ-МС;



Рис. 33. Востребованные дополнительные микроквалификации

2) Управление качеством и стандартизация (67%). Микроквалификация, направленная на изучение межотраслевых стандартов: принципы GMP (Надлежащая производственная практика) и GLP (Надлежащая лабораторная практика), требования стандартов серии ISO 9001, ISO/IEC 17025, процессы валидации и верификации методик анализа, правила ведения лабораторной документации и проведения аудитов;

3) Безопасность и обращение с химическими веществами (27%). Запрос выходит за рамки базового курса охраны труда. Респонденты демонстрируют заинтересованность в знаниях в области: экотоксикологии и оценки воздействия на окружающую среду, современных систем управления химической безопасностью, правил безопасного обращения с особо опасными веществами и отходами;

4) Цифровые технологии в химии (24%): формирующийся запрос на компетенции будущего. Выпускники, в основном из сфер НИОКР и фармацевтики, видят растущую роль ИТ.

Относительно невысокий процент респондентов демонстрирует заинтересованность в перспективных нишевых компетенциях.

Зеленая химия (18%): запрос отражает общемировой тренд на устойчивое развитие и востребован в компаниях, ориентированных на экологичность.

Проектный менеджмент (15%): показатель карьерного роста выпускников, которые начинают управлять не только процессами, но и людьми, сроками и ресурсами.

Научная коммуникация (12%) и предпринимательство (9%): востребованы в академической среде и теми, кто ориентирован на коммерциализацию разработок.

3.2.7. Приоритетные формы взаимодействия с работодателями

Данный раздел анкеты позволил выявить не только предпочтительные форматы сотрудничества, но и понять их роль в профессиональном становлении выпускников. Анализ показывает осознанный запрос на построение непрерывного взаимодействия между академической средой и реальным сектором экономики (Рис. 34).

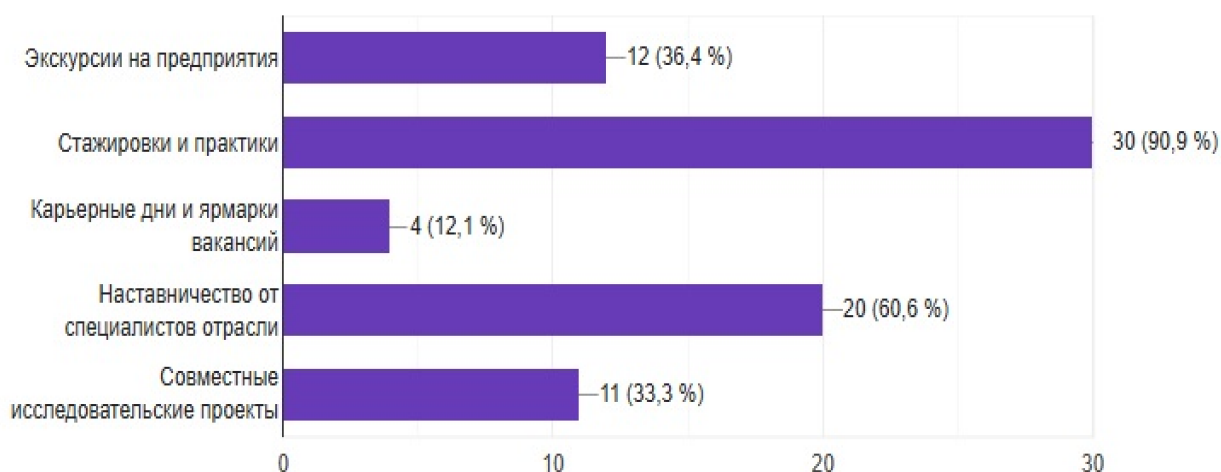


Рис. 34. Приоритетные формы взаимодействия с работодателями

Выпускники подчеркивают ценность реальных, продолжительных и содержательных стажировок и практик (более 90%), где студент становится частью рабочего процесса на конкретном производстве. Данный формат позволяет студенту погрузиться в профессию, дает возможность применить теоретические знания к решению реальных производственных или исследовательских задач и является самым эффективным каналом рекрутинга, так как компания получает «обученного» и адаптированного кандидата.

Наставничество от специалистов отрасли (более 60%) – персональный канал передачи опыта. Наставник может делиться необходимыми специфическими профессиональными знаниями и навыками, практическими кейсами из своей работы, дает обратную связь по решению прикладных задач.

Экскурсии на предприятия (36,4%) – инструмент профессиональной навигации и мотивации, мощный инструмент профориентации. Это «живой» урок, который показывает применение фундаментальных знаний в современном производстве. Экскурсии позволяют студентам сформировать понимание технологических циклов и масштабов производства, увидеть в работе современное оборудование, получить визуальное представление о своем потенциальном рабочем месте.

Совместные исследовательские проекты (33,3%) – площадка для синергии науки и бизнеса. Этот формат наиболее востребован будущими учеными и разработчиками. Он предполагает не просто взаимодействие, а равноправное партнерство для достижения общей научно-технической цели.

Наименее эффективным инструментом взаимодействия с работодателем респонденты считают карьерные дни и ярмарки вакансий. Их результативность отмечает лишь 12% опрошенных.

3.2.8. Готовность участвовать в междисциплинарных образовательных инициативах

Почти половина выпускников не определилась со своей готовностью к сотрудничеству, что может свидетельствовать, в том числе, и о недостатке информации и понятных механизмов для участия (Рис. 35).

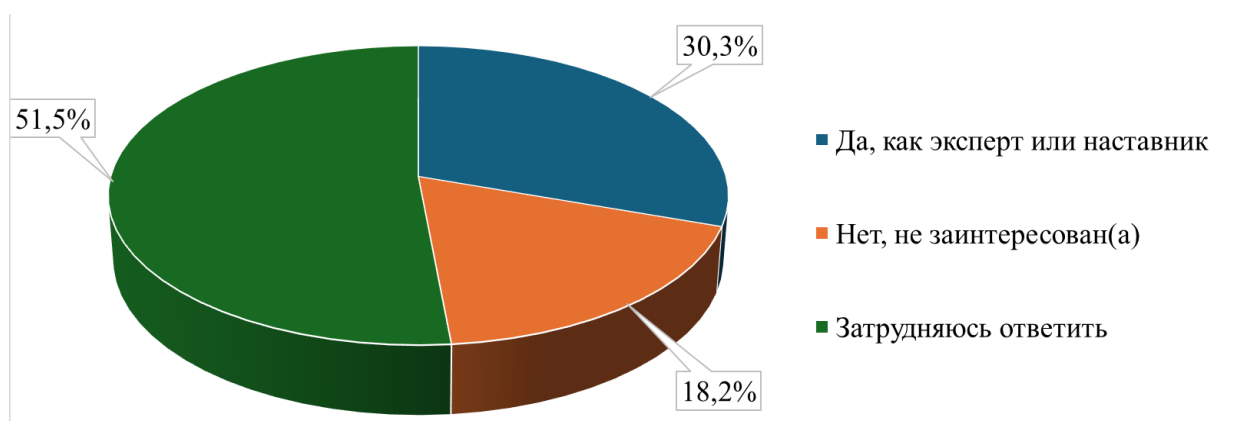


Рис. 35. Готовность выпускников участвовать в образовательных программах совместно с ВУЗом

При этом более 30% опрошенных выпускников готовы поучаствовать в междисциплинарных инициативах с ВУЗом в качестве эксперта или наставника. Эти группы представляют собой «потенциальный резерв», который может быть активирован при структурированной работе по информированию и созданию привлекательных, гибких форматов взаимодействия.

3.2.9. Запрос на прохождение дополнительного обучения (микровалификации, курсы повышения квалификации)

Анализ данных демонстрирует высокий интерес у выпускников к расширению и углублению своих профессиональных компетенций. При этом университет воспринимается как естественный партнер для карьерного роста, а не просто как место получения диплома (Рис. 36).

Подавляющее большинство опрошенных выпускников заинтересовано в обучении. Совокупно 57,6% респондентов выразили желание пройти дополнительное обучение. Основной интерес сфокусирован на программах, связанных с текущей профессиональной деятельностью. Сравнительно низкий спрос на переквалификацию с целью смены профессиональной траектории (лишь 3%) указывает на то, что выпускники в целом удовлетворены своей профессией и рассматривают свои образовательные траектории в первую очередь в контексте расширения компетенций в области своей профессиональной деятельности.

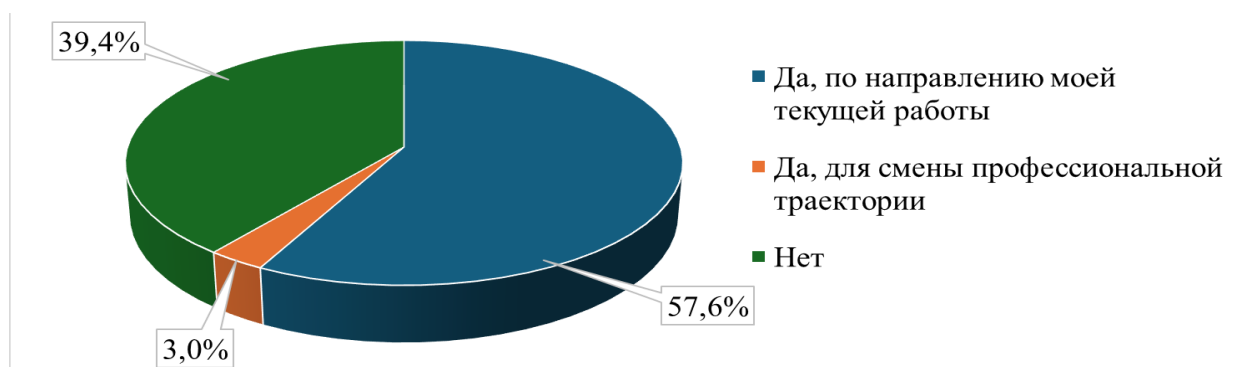


Рис. 36. Заинтересованность выпускников в дополнительном обучении

Выводы на основе анализа результатов анкетирования выпускников

На основе анализа результатов анкетирования выпускников направления «Химия» можно сформулировать следующие выводы:

1) Сильные стороны в подготовке выпускников – компетентных специалистов в химической области:

- качественная фундаментальная подготовка – выпускники отмечают высокий уровень теоретических знаний, полученных в университете, что составляет прочную основу для их профессиональной деятельности;
- универсальность образования – выпускники успешно работают в различных сферах: от производственных и научно-исследовательских до управленческих и педагогических, что подтверждает широкую применимость полученных компетенций;

- развитие ключевых профессиональных навыков – в числе востребованных компетенций выделяются практические лабораторные навыки, работа на оборудовании и соблюдение техники безопасности;

- высокий уровень карьерного роста – значительное число выпускников занимает руководящие должности, что свидетельствует о востребованности не только технических, но и управленческих качеств.

2) Основной проблемой, с которой сталкиваются выпускники на старте карьеры, является дефицит практико-ориентированных и «производственно-специфичных» компетенций:

- недостаточная практическая ориентированность – выпускники отмечают дефицит навыков работы с отраслевыми стандартами и современным оборудованием;

- слабые связи с реальным сектором – учебный процесс в недостаточной степени интегрирован с потребностями промышленности и современными производственными требованиями;

- нехватка прикладных навыков – выпускники испытывают трудности с адаптацией к рабочему месту из-за недостаточного опыта решения реальных производственных задач.

3) На основе запросов выпускников можно сформулировать приоритетные направления для развития учебных программ:

- прикладная аналитика и метрология: внедрение углубленных курсов по современным аналитическим методам (хроматография, масс-спектрометрия, ЯМР) с акцентом на валидацию методик и работу в соответствии со стандартами;

- интеграция систем менеджмента качества: введение в учебные планы модулей, посвященных основам GMP, GLP, ISO 17025 и других релевантных стандартов. Это может быть реализовано в формате микроквалификаций или сквозных модулей в рамках существующих дисциплин;

- «зеленая» химия и безопасность: усиление блока, посвященного экотоксикологии, химической безопасности и принципам устойчивого развития, что соответствует глобальным трендам;

- цифровая трансформация: постепенное внедрение элементов хемоинформатики, основ работы с большими данными и использования ИИ в химических исследованиях, что особенно актуально для выпускников, ориентированных на R&D.

4) Взаимодействие между вузом и отраслью – масштабирование и углубление практик и стажировок. Учебный процесс должен быть максимально приближен к реальному производству через:

- долгосрочные стажировки на профильных предприятиях;

- регулярные экскурсии и мастер-классы от ведущих специалистов;

- привлечение отраслевых экспертов к преподаванию и руководству курсовыми/дипломными работами;

- разработку реальных кейсов от компаний-партнеров.

Реализация этих мер позволит сократить разрыв между теоретической подготовкой и практическими требованиями работодателей, повысить конкурентоспособность выпускников и укрепить взаимосвязь между университетом и профессиональным сообществом.

4. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РЕЗУЛЬТАТОВ АНКЕТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ХИМИЯ»

Целью исследования являлось формирование стратегических ориентиров и определение вектора трансформации действующих учебных планов и образовательных программ.

4.1. Методология сбора данных и проведения анализа

Для анализа образовательных потребностей и профессиональных ориентаций студентов, обучающихся по направлению «Химия» была разработана специализированная анкета. Анкета включала 10 вопросов, охватывающих профессиональные компетенции, предпочтения в форматах обучения, интерес к цифровизации, междисциплинарности, взаимодействию с работодателями и участию в обновлении образовательных программ (Табл. 4).

Таблица 4

Анкета для студентов, обучающихся по направлению «Химия»

1. Уровень образовательной программы

- Бакалавриат
 - Магистратура
-

2. Какие профессиональные компетенции вы считаете наиболее востребованными на современном рынке труда? (Выберите до пяти ответов)

- Практические навыки работы в химической лаборатории
 - Знание международных стандартов (ISO, GMP, GLP и др.)
 - Цифровые навыки: работа с ИИ, моделирование химических процессов, big data
 - Экологическая экспертиза и устойчивое развитие (Green Chemistry)
 - Правовая грамотность в сфере химической промышленности
 - Управление научно-исследовательскими и производственными проектами
 - Навыки патентования и интеллектуальной собственности
 - Иностранный язык (профессиональное владение)
 - Другое: _____
-

3. Какие форматы обучения вам наиболее интересны и полезны? (Выберите не более четырех ответов)

- Хакатоны и челленджи от промышленных партнёров
 - Проектные школы / интенсивы
 - Цифровые лаборатории и виртуальные симуляторы
 - Мастер-классы от практиков и представителей индустрии
 - Деловые игры и кейсы по реальным производственным задачам
 - Онлайн-курсы с сертификацией
 - Интерактивные лекции с элементами дискуссии
 - Другое: _____
-

4. Насколько важна для вас цифровизация химического образования (VR/AR-лаборатории, цифровые двойники, ИИ-ассистенты)?

- Крайне важна
- Важна
- Нейтрально
- Не важна

5. Хотели бы вы проходить обучение с использованием реальных кейсов от предприятий?

- Да, обязательно
- Да, если тема актуальна
- Нет, предпочитаю классическую теорию

6. Какие микроквалификации вы хотели бы освоить в рамках программы? (Выберите не более трёх ответов)

- «Цифровой химик» (работа с Chemoinformatics, моделирование)
- «ESG и устойчивое развитие в химической промышленности»
- «Управление инновационными проектами в химии»
- «Метрология и стандартизация в химическом анализе»
- «Основы GMP/GLP (надлежащей производственной/лабораторной практики)»
- «Экспертиза химической безопасности и экологического воздействия»
- «Патентование и интеллектуальная собственность в химии»
- «Цифровая трансформация лабораторий»
- Другое: _____

7. С какими направлениями вы хотели бы видеть больше междисциплинарных курсов или проектов? (Выберите не более трёх ответов)

- Материаловедение и нанотехнологии
- Биохимия и фармацевтика
- Data Science / искусственный интеллект в химии
- Экология и устойчивое развитие
- Энергетика и аккумуляторные технологии
- Химическая инженерия и промышленные процессы
- Экономика и управление в химической отрасли
- Науки о Земле (геохимия, ресурсосбережение)
- Другое: _____

8. Какие отрасли вас интересуют для будущей профессиональной деятельности? (Выберите не более трёх ответов)

- Фармацевтика и биотехнологии
- Нефтехимия и полимеры
- Энергетика и аккумуляторные технологии
- Экология и переработка отходов
- Наноматериалы и новые материалы
- Пищевая промышленность
- Косметика и бытовая химия
- Научно-исследовательские институты
- Образование
- Другое: _____

9. Какие формы взаимодействия с работодателями вы считаете полезными? (Выберите не более трёх ответов)

- Экскурсии на предприятия
- Стажировки и практик
- Карьерные дни и ярмарки вакансий
- Наставничество от специалистов отрасли
- Участие в отраслевых конференциях и хакатонах
- Совместные исследовательские проекты
- Другое: _____

10. Хотели бы вы участвовать в разработке новых образовательных модулей совместно с преподавателями и работодателями?

- Да
 Возможно
 Нет

Контакт для обратной связи (по желанию):

E-mail: _____

Методология исследования была основана на онлайн-опросе с использованием Google Forms, что обеспечило широкий охват респондентов и автоматизированную обработку данных.

В опросе приняли участие 78 респондентов, из которых 33,3% (26 человек) составляют бакалавры и 66,7% (52 человека) – магистранты.

4.2. Анализ результатов анкетирования

4.2.1. Ключевые профессиональные компетенции

Результаты анкетирования демонстрируют абсолютный приоритет практико-ориентированной составляющей в подготовке: подавляющее большинство респондентов (89,7%) идентифицируют практические навыки работы в химической лаборатории как наиболее востребованную компетенцию (Рис. 37).

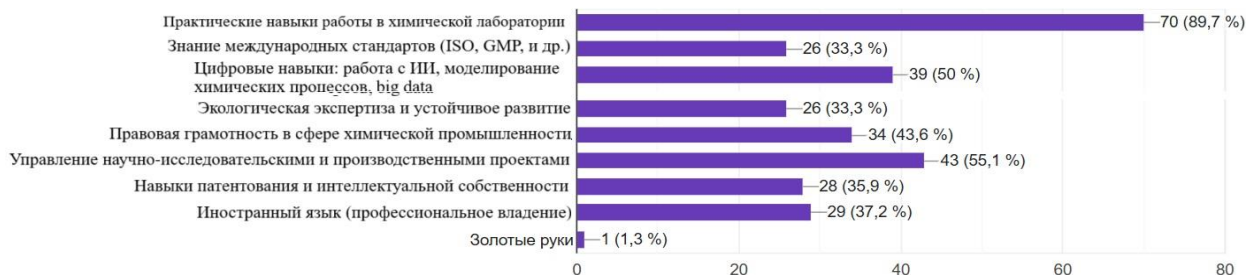


Рис. 37. Рейтинг востребованных профессиональных компетенций по оценке студентов

Полученные данные позволяют предположить наличие у обучающихся восприятия недостаточности теоретической подготовки в отрыве от прикладного контекста.

Следующими по значимости в порядке убывания являются:

- управление научно-исследовательскими и производственными проектами (55,1%);
- цифровые навыки (работа с ИИ, моделирование, big data) (50%);
- иностранный язык (профессиональное владение) (37,2%);
- навыки патентования и интеллектуальной собственности (по 35,9%);
- знание международных стандартов (ISO, GMP, GLP) (33,3%).

Зафиксированный высокий спрос на управленческие и цифровые компетенции свидетельствует об осознании респондентами комплексного характера профессии. В современной парадигме специалист перестает быть узконаправленным исполнителем, интегрируясь в междисциплинарные команды, где критически важными становятся

навыки работы с большими массивами данных и управления проектными циклами в установленные временные рамки.

4.2.2. Предпочтительные форматы обучения

На лидирующей позиции, по оценкам респондентов, находятся мастер-классы от представителей индустрии (Рис. 38). Такой результат свидетельствует о высокой ценности прямого трансфера актуального практического опыта и компетенций от носителей профессиональных знаний.

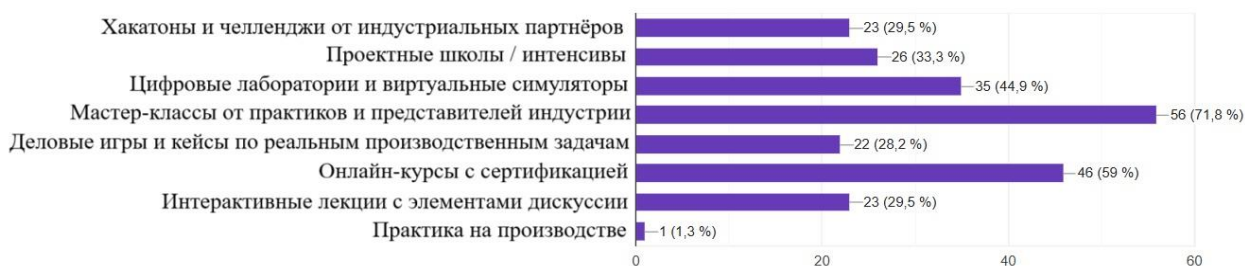


Рис. 38. Эффективность образовательных форматов по оценке обучающихся

Далее распределение приоритетов в порядке убывания выглядит следующим образом:

- онлайн-курсы с сертификацией (59%);
- цифровые лаборатории и виртуальные симуляторы (44,9%);
- проектные школы и интенсивы (33,3%);
- хакатоны и челленджи от индустриальных партнеров (29,5%);
- интерактивные лекции с элементами дискуссии (29,5%);
- деловые игры и кейсы по реальным производственным задачам (28,2%).

Также необходимо отметить значительный спрос обучающихся на онлайн-курсы с формальной сертификацией, что рефлексировывает тенденцию к индивидуализации образовательных траекторий и необходимости независимого подтверждения приобретаемых квалификаций. Онлайн-курсы позволяют студентам самостоятельно формировать свою образовательную траекторию и получать подтверждающие документы от внешних провайдеров. Существенный интерес к использованию цифровых лабораторий и виртуальных симуляторов указывает на готовность академической среды к интеграции современных технологий в учебную практику, что особенно актуально для дисциплин, требующих экспериментальной работы. Такой формат обучения является безопасной и доступной альтернативой или дополнением к реальным лабораториям.

4.2.3. Отношение к цифровизации образования

Анализ результатов анкетирования, направленного на оценку значимости цифровизации химического образования, позволяет выявить неоднозначное отношение академического сообщества к данному процессу. Суммарный показатель респондентов, определивших цифровизацию как «крайне важную» (12,8%) и «важную» (30,8%),

составляет 43,6%. В то время как почти половина опрошенных (47,4%) занимают позицию нейтрального или отрицательного отношения к внедрению VR/AR-лабораторий, цифровых двойников и ИИ-ассистентов (Рис. 39).

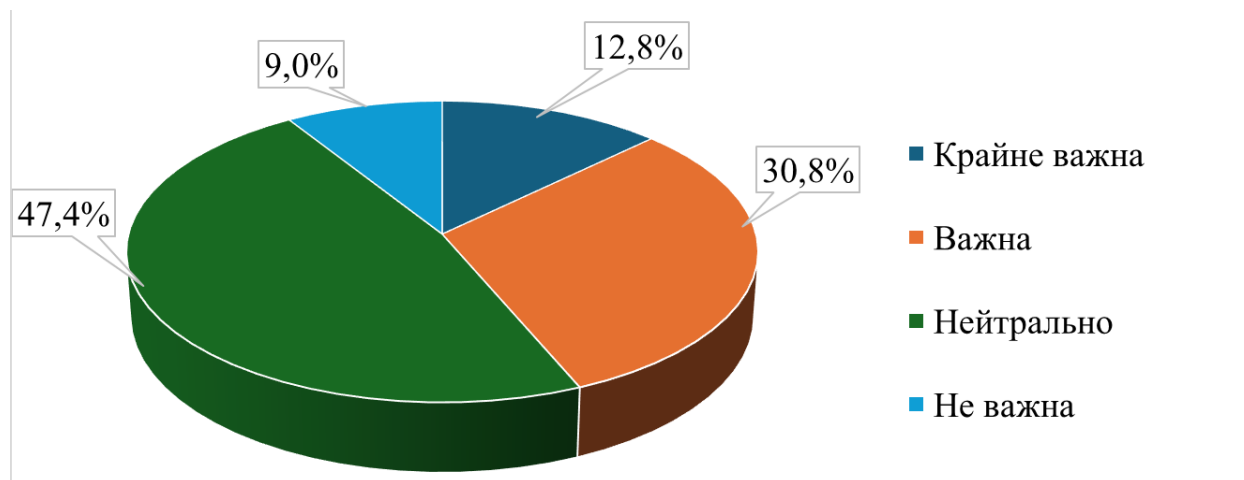


Рис. 39. Оценка значимости цифровизации химического образования

Данное распределение отражает переходную стадию осознания потенциала цифровой трансформации, при которой нейтралитет может свидетельствовать не о сопротивлении, а о недостаточной информированности, отсутствии личного опыта применения или ожидании более убедительных доказательств эффективности.

4.2.4. Обучение на реальных кейсах от предприятий

Подавляющее большинство респондентов (88,4%) выразили готовность к освоению образовательных программ с использованием реальных кейсов от промышленных предприятий (Рис. 40).

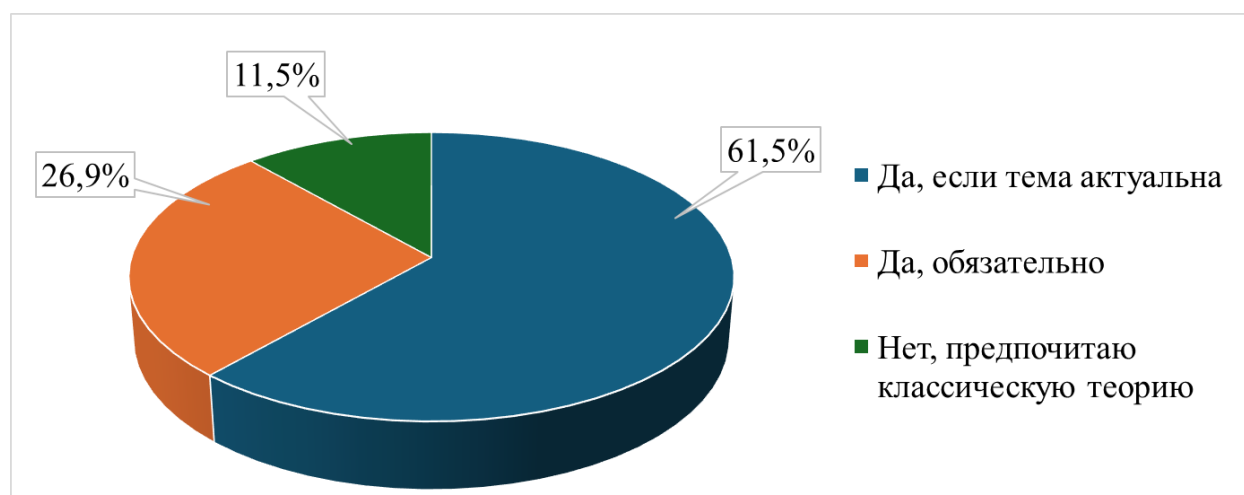


Рис. 40. Оценка заинтересованности обучающихся в использовании реальных производственных кейсов

Такое распределение ответов свидетельствует о четком запросе на практико-ориентированный подход в образовании. Студенты хотят видеть связь между

обучением и реальным миром. Их мотивация резко возрастает, когда они понимают, что решают не абстрактные, а настоящие производственные проблемы. Также необходимо отметить, что такой подход помогает формировать навыки, востребованные на современном рынке труда.

Полученные данные подтверждают необходимость:

- активного внедрения индустриальных кейсов в учебный процесс;
- развития сотрудничества с предприятиями-партнерами;
- адаптации образовательных программ под потребности реального сектора экономики.

Этот тренд соответствует современным требованиям к подготовке специалистов, способных быстро адаптироваться к профессиональной среде.

4.2.5. Интерес к микроквалификациям

Анализ предпочтений студентов в области микроквалификаций выявляет четкие приоритеты в освоении компетенций, актуальных для современной химической отрасли (Рис. 41). Наибольший интерес вызывают направления, связанные с цифровой трансформацией и стандартизацией: микроквалификация «Цифровой химик» лидирует с показателем 56,4%. Вторую позицию занимает «Экспертиза химической безопасности» (48,7%). На третьем и четвертом месте оказываются прикладные дисциплины, ориентированные на промышленные стандарты: «Метрология и стандартизация в химическом анализе» (39,7%) и «Основы GMP/GLP» (35,9%).

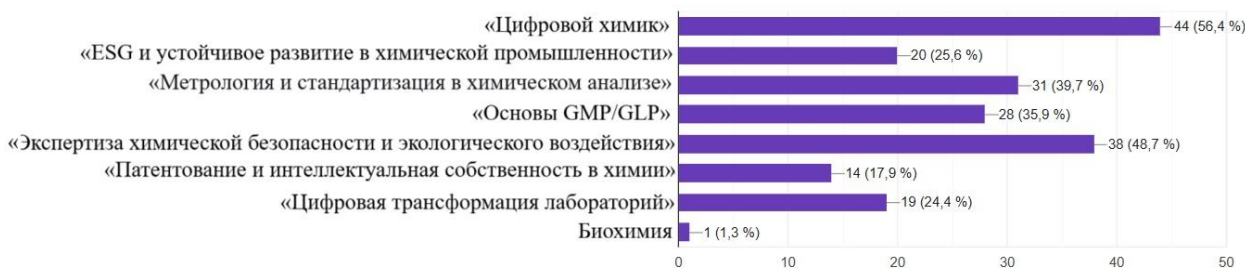


Рис. 41. Рейтинг востребованности микроквалификаций среди обучающихся

Студенты выбирают квалификации, дающие конкретные, измеримые и востребованные на рынке навыки. Выявленные предпочтения респондентов демонстрируют их ориентацию на исследование междисциплинарных областей, находящихся на стыке химии, IT-индустрии и экологии, которые являются быстрорастущими сегментами рынка.

4.2.6. Междисциплинарные связи

По результатам анкетирования выявлено, что наиболее востребованными направлениями для междисциплинарного сотрудничества являются (Рис. 42):

- химическая инженерия и промышленные процессы (55,1%);
- биохимия и фармацевтика (52,6%);
- Data Science / искусственный интеллект в химии (34,6%).

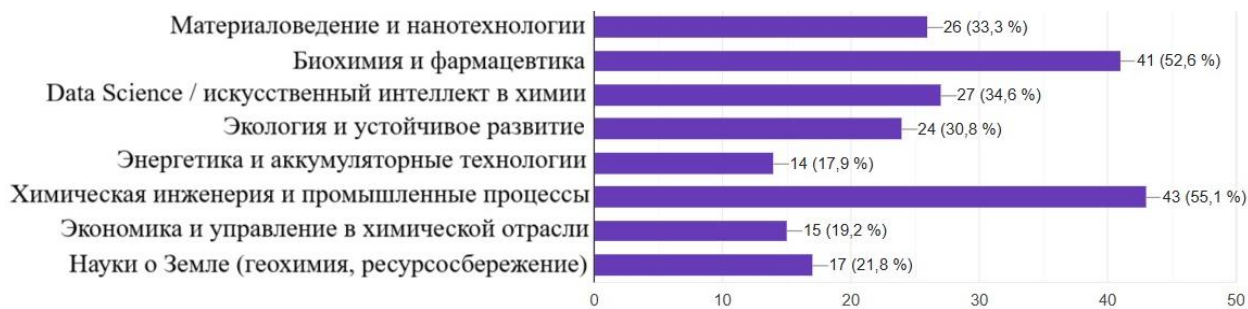


Рис. 42. Приоритеты междисциплинарности по предпочтению студентов

Студенты четко ориентированы на прикладные направления, непосредственно связанные с трудоустройством в промышленности (химическая инженерия, фармацевтика), при этом сохраняя высокий интерес к цифровой трансформации отрасли (Data Science).

4.2.7. Интересующие отрасли для трудоустройства

По результатам опроса наиболее привлекательными для будущей карьеры стали (Рис. 43):

- косметика и бытовая химия (57,7%);
- нефтехимия и полимеры (46,2%);
- фармацевтика и биотехнологии (42,3%).

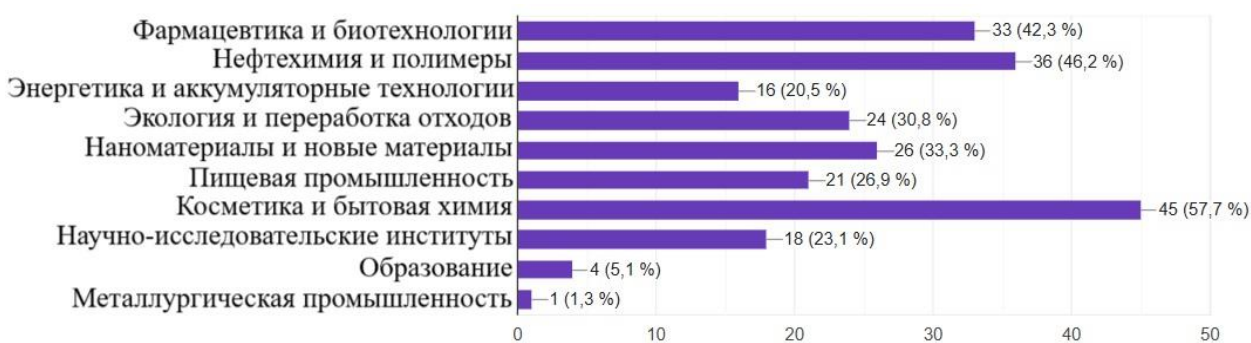


Рис. 43. Распределение отраслевых предпочтений студентов химических специальностей

Значительный интерес сохраняется к наноматериалам (33,3%) и экологической повестке (30,8%), тогда как традиционные секторы (металлургия и образование) оказались наименее востребованы. Профиль интересов студентов смещен в сторону прикладных и коммерчески ориентированных секторов химической промышленности. Нефтехимия – фундамент многих секторов экономики, предлагающий рабочие места. Фармацевтика – это исследовательская работа и высокие технологии.

4.2.8. Полезные формы взаимодействия с работодателями

Согласно данным опроса, стажировки и практики были признаны подавляющим большинством респондентов (82,1%) наиболее приоритетным форматом сотрудничества (Рис. 44).

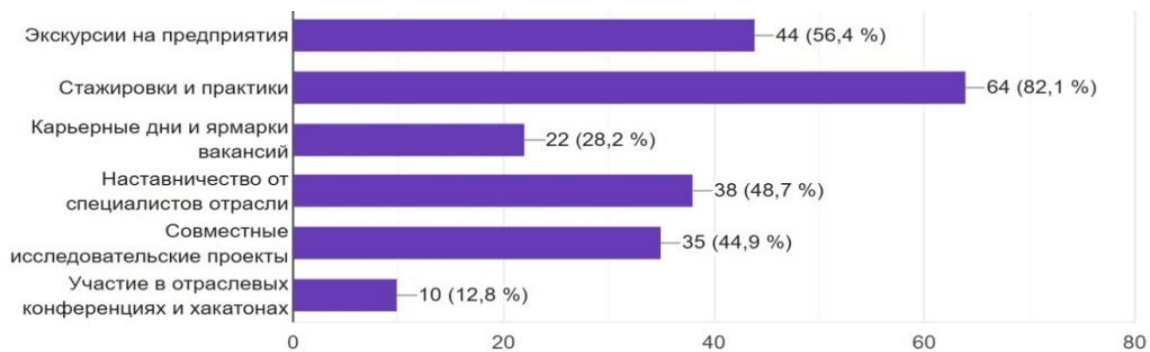


Рис. 44. Предпочтения студентов в форматах взаимодействия с работодателями

Существенный интерес сохраняется к экскурсиям на предприятия (56,4%) и наставничеству от специалистов отрасли (48,7%), что подчеркивает ценность визуального ознакомления с производством и персонального контакта с носителями профессиональных компетенций. Показательно, что высокий рейтинг совместных исследовательских проектов (44,9%) коррелирует с ранее выявленной ориентацией на кейсовые методы обучения, что системно подтверждает потребность студентов в решении прикладных задач, актуальных для промышленности.

4.2.9. Участие в разработке образовательных модулей

Результаты анкетирования демонстрируют готовность студентов к соучастию в образовательном процессе (Рис. 45).

Почти половина респондентов (47,4%) дали утвердительный ответ, что свидетельствует о сформировавшемся запросе на активную роль в формировании собственной образовательной траектории. Полученные данные подтверждают общую тенденцию к принятию модели совместного конструирования образовательных модулей триадой «студент-преподаватель-работодатель».

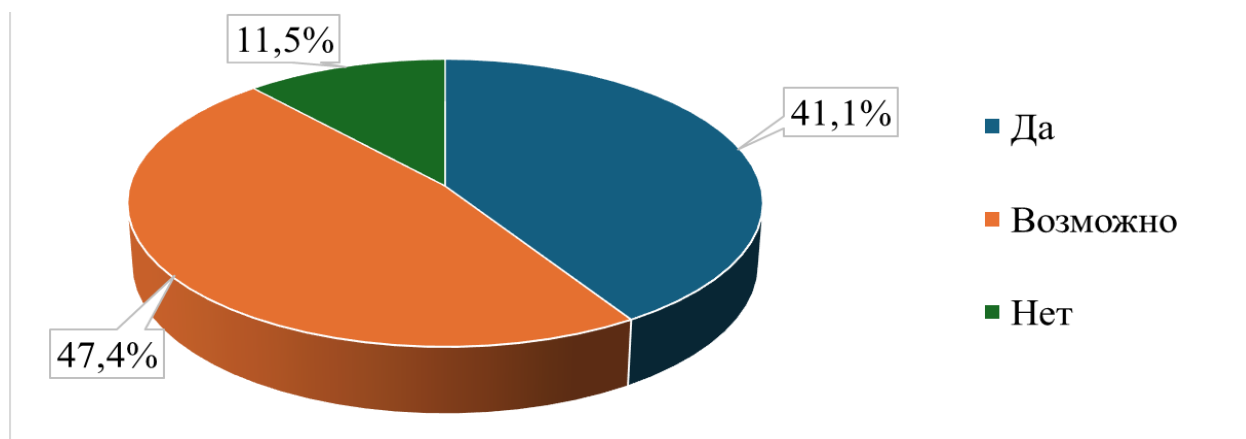


Рис. 45. Распределение ответов респондентов относительно участия в разработке образовательных модулей

Выводы на основе анализа результатов анкетирования обучающихся

Результаты анкетирования демонстрируют высокую осведомлённость студентов о современных требованиях рынка труда и готовность к трансформации

своей подготовки. Полученные данные позволяют выстроить гибкие, междисциплинарные и цифровые образовательные траектории, соответствующие как национальным приоритетам, так и личным карьерным запросам обучающихся.

Проведенный анализ однозначно указывает на два стратегических направления для трансформации образовательных программ.

Во-первых, ключевым драйвером подготовки конкурентоспособных выпускников должно стать глубинное и системное взаимодействие с индустриальными партнерами. Именно оно позволяет преодолеть разрыв между академическим знанием и практическими требованиями рынка, обеспечивая студентам доступ к реальным кейсам, современным технологиям и прямым траекториям трудоустройства через стажировки и совместные проекты. Такой подход превращает университет из поставщика теоретических знаний в активного участника формирования кадрового потенциала отрасли.

Во-вторых, для ответа на быстроменяющиеся запросы экономики и запросы самих студентов необходимо внедрение гибкой системы микроквалификаций. Эта система позволит целенаправленно развивать узкоспециализированные, востребованные компетенции в области цифровой трансформации, стандартов качества, экологической безопасности и управления проектами. Интеграция микроквалификаций в учебный процесс не просто дополнит основную программу, а придаст ей необходимую гибкость и адаптивность, позволяя выпускникам быстро реагировать на вызовы времени и укреплять свои позиции на рынке труда. Вместе эти два вектора – тесная связь с индустрией и гибкость образовательных траекторий – создают прочный фундамент для подготовки химиков нового поколения.

На основе предоставленных данных можно сформировать детализированную карту фокус-групп для целевой настройки образовательных программ.

Таблица 5

Карта фокус-групп для специалистов химического профиля

Фокус-группа	Описание и целевой сектор	Ключевые цели взаимодействия с ВУЗом	Ключевые требуемые компетенции (на основе отчета)
1. Промышленные химики-технологи	Специалисты, занятые в реальном секторе экономики: фармацевтика, газо- и нефтехимия, пищевая промышленность, промышленность лакокрасочных материалов. Должности: инженер-химик/технолог, ведущий инженер-химик, технолог производства, специалист по валидации.	1. Подготовка специалистов, готовых к работе на конкретном оборудовании. 2. Снижение затрат на доучивание и адаптацию. 3. Привлечение специалистов для решения прикладных технологических задач (оптимизация процессов, расчет норм расхода).	Hard Skills: • Знание основ химической технологии • Контроль соблюдения технологического режима • Работа с нормативной документацией (ГОСТ, ТР ТС, СанПиН) • Навыки работы с технологическим оборудованием • Расчет норм расхода сырья Soft Skills: • Ответственность и дисциплинированность • Системное мышление • Готовность к работе в условиях регламентированного производства

<p>2. Химики-аналитики и специалисты по контролю качества</p>	<p>Специалисты, обеспечивающие качество и безопасность продукции: лабораторно-аналитический сектор, фармацевтика, пищевая промышленность, нефтехимия. Должности: химик-аналитик, лаборант, специалист ОКК, химик-хроматографист, руководитель лаборатории, метролог.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обеспечение кадрами, владеющими современными методами анализа. 2. Подготовка специалистов, понимающих принципы ВЛК и МСИ. 3. Развитие навыков работы в условиях аккредитованной лаборатории (ISO/IEC 17025). 	<p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Владение методами ВЭЖХ/ГХ (наиболее востребованный навык), спектроскопия (ИК, УФ) • проведение физико-химических анализов • Пробоподготовка • Статистическая обработка данных • Знание стандартов GMP, GLP, ISO <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Внимательность к деталям • Скрупулезность и аккуратность • Командная работа
<p>3. Научные сотрудники и специалисты по R&D</p>	<p>Специалисты, занимающиеся исследованиями и разработками: научно-исследовательские институты, R&D-центры фармацевтических и химических компаний. Должности: научный сотрудник, специалист по разработке, инженер-исследователь, специалист по испытаниям полимеров.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка кадров для инновационного сектора. 2. Проведение совместных НИОКР. 3. Развитие компетенций в области перспективных направлений (материаловедение, биотехнологии). 	<p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Планирование и проведение экспериментов • Навыки НИОКР • Разработка новых рецептур и продуктов • Валидация методик анализа • Работа с научной литературой, знание английского языка (уровень B1+) <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Критическое и аналитическое мышление • Готовность к обучению и освоению нового • Проектное мышление
<p>4. Специалисты по ESG и экологическому контролю</p>	<p>Специалисты, отвечающие за экологическую безопасность и устойчивое развитие: предприятия всех отраслей, консалтинговые компании, государственные структуры. Должности: эколог, специалист по химической безопасности, аналитик в области экологического мониторинга.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Подготовка специалистов на стыке химии и экологии. 2. Развитие компетенций в области «зеленой» химии 3. Формирование кадрового резерва для реализации ESG-стратегий компаний. 	<p>Hard Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Экотоксикология и оценка воздействия на окружающую среду • Нормирование и расчет выбросов/сбросов • Методы анализа объектов окружающей среды • Знание природоохранного законодательства • Обращение с отходами <p>Soft Skills:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ответственность • Системное мышление • Коммуникативные навыки для взаимодействия с контролирующими органами

5. Преподаватели и научные наставники

Специалисты, обеспечивающие воспроизводство кадров: ВУЗы, колледжи, учебные центры.
Должности: преподаватель, научный руководитель, методист.

1. Получение качественно подготовленных абитуриентов и студентов.
2. Развитие собственной научной квалификации.
3. Привлечение студентов в научно-исследовательскую деятельность.

Hard Skills:

- Глубокие фундаментальные знания
- Современные методы педагогики
- Навыки руководства научными работами
- Владение современным лабораторным оборудованием для обучения

Soft Skills:

- Коммуникабельность
- Наставничество и мотивация
- Ориентация на передачу знаний

6. Цифровые химики и специалисты по данным

Новая формирующаяся группа – специалисты, интегрирующие IT и химию: фармацевтика, R&D, аналитические лаборатории.
Должности: специалист по моделированию, Data Scientist в химии, Специалист по работе с LIMS.

1. Развитие компетенций на стыке дисциплин.
2. Подготовка кадров для цифровой трансформации лабораторий и производств.
3. Автоматизация процессов сбора и обработки данных.

Hard Skills:

- Работа с LIMS-системами
- Основы программирования для анализа данных
- Статистический анализ и машинное обучение для хемометрики
- Цифровые двойники процессов
- Обработка данных с аналитических приборов

Soft Skills:

- Адаптивность к быстро меняющимся технологиям
 - Междисциплинарное мышление (стык химии, IT, математики)
-

5. ОБОБЩЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ЛУЧШИХ ПРАКТИКАХ ВЕДУЩИХ РОССИЙСКИХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ВУЗОВ В ОБЛАСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ПО ХИМИИ

Сбор информации осуществлялся на основе изучения и анализа официальных сайтов университетов в сети Интернет. Для анализа были отобраны 12 университетов России, ведущих подготовку кадров по химии и/или химической технологии. Отбор производили таким образом, чтобы обеспечить включение в обзор максимальное число различных подходов, приемов и результатов трансформации системы подготовки кадров. Результаты анализа представлены ниже в виде таблицы.

Итоги сравнительного анализа ведущих российских вузов, осуществляющих подготовку химиков, целесообразно дополнить короткими комментариями, содержащими информацию о специфике каждого образовательного учреждения.

1) Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ) является флагманом фундаментального химического образования в России. Сильные его стороны – это сеть хорошо оборудованных лабораторий, охватывающая практически все области химии: от квантовой химии до термодинамики и супрамолекулярных систем. Образовательные программы глубоко фундаментальны, но уже интегрируют элементы цифровизации и междисциплинарности. МГУ – пример сохраняющегося баланса между классической школой и инновационными практиками.

2) Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ) отличается академической глубиной и системной интеграцией химии с другими естественными науками. Реализует уникальные программы: «Цифровые технологии в химии» и «Структурная минералогия и материаловедение». Вуз располагает современными лабораториями, научным парком с 22 ресурсными центрами и обширным кругом промышленных партнёров.

Результаты сравнительного анализа лучших практик российских университетов в области модернизации химического образования

Название вуза	Междисциплинарность образовательной программы	Микроквалификации	Цифровые и уникальные учебные лаборатории	Уникальные события	Индустриальные партнеры
Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (МГУ)	Фокус на фундаментальные химические дисциплины. Уникальный формат - 6-летний специалитет. Фундаментальная и прикладная химия (специализации: Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Высокомолекулярные соединения, Коллоидная химия, Медицинская химия и тонкий органический синтез, Неорганическая химия, Нефтехимия, Органическая химия, Радиохимия, Физическая химия, Химическая кинетика, Фундаментальная и прикладная энзимология, Химические технологии веществ и материалов, Химия высоких энергий, Электрохимия, Нанобиоматериалы и нанобиотехнологии, Лазерная химия, Химия ионных и молекулярных систем, Химия твёрдого тела, Экологическая химия и экоадаптивные технологии, Теория и методика обучения химии), магистратуры 04.04.01 Химия (программы: Химия, Аналитическая химия для решения проблем экологии), 18.04.01 Химическая технология	ДПО / курсы повышения квалификации, например, «Основы косметической химии», «Технологии производства и разработка рецептур парфюмерно-косметической продукции», «Теория и практика применения ионной и гидрофильной жидкостной хроматографии в химическом анализе» и др.	Центр компетенций НТИ «Технологии снижения антропогенного воздействия», суперкомпьютерный центр «Ломоносов»	День химика, Клятва химика, «Ломоносовские чтения»	Уралхим, Роснефть, Сибур, Газпром, Еврохим, Novartis и др.
Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ)	Очень выражена. Интеграция химии с физикой, биологией, медициной, информатикой и науками о Земле. Междисциплинарные магистратуры «Цифровые технологии в химии» и «Структурная минералогия и материаловедение» Бакалавриаты 04.03.01 Химия, 04.03.02 Химия и физика материалов, магистратура 04.04.01 Химия	Дополнительные квалификации: «Учитель химии», «Переводчик научно-технической литературы», «Специалист по ИТ-тестированию»; ДПО по спектральному анализу, протеомике, хемотрике и радиационной безопасности	Научный парк СПбГУ с 22 ресурсными центрами в составе	Конференции и научные школы факультета химии; участие в олимпиадах, научных битвах, кон-курсах молодых химиков	Лукойл-Северо-Западнефтепродукт, Biocad, Газпромнефть, Вертекс, Вектон, Химреактив, Петроаналитика, Аналитприбор и др.

Высшая школа
экономики
(ВШЭ)

Бакалавриат 04.03.01 Химия со специализацией «Цифровая химия и технологии искусственного интеллекта», магистратура 04.04.01 Химия (программа «Химия молекулярных систем и материалов»)

MicroDegree
(микроквалификации)
и дополнительный
профиль (Minor)

Не имеет собственной обширной экспериментальной базы и активно использует лаборатории институтов РАН: Института органической химии им. Н.Д. Зелинского, Института элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова, Института проблем химической физики и др.

Научно-просветительский проект «Химия в Вышке»

Biocad, Фармсинтез, ХимРар, Сибур, Лукойл, Норникель и др.

Уральский
федеральный
университет
(УрФУ)

Модульная структура, междисциплинарные модули проектной деятельности. Бакалавриаты 04.03.02 Химия, физика и механика материалов, 04.03.01 Химия, специалитеты 30.05.01 Медицинская биохимия, 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, магистратуры 04.04.01 Химия, 04.04.02 Химия, физика и механика материалов

Доп. квалификации:
метрология или
программирование

Химфармцентр
«УрФУ»

Ежегодная студенческая научная конференция «Проблемы теоретической и экспериментальной химии», выездная Зимняя школа по химии твердого тела

Unilever, Уралкерамика, Маяк, ЗиК, УОМЗ и др.

<p>8 Новосибирский государственный университет (НГУ)</p>	<p>Большей частью монодисциплинарное обучение: бакалавриат 04.03.01 Химия. Фундаментальная наука и прорывные технологии (специализации: аналитическая химия, биоорганическая химия, катализ, неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химия твердого тела), специалитет 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия (специализации: аналитическая химия, биоорганическая химия, катализ и адсорбция, неорганическая химия, органическая химия, физическая химия, химия твердого тела), магистратуры 04.04.01 Химия. Фундаментальная наука и прорывные технологии (программы: Аналитическая химия материалов, Аналитическая химия, Биоорганическая химия, Биотехнология, Катализ в переработке углеродсодержащего сырья, Катализ и адсорбция, Методическое обеспечение физико-химических исследований конденсированных фаз, Нанокompозитные материалы, Неорганическая химия, Органическая химия, Физическая химия, Химическое материаловедение, Химия твёрдого тела, Энергоэффективный катализ)</p>	<p>Большой выбор специализаций; курсы ДПО через НОЦ «Аналитика», НОЦ «Хроматография»</p>	<p>Учебно-научный центр «Аналитика»</p>	<p>Турнир юных химиков (для школьников), Дни научного кино, Научный пикник</p>	<p>Биотехнопарк, Вектор, Schlumberger и др.</p>
<p>Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ)</p>	<p>Упор на связь химии и инженерии. Бакалавриаты 04.03.01 Химия (профиль: Цифровой дизайн и химия перспективных веществ и материалов), 18.03.01 Химическая технология</p>	<p>Микрокомпетенции: цифровые технологии в промышленности, анализ больших данных и др.</p>	<p>Передовая инженерная школа «Промхимтех», Лаборатория креативных индустрий и образовательных медиа (Лаборатория КИОМ); Проект «Цифровая кафедра»</p>	<p>Создание общества юных химиков «Химнот»; большое количество стипендиальных и премиальных конкурсов для студентов и молодых ученых: премия имени Арбузовых, именная стипендия мэра Казани</p>	<p>Нижнекамскнефтехим; Барс-груп; Газпром; Сибур; Лукойл, Татнефть и др.</p>

РХТУ им. Д.И. Менделеева	<p>Выраженная. Межфакультетские курсы («Зелёная химия», «Инновационные каталитические технологии») и совместные кафедры со Сколтехом.</p> <p>Бакалавриаты 04.03.01 Химия, 18.03.01 Химическая технология, 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, специалитеты 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий, 18.05.02 Химическая технология материалов современной энергетики, магистратура 04.04.01 Химия (программы: Теоретическая и экспериментальная химия, Биомедицинская химия и разработка систем адресной доставки лекарственных средств), 18.04.01 Химическая технология 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии</p>	<p>Многочисленные: от водоподготовки и фармацевтики до электрохимии и экологического мониторинга; программы Академии Mendeleev</p>	<p>Инженерная школа «Химический инжиниринг и машиностроение»; «Менделеев центр» – детский технопарк с лабораториями аддитивных технологий, фотоники, наноматериалов, фармацевтики</p>	<p>Форум «Полюс», «Менделеевский конкурс студентов-химиков», проект «Лидеры Менделеевского»</p>	<p>Сибур, Росатом, Норникель, Лукойл, S7 Airlines, Estel, Фармсинтез, Красцветмет, Татнефть и др.</p>
Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ)	<p>Химия интегрирована с физикой, электроникой, материаловедением, нанотехнологиями; реализуется взаимодействие с институтами ДВО РАН</p> <p>Бакалавриаты 04.03.01 Химия и химическая инженерия (совместно с АО НЗМУ), 04.03.01 Фундаментальная и прикладная химия (совместно с ТИБОХ ДВО РАН и ИХ ДВО РАН), специалитет 04.05.01 Биохимическая инженерия, магистратуры 18.04.01 Химическая технология (программа Процессы и аппараты химической технологии), 04.04.01 Химия (программы Фундаментальная химия, Аналитическая химия и химическая экспертиза)</p>	<p>Нет специализированных микроквалификаций по химии, но есть смежные направления (экология, биотехнологии, инженерии, пищевой промышленности, информационных технологий проектного управлению и др.)</p>	<p>«Цифровая кафедра», «Факультетус», Центр проектной деятельности (нейротехнологии, робототехника, IoT, биотехнологии), тематические инициативы по биоэкономике, океану и Арктике</p>	<p>День химика, научные конференции</p>	<p>Находкинский завод минеральных удобрений, Дальприбор, Центр судоремонта «Дальзавод», ОИЯИ, ТИБОХ ДВО РАН, «Звезда» и др.</p>

Балтийский федеральный университет им. И. Канта (БФУ)	Присутствует. Включает физику, информатику, биологию. Базовое высшее образование: 04.03.01 Химия (три трека специализации: Химические источники тока, Фармацевтическая химия, Химическая экспертиза). Специализированное высшее образование: 04.04.01 Химия (направления подготовки: Хемоинформатика, Химическая экспертиза, Фармацевтическая химия)	Нет специализированных микроквалификаций, но развито ДПО и проектное обучение	Научно-технологический парк «Фабрика»; лаборатории функциональных и магнитных материалов, наноматериалов, имплантологии	Форум «ХимБиоSeasons», Всероссийская «Проектная мастерская-2025»	РЭНЕРА (Росатом), BioCad, Vertex, Газпром, Helicon, ОРТЕС, ОКБ «Факел», Экопэт, АтлантНИРО, Центр гигиены Калининграда и др.
Томский государственный университет (ТГУ)	Присутствует. В магистратуре «Цифровая химия» интегрированы химия, материалы и технологии; реализуются междисциплинарные программы трансляционной химии и биомедицины. Бакалавриат 04.03.01 Химия, специалитет 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, магистратура 04.04.01 Химия (программы: Трансляционные химические и биомедицинские технологии, Цифровая химия, Химические и физические методы исследований в экологической и криминалистической экспертизе, Фундаментальная и прикладная химия веществ и материалов)	Есть программы повышения квалификации и переподготовки по биотехнологии, химической технологии, математическому моделированию, на базе лаборатории каталитических исследований и лаборатории физико-химических методов анализа	Центр инженерных разработок «Химические технологии и аппараты», цифровая кафедра «Цифровая химия», новая лаборатория искусственного интеллекта в химии и молекулярной инженерии	Ярмарка вакансий на факультете, День химика, День науки	Фарус, Ростех, Томлесдрев, Росхимзащита, Маяк Росатом и др.

Нижегородский университет им. Н.И.Лобачевского (ННГУ)	Выраженная междисциплинарность: химия+экология, физика, педагогика Бакалавриаты 04.03.01 Химия, 18.03.01 Химическая технология, специалитет 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия, магистратура 04.04.01 Химия (программы: Органическая и медицинская химия, Физическая химия, Нефтехимия, Аналитическая химия и экология, Неорганическая химия, Химия твердого тела и радиохимия, Химия высокомолекулярных соединений), 18.04.01 Химическая технология (Химия и технология неорганических веществ и материалов)	Центр переподготовки и повышения квалификации при ЦКП «Новые материалы и ресурсосберегающие технологии»	Три научно-образовательных центра, в рамках федерального проекта «Цифровые кафедры» создано приложение для расчёта термодинамических функций	Проект «Менделеевские классы», Химическая школа	АО Атомэнергопроект, ЦНИИ Буревестник, ВМЗ, Гидромаш, Масложировой комбинат, Водоканал
Тюменский государственный университет (ТюмГУ)	Присутствует – бакалавриат 04.03.01 Химия (профиль: Химия) по модели «2+2» (интердисциплинарное обучение), магистратура 04.04.01 Химия (программы: материалы, нефтедобыча, экология)	Сквозной IT-трек + широкий выбор сборки мини-направления (Minor) из элективов (Electives)	Лаборатория цифрового катализа, научно-исследовательская лаборатория микрогидродинамических технологий	Фабрика научной мысли молодых «Ресурсы холодного мира: Ямал и Арктика»	Тюмень Водоканал; Фармасинтез Тюмень; Schlumberger; KCA Deutag; Новатэк НТЦ; и др.

3) Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) включает быстро развивающийся факультет химии – уникальный пример «новой школы» химического образования в России, где акцент сделан не на инфраструктуре, а на научных коллаборациях и цифровых подходах. Программы бакалавриата и магистратуры в ВШЭ построены вокруг идеи научно-исследовательского обучения (research-based learning): студенты с первых курсов прикрепляются к научным группам в институтах РАН, где выполняют реальные проекты. Это формирует у выпускников не только глубокие исследовательские компетенции, но и понимание академической среды. Междисциплинарность реализуется через курсы по квантовой химии, материаловедению, биохимии и вычислительным методам в науке. Большинство дисциплин – на стыке физической химии и математического моделирования, что делает выпускников востребованными в сфере химической информатики, молекулярного дизайна и фармразработок.

Хотя ВШЭ не располагает обширными экспериментальными лабораториями, этот «дефицит» компенсируется доступом студентов к мощной исследовательской инфраструктуре РАН и к суперкомпьютерным ресурсам ВШЭ. Вуз активно продвигает цифровизацию химического образования, развивая внутренние платформы для моделирования и анализа данных, а также интегрируя их с инструментами ИИ.

4) Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (РХТУ) – классический химико-технологический вуз с сильной инженерной и производственной базой. Главная особенность – акцент на прикладных компетенциях и тесные связи с индустрией, представленные крупнейшими российскими компаниями. Вуз активно развивает цифровое моделирование, дизайн химических процессов, передовые инженерные школы. Микрокомпетенции реализованы в виде кратких курсов, а образовательная среда расширена через мероприятия (форумы, конкурсы, технопарк «Менделеев Центр»).

5) Дальневосточный федеральный университет (ДФУ) выстроил модель интеграции химии с физикой, нанотехнологиями, электроникой и материаловедением. Здесь химия – часть STEM-платформы. Университет делает ставку на проектное обучение и взаимодействие с промышленностью Дальнего Востока. Особенность – ориентация на океанические и биотехнологические проекты в рамках «Приоритета 2030».

6) Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта (БФУ) создал модель, основанную на сочетании классической подготовки и проектной деятельности. Химия интегрирована с биологией, физикой и информатикой; особую роль играет научно-технологический парк «Фабрика» – центр коллективного пользования с мощной приборной базой. Акцент сделан на наноматериалы, хемоинформатику и электрохимию. Университет активно взаимодействует с фармацевтическими и биотехнологическими компаниями региона, создавая локальную экосистему.

7) Томский государственный университет (ТГУ) является одним из пионеров цифровой трансформации химического образования. Магистерские программы «Цифровая химия» и «Трансляционные химические и биомедицинские технологии» отражают стратегию сочетания химии, ИТ и биомедицины. Сильна интеграция с промышленностью, преобладающие партнеры – предприятия нефте- и газоперерабатывающей отрасли. ТГУ делает ставку на внедрение проектного обучения, что позволяет студентам сразу участвовать в НИОКР и реальных технологических задачах.

8) Уральский федеральный университет (УрФУ) фокусируется на инженерной химии, материалах и технологических решениях для промышленности. Развивает Передовую инженерную школу, обучающую проектированию новых материалов и катализаторов. Отличается тесным взаимодействием с крупными предприятиями. Междисциплинарность проявляется в программах по энергоэффективным материалам и химической инженерии.

9) Новосибирский государственный университет (НГУ) уникален своей связью с институтами СО РАН. Образование основано на принципе «учеба через исследование»: студенты работают в лабораториях научных институтов. Направления варьируются от теоретической химии до наноструктур и катализаторов. В НГУ сильнейшая школа фундаментальной химии.

10) Казанский федеральный университет (КФУ) сочетает мощную историческую школу органической химии с новыми центрами – химии нефти и катализаторов. Активно участвует в «зелёной» и медицинской химии, развивает биоинженерию. КФУ имеет собственные исследовательские лаборатории и центры коллективного пользования, является координатором крупных проектов в Татарстане.

11) Нижегородский университет им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) демонстрирует сохранение традиций фундаментальных исследований при активной модернизации лабораторной базы. Уникальный аспект вуза – развитие цифровых инструментов внутри химического образования: созданное в университете приложение для расчёта термодинамических функций – пример практической цифровизации науки. Вуз отличается широким набором лабораторий и развитой системой партнёрств с промышленностью и научными центрами.

12) Тюменский государственный университет (ТюмГУ) демонстрирует экспериментальную модель интеграции естественных наук – физики, химии, биологии, экологии – в единую образовательную среду (Школу Естественных Наук). Это один из примеров реализованной модели «2+2», где студенты получают междисциплинарную базу перед выбором специализации. Важной чертой является раннее включение студентов в лабораторную работу и наличие дополнительных minor-треков по выбору, например, «Разработка игр» – решение, расширяющее компетенции химиков за пределы традиционного образа профессии.

Формирующаяся модель химического образования пока неоднородна, и ее с некоторыми оговорками можно рассматривать как целое. Тем не менее, уже можно выделить ее сильные и слабые стороны.

Сильные стороны:

1) сохранение академической преемственности. МГУ, СПбГУ, НГУ и КФУ продолжают задавать стандарт фундаментального химического образования, обеспечивая преемственность научных школ и высокую квалификацию выпускников;

2) широкая вариативность моделей. Россия демонстрирует сочетание классической академической модели (МГУ, НГУ), прикладной инженерной (РХТУ, УрФУ) и цифро-сетевой (ВШЭ, ТГУ, БФУ) – это делает систему потенциально более устойчивой и адаптивной;

3) интеграция с научной инфраструктурой. Множество вузов встроены в экосистему РАН и федеральных исследовательских центров, что повышает качество научной подготовки;

4) развитие региональных инновационных кластеров. КФУ, ТГУ, ДВФУ и БФУ формируют новые точки роста в регионах.

Возможные риски и вызовы трансформации:

1) неравномерность инфраструктурного развития. Вузы федерального уровня имеют современные лаборатории и оборудование, тогда как региональные и молодые классические университеты (за отдельными исключениями) часто испытывают дефицит экспериментальной базы. Это создаёт риск разрыва между теоретическим и практическим уровнем подготовки большинства студентов-химиков;

2) дисбаланс между цифровыми и практическими компетенциями. Усиление цифровизации при недостаточной практической подготовке может привести к «виртуализации химии», где практические навыки студентов уступают аналитическим. Оптимальным будет сбалансированное сочетание обеих составляющих;

3) риск потери фундаментальности. Быстрый сдвиг в сторону прикладных и междисциплинарных проектов иногда приводит к размыванию фундаментальных знаний в неорганической, органической и физической химии. Классические научные школы в этом контексте должны играть стабилизирующую роль;

4) неравенство в доступе к индустриальным партнёрам. Успешное сотрудничество с промышленностью часто сосредоточено в нескольких крупных центрах (Москва, Санкт-Петербург, Казань, Томск). Вузы без развитой промышленной среды рискуют остаться вне практико-ориентированных программ;

5) кадровый разрыв и миграция молодых специалистов. Отток преподавателей и исследователей в индустрию или в столичные вузы может ослабить качество преподавания, особенно в относительно молодых вузах, где собственные научные школы только начали формироваться.

Сравнительная характеристика химического образования ведущих зарубежных университетов

Название вуза	Междисциплинарность	Микроквалификации	Цифровые и уникальные учебные лаборатории	События	Индустриальные партнёры
Массачусетский технологический институт (MIT)	Химия объединена с биологией, физикой, ИТ и инженерией; студенты свободно выбирают траектории (например, «ChemFlex») и выбирают курсы из других департаментов.	Высокая степень гибкости: система выбора факультативов, «minors» (например, компьютерные науки, машинное обучение, предпринимательство) встроена в программу.	Учебные лаборатории для студентов бакалавриата с новейшим оборудованием: ICP-MS, ЯМР, масс-спектрометры и др.	Программа Undergraduate Research Opportunities (UROP) – с участием студентов с первого курса в научной работе.	Pfizer, Merck, BASF, и др.
Университет Цинхуа	Программа обучения химии включает обязательную исследовательскую полугодовую стажировку, курсы по выбору, междисциплинарную тематику (материаловедение, биология, экология).	Существует система коротких курсов, интенсивных программ (например, обучение работе на современном оборудовании) – аналог микроквалификаций.	Современное аналитическое оборудование (Q-TOF-MS, MALDI-TOF, AFM, SEM, TEM и др.) и ключевые лаборатории: Bioorganic Phosphorous Chemistry & Chemical Biology; Organic Optoelectronics & Molecular Engineering.	Онлайн-курсы через платформу XuetangX	Сильные связи с промышленностью: создание фондов «университет-промышленность»
Кембриджский университет	Бакалавриат в рамках Natural Sciences, где первый год общая база, затем специализация; междисциплинарный характер обучения.	Курсы повышения квалификации, сертификаты по современным методикам, онлайн-курсы.	Melville Laboratory for Polymer Synthesis – специализируется на синтезе полимеров и изучении их свойств, Centre for Experimental Biophysical Chemistry – объединяет исследователей-физиков, биологов и химиков, работающих над задачами биофизической химии	Обучение в малых группах (2-3 студента) под руководством профессора или аспиранта	AstraZeneca, BP, Shell, BASF, Johnson Matthey и др.

Таким образом, отечественное химическое образование вступило в фазу структурной диверсификации и цифровой модернизации. Основная задача ближайших лет – сохранить при этом сильные фундаментальные школы путём баланса инновационных практик и фундаментальной базы, выровнять учебно-научную инфраструктуру между регионами и укрепить кадровый потенциал в них. В противном случае, как предостерегают эксперты, реформы могут привести к противоположным заявляемым результатам, усилив фрагментацию образовательного пространства и ослабив подготовку кадров для науки и химической промышленности России.

Для полноты картины представляется целесообразным сравнить состояние дел в российском образовании с несколькими ведущими вузами различных регионов мира. Ниже в таблице представлена информация об университетах трех различных частей света с короткими комментариями после таблицы.

Массачусетский технологический институт (MIT), США, предлагает одну из самых передовых и комплексных программ по химии: фундаментальная база сочетается с гибкостью специализации. Студенты получают прочную физико-математическую подготовку, затем выбирают один из специализированных треков («Chemical Biology», «Materials & Inorganic Chemistry», «Physical & Computational Chemistry», «Organic Synthesis & Catalysis»). Программа UROP позволяет начать исследования с первого курса. Инфраструктура развита на высочайшем уровне, с оборудованием мирового класса. MIT также культивирует междисциплинарность институционально: химики работают вместе с инженерами, биологами, ИТ-специалистами.

Университет Цинхуа, КНР, поддерживает и развивает обязательную исследовательскую стажировку бакалавров. Программа сбалансирована: около 2/3 обязательных курсов и 1/3 курсов по выбору. Инфраструктура оснащена самым современным оборудованием, и вуз активно интегрирует междисциплинарные направления: материаловедение, биология, экология. Онлайн-платформы и гибридное обучение дополнительно расширяют возможности. Заметна сильная ориентация на сотрудничество с индустрией и коммерциализацию.

Кембриджский университет, Великобритания, сочетает традицию фундаментального химического обучения с современными исследовательскими практиками. Программа Natural Sciences позволяет студентам начать с широкой фундаментальной базы и затем перейти к более глубокой специализации. Значительной особенностью являются супервизии (наставничество) – обучение в малых группах (2-3 студента) под руководством профессора или аспиранта.

Сравнение с российскими вузами:

1) как и зарубежные университеты, российские вузы всё чаще внедряют междисциплинарность, цифровизацию и связи с индустрией. Однако зарубежные примеры демонстрируют более системную и институционально закреплённую интеграцию междисциплинарности и исследовательской практики;

2) российские вузы демонстрируют разнообразие моделей (от фундаментальных до инженерно-прикладных), но могут уступать ведущим

зарубежным по масштабу инфраструктуры и степени гибкости траекторий обучения;

3) в зарубежных вузах микроквалификации и выбор специализаций (Minors, гибкие треки) заданы на институциональном уровне; в российских они часто появляются как дополнения или экспериментальные треки;

4) индустриальные партнёрства в зарубежных вузах построены как долгосрочные стратегии: совместные лаборатории, фонды. Российские вузы имеют связи с индустрией, но зачастую они менее масштабны или менее интегрированы в структуру обучения и исследований.

6. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВВЕДЕНИЮ НОВЫХ ДИСЦИПЛИН, ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ИЛИ МИКРОКВАЛИФИКАЦИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ НИУ «БЕЛГУ»

На основании выполненного анализа сформулированы предложения по актуализации либо введению новых элементов в образовательную программу бакалавриата по направлению «Химия».

6.1. Дисциплина «Химическое материаловедение и дизайн современных материалов»

Дисциплина рассматривается как результат актуализации имеющейся в действующей образовательной программе дисциплины «Химическое материаловедение».

Объем: 132 академических часа: 48 часов лекции, 84 часа практические занятия.

Аннотация дисциплины

Дисциплина «Химическое материаловедение и дизайн современных материалов» представляет собой курс, охватывающий фундаментальные и практико-ориентированные аспекты. Дисциплина направлена на формирование у обучающихся системного понимания взаимосвязей между химическим составом, структурой, методами синтеза и функциональными свойствами современных материалов. В рамках дисциплины рассматриваются классические и инновационные классы материалов: металлы, керамика, полимеры, композиты, наноматериалы и «умные» материалы. Особое внимание уделяется современным методам синтеза (золь-гель, ALD, CVD, комбинаторный синтез) и характеристике материалов, аддитивным технологиям, а также сквозному проектированию материалов «от идеи до прототипа» с использованием элементов машинного обучения и материаловедческой информатики. Дисциплина нацелена на подготовку специалистов, способных решать задачи создания новых материалов в контексте устойчивого развития, цифровой трансформации и аддитивных технологий.

Цель: Формирование у обучающихся системного понимания фундаментальных взаимосвязей между химическим составом, структурой, методами синтеза и функциональными свойствами материалов для

целенаправленного дизайна и создания новых поколений материалов, отвечающих вызовам современной технологической повестки, включая устойчивое развитие, цифровую трансформацию и аддитивные технологии.

Задачи:

1) сформировать систему знаний о современных классах материалов (металлы и сплавы, керамика, полимеры, композиты, гибридные и наноматериалы) и фундаментальных принципах, определяющих их свойства;

2) изучить и освоить современные методы синтеза, модификации и характеристики материалов, включая комбинаторные и золь-гель методы, атомно-слоевое осаждение и аддитивные технологии (3D/4D печать);

3) освоить навыки проведения экспериментов по проектированию, синтезу и исследованию свойств материалов, интерпретации данных рентгенофазового анализа, электронной микроскопии, термического анализа и других физико-химических методов;

4) сформировать умение работать с научно-технической информацией, базами данных по материалам и использовать элементы компьютерного моделирования для прогнозирования свойств новых материалов;

5) сформировать навыки владения методологией сквозного проектирования материала «от идеи до прототипа» – от компьютерного моделирования и выбора сырья до синтеза, анализа свойств и предложения по применению.

Содержание дисциплины:

1) химические принципы, определяющие взаимосвязь «состав-структура-свойства» для создания материалов с заданными функциями;

2) ключевые классы современных и перспективных материалов: металлы и сплавы, техническая и функциональная керамика, полимеры, биоматериалы, композиты, наноматериалы и «умные» материалы;

3) методы синтеза и модификации материалов – от классических (золь-гель, механохимия) до передовых (атомно-слоевое осаждение, комбинаторный синтез, аддитивные технологии);

4) физико-химические методы диагностики и анализа (рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия, термический анализ и др.) для исследования структуры и свойств;

5) практические подходы к сквозному проектированию – от компьютерного моделирования и выбора сырья через синтез и анализ к созданию прототипа и предложению по его применению.

Результат изучения дисциплины:

Систематизированное понимание фундаментальной роли химии в материаловедении, включая взаимосвязь между химическим составом, структурой, методами синтеза и функциональными свойствами материалов.

Четкое представление о связи ключевых химических дисциплин (неорганическая химия, физическая химия, органическая химия, кристаллохимия) с прикладными задачами создания современных и перспективных материалов для различных отраслей промышленности.

Приобретение практических навыков в области синтеза, анализа и проектирования материалов, востребованных в высокотехнологичных секторах, таких как аддитивные технологии, наноиндустрия и создание «умных» материалов.

Разделы дисциплины:

Раздел 1. Основы химического материаловедения. Классические и современные материалы

Тема 1.1 Введение в химическое материаловедение. Основные понятия.

Химическое материаловедение – наука, изучающая влияние вещественного состава, структуры и методов синтеза на свойства материалов. Взаимосвязь «структура-свойства-применение». Классификация материалов (металлы, керамика, полимеры, композиты, гибридные материалы). Роль химии в разработке современных и новейших материалов с заданными свойствами. Тенденции в материаловедении: устойчивое развитие, аддитивные технологии, «умные» материалы.

Тема 1.2 Химико-технологические подходы к получению материалов

Классические методы синтеза: газофазовый синтез, осаждение из коллоидных растворов (золь-гель), механохимический синтез, высокотемпературный синтез. Методы диспергирования, конденсации и компактирования. Современные методы: атомно-слоевое осаждение (ALD), химическое осаждение из паровой фазы (CVD), электроспиннинг, высокопроизводительный комбинаторный синтез.

Раздел 2. Неорганические материалы: от классической керамики к функциональным материалам

Тема 2.1 Керамические материалы. Техническая керамика

Основные представления о керамических материалах. Физико-химические основы производства. Микро- и макроструктура. Классификация технической керамики. Современная функциональная керамика: сегнетоэлектрическая, пьезоэлектрическая, проводящая (SOFC) керамика. Стекло и стеклокерамика (ситаллы). Керамические композиционные материалы.

Тема 2.2 Вяжущие материалы

Понятие о вяжущих материалах, классификация. Неорганические (воздушные и гидравлические) и органические (битумные) вяжущие. Современные аспекты: «Зеленые» цементы, геополимеры. Модификация вяжущих добавками для придания специальных свойств.

Раздел 3. Металлы, полимеры и биоматериалы: химические основы и инновационные приложения

Тема 3.1 Металлы и сплавы

Методы получения металлических сплавов: от классического легирования до методов быстрой кристаллизации, механического легирования и аддитивных технологий (3D-печать металлами). Сплавы на основе железа, никеля, кобальта, титана. Современные тенденции: высокоэнтропийные сплавы, сплавы с памятью формы, металлы для аддитивного производства.

Тема 3.2 Полимерные материалы

Классификация полимеров. Влияние молекулярной массы, надмолекулярной структуры и кристалличности на свойства. Перспективные полимерные материалы: высокопрочные и термостойкие полимеры. Биополимеры и биопластики (PLA, PHA). Проводящие полимеры. Полимеры для аддитивных технологий (фотополимеры для 3D-печати).

Тема 3.3 Биосовместимые материалы

Понятия о биосовместимых материалах. Основные требования. Классы биосовместимых материалов: биоинертные (керамика на основе Al_2O_3 , ZrO_2 ; сплавы Ti, Ta), биоактивные (биостекла, стеклокерамика, кальций-фосфатные керамики), биорезорбируемые материалы, скаффолды.

Раздел 4. Современные тенденции и инновации в химическом материаловедении

Тема 4.1 Умные материалы и адаптивные системы (SmartMaterials)

Классификация «умных» материалов. Принцип «стимул-ответ». Самовосстанавливающиеся материалы (полимеры, композиты). Материалы с памятью формы (сплавы, полимеры). Электрохромные и фотохромные материалы. Пьезо- и термоэлектрические материалы. Примеры применения в технике и медицине.

Тема 4.2 Наноматериалы и нанотехнологии

Классификация наноматериалов. Методы синтеза («снизу-вверх», «сверху-вниз»). Углеродные наноматериалы (графен, нанотрубки). Квантовые точки.Metalлоорганические каркасы (MOF). Нанокompозиты. Функциональные нанопокpытия.

Тема 4.3 Аддитивные технологии и диджитализация в материаловедении (3D/4D печать)

Химические основы аддитивного производства. Фотополимеры для стереолитографии (SLA). Функциональные чернила и порошки для печати (композиты, керамики). 4D-печать: интеграция «умных» материалов. Основы материаловедческой информатики: использование баз данных и машинного обучения для дизайна новых материалов.

Практические занятия:

Практикум 1: Анализ взаимосвязи структуры и свойств материалов.

Макро- и микроскопический анализ образцов материалов различной химической природы. Определение физико-механических свойств материалов современными инструментальными методами анализа. Работа с базами данных материалов. Поиск аналогов с заданными свойствами.

Практикум 2: Химико-технологические подходы к получению материалов. Сквозное проектирование в системе «состав-структура-свойства». Исследование влияния минерализующих добавок на процесс синтеза альфа-оксида алюминия.

Практикум 3: Дизайн и создание биосовместимого металл-полимерного имплантата. Сквозное проектирование гибридного материала для медицины от выбора и модификации материалов до создания прототипа на основе синергии между металлами и полимерами.

Практикум 4. Проектирование нанокompозитного сорбента для удаления тяжелых металлов из воды и расчёт его эффективности.

Практикум 5. Дизайн и синтез функциональных чернил для 4D-печати.

Практикум 6. Цифровые двойники материалов: от данных к свойствам. Принципы работы с цифровыми инструментами химика-материаловеда: базами данных, методами машинного обучения и компьютерного моделирования.

6.2. Модуль «Статистическая обработка данных химического эксперимента»

Данный модуль может рассматриваться как часть имеющихся дисциплин, отдельная дисциплина, либо как микроквалификация, которая может представлять интерес не только для химиков, но и для студентов других направлений и специальностей.

Объем: 36 академических часов: 16 часов лекций, 20 часов практических занятий.

Аннотация

В современной химической лаборатории, будь то научные исследования, контроль качества или экологический мониторинг, объем и сложность получаемых данных стремительно растут. Принятие обоснованных решений, оценка достоверности результатов и доказательство их качества невозможны без применения строгих статистических методов.

Данный модуль предназначен для химиков-аналитиков, лаборантов, исследователей и специалистов по контролю качества, которые стремятся систематизировать и углубить свои знания в области математической статистики.

Цель: Формирование и систематизация компетенций в области применения современных статистических методов для обработки, анализа и интерпретации результатов химического эксперимента, обеспечивающих повышение достоверности, обоснованности и качества лабораторных исследований и аналитических работ.

Задачи:

1) сформировать теоретическую базу: дать слушателям систематизированные знания об основных понятиях математической статистики, законах распределения случайных величин и принципах статистического вывода;

2) обучить практическим навыкам обработки данных: научить слушателей самостоятельно проводить статистическую обработку рядов экспериментальных данных – от расчета базовых характеристик до построения доверительных интервалов и проверки статистических гипотез;

3) освоить методы статистического контроля качества: сформировать умения выявлять и исключать грубые погрешности (выбросы), проверять соответствие данных нормальному закону распределения и оценивать однородность дисперсий;

4) дать инструменты для установления зависимостей: обучить методам корреляционного и регрессионного анализа для установления, количественного описания и статистической оценки линейных и нелинейных зависимостей между

переменными, с акцентом на построение и валидацию калибровочных характеристик.

Что будет изучено:

- основы метрологической терминологии и понятие случайной величины;
- методы свертывания цифровой информации и оценки генеральных параметров по выборке;
- ключевые законы распределения, используемые в аналитической химии (нормальное, Стьюдента, Фишера и др.);
- принципы проверки статистических гипотез для сравнения результатов, дисперсий и оценки значимости;
- методы корреляционного и регрессионного анализа для установления и описания зависимостей между переменными;
- современные подходы к представлению результатов с указанием погрешностей и значащих цифр в соответствии с требованиями ГОСТ.

Результат изучения модуля: осознанное применение статистических инструментов для обработки экспериментальных данных, критическая оценка полученных результатов, грамотное представление и отстаивание достоверности полученных результатов.

Содержание разделов модуля:

Тема 1. Введение в метрологию и основы математической статистики

Статистика как инструмент химика-аналитика. Основные метрологические термины (погрешность, точность, правильность, воспроизводимость). Случайная величина: дискретная и непрерывная. Генеральная совокупность и выборка. Точечные оценки параметров (среднее, дисперсия, стандартное отклонение).

Тема 2. Основные законы распределения случайных величин

Нормальное распределение и его свойства. Распределение Стьюдента (t-распределение). Распределение Фишера (F-распределение). χ^2 -распределение. Использование статистических таблиц.

Тема 3. Статистическое оценивание и проверка гипотез

Доверительные интервалы для среднего, дисперсии и стандартного отклонения. Понятие статистической гипотезы. Ошибки первого и второго рода. Сравнение двух средних (t-критерий Стьюдента). Сравнение двух дисперсий (F-критерий Фишера). Сравнение среднего с известным значением (аттестованным значением СО).

Тема 4. Статистический контроль качества данных

Обнаружение и исключение грубых погрешностей (выбросов): критерии Диксона, Граббса, Q-критерий. Проверка соответствия распределения нормальному закону (χ^2 -критерий, оценка асимметрии и эксцесса). Оценивание однородности нескольких дисперсий (критерии Кохрена и Бартлетта).

Тема 5. Статистика линейных связей (регрессионный анализ)

Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции и его значимость. Метод наименьших квадратов (МНК) для построения линейной калибровочной зависимости. Определение параметров прямой и оценка их погрешностей.

Проверка адекватности линейной модели (дисперсионный анализ). Введение в нелинейную регрессию.

Практические занятия:

Практикум 1. Обработка рядов измерений. Расчет точечных оценок и доверительных интервалов в Excel.

Практикум 2. Сравнение результатов анализа: применение t- и F-критериев.

Практикум 3. Статистический контроль: выявление выбросов и проверка нормальности распределения.

Практикум 4. Построение и валидация калибровочных графиков. Расчет погрешности определения по градуировочной характеристике.

Практикум 5. Мини-проект: комплексная статистическая обработка реального или смоделированного набора данных химического эксперимента с оформлением вывода.

6.3. Модуль «Альтернативная энергетика: химические аспекты и материалы»

Данный модуль также может рассматриваться как часть имеющихся дисциплин, отдельная дисциплина, либо как микроквалификация.

Объем: 36 академических часов: 16 часов лекций, 20 часов практических занятий.

Аннотация

Современный мир стоит перед грандиозным вызовом – необходимостью перехода от ископаемых видов топлива к устойчивой, низкоуглеродной энергетике. Этот глобальный тренд создает не только новые технологические вызовы, но и открывает огромные возможности для специалистов с химическим образованием. Химия лежит в основе большинства технологий альтернативной энергетике, определяя их эффективность, стоимость и долговечность.

Цель: Формирование у студентов химических специальностей системного понимания фундаментальной роли химической науки и технологии в создании, развитии и оптимизации ключевых направлений альтернативной энергетике, а также приобретение начальных практических компетенций для работы в данной междисциплинарной области.

Задачи:

1) сформировать целостное представление о современной альтернативной энергетике, выделив технологии, где вклад химии является определяющим (фотоэлектричество, водородная энергетика, электрохимические системы хранения энергии, биоэнергетика);

2) раскрыть физико-химические принципы, лежащие в основе преобразования и хранения энергии в солнечных элементах, аккумуляторах, топливных элементах и системах переработки биомассы;

3) изучить ключевые классы функциональных материалов (фотоактивные, электродные, каталитические, мембранные, ионо- и электропроводящие), их свойства и методы получения, определяющие эффективность энергетических устройств;

4) освоить базовые навыки синтеза и модификации характерных материалов для альтернативной энергетики (например, фотосенсибилизаторов, электродных материалов на основе углерода);

5) приобрести опыт сборки прототипов энергетических устройств (солнечного элемента, ячейки аккумулятора) в лабораторных условиях;

6) научиться проводить основные тесты и измерения для оценки рабочих характеристик полученных устройств (снятие вольт-амперных характеристик, оценка емкости);

7) развить способность критически анализировать научно-техническую информацию в области альтернативной энергетики и оценивать перспективность тех или иных химико-технологических решений;

8) сформировать понимание полного цикла от химического синтеза материала до его работы в реальном энергетическом устройстве, устанавливая межпредметные связи между неорганической, органической, физической и коллоидной химией, материаловедением и инженерией;

9) продемонстрировать карьерные возможности и востребованность специалистов с химическим образованием в высокотехнологичных секторах экономики, связанных с энергетикой и «зелеными» технологиями.

Что будет изучено:

– химические принципы, лежащие в основе работы солнечных батарей, водородной энергетики, аккумуляторов и топливных элементов;

– ключевые классы материалов, создаваемых и изучаемых для альтернативной энергетики (фотоактивные материалы, электрокатализаторы, мембраны, материалы электродов);

– методы синтеза и диагностики этих материалов;

– основные химические превращения (окисление, восстановление, фотокатализ), используемые для преобразования и хранения энергии;

– практические подходы к сборке и тестированию простейших энергетических ячеек и устройств.

Результат изучения модуля: систематизированное понимание роли химии в альтернативной энергетике, связь между фундаментальными химическими дисциплинами и прикладными энергетическими задачами и приобретение начальных практических навыков, востребованные в данной отрасли.

Содержание разделов модуля:

Тема 1. Введение в альтернативную энергетику. Роль химика.

Глобальный энергетический контекст: почему необходима смена парадигмы? Обзор технологий альтернативной энергетики (солнечная, ветровая, геотермальная, водородная, биоэнергетика). Фокус на технологии, где роль химии ключевая. Химик-материаловед, химик-технолог, химик-аналитик в энергетике.

Тема 2. Фотоэлектричество: химия солнечной энергии

Физико-химические принципы фотоэлектрического эффекта. Кремниевые солнечные элементы: роль химической очистки и легирования. Солнечные элементы третьего поколения: химия органических (OPV) и перовскитных фотоэлементов. Химический синтез фотоактивных слоев.

Тема 3. Электрохимические системы хранения энергии

Химические принципы работы аккумуляторов и суперконденсаторов. Химия литий-ионных аккумуляторов: материалы катодов (LiCoO_2 , LiFePO_4), анодов (графит, кремний), электролиты. Направления развития: натрий-ионные, литий-серные аккумуляторы. Роль химии в поиске новых материалов.

Тема 4. Водородная энергетика: химия производства, хранения и использования

Водород как энергоноситель. Электролиз воды: химические реакции, катализаторы (на основе благородных и неблагородных металлов). Топливные элементы: принцип работы, типы (PEMFC, SOFC). Химия процессов на электродах, материалы мембран. Методы хранения водорода: сжатый, сжиженный, гидриды металлов (химия процессов сорбции/десорбции).

Тема 5. Биоэнергетика и преобразование биомассы

Химический состав биомассы. Процессы переработки: брожение в биоэтанол, анаэробное сбраживание в биогаз, пиролиз в бионефть. Каталитические процессы в биоэнергетике (трансэтерификация для получения биодизеля).

Практические занятия:

Практикум 1. Синтез и очистка фотоактивного материала для сенсibilизированных солнечных элементов (например, на основе органического красителя).

Практикум 2. Сборка и тестирование простейшего солнечного элемента в лабораторных условиях. Снятие вольт-амперной характеристики.

Практикум 3. Синтез углеродного материала для суперконденсатора (например, из биомассы) и исследование его структуры.

Практикум 4. Сборка и тестирование модели биореактора для получения биометана.

Практикум 5. Водородный цикл: демонстрационный электролизер и топливный элемент. Расчет эффективности процессов.

6.4. Модуль «Современная химия и химическая безопасность»

Данный модуль также может рассматриваться как часть имеющихся дисциплин, отдельная дисциплина.

Актуальность

Современный этап развития общества характеризуется все более нарастающими противоречиями между человеком и окружающей его природной средой. В результате экономического развития человечества уровень антропогенных воздействия на биосферу приблизился к критическому и угрожает необратимыми последствиями для цивилизации в целом. Крупные аварии и катастрофы техногенного и природного характера в последние десятилетия оказали существенное влияние на жизнь и здоровье организмов планеты и его среду обитания. Последствия от них будут видны еще сотни лет.

На территории Российской Федерации также сохраняется высокий уровень техногенной и природной опасности и тенденция роста количества и масштабов

последствий чрезвычайных ситуаций. При этом более половины населения России проживает в условиях повышенного риска, вызванных угрозой чрезвычайных ситуаций различного характера. В связи с этим изучение данного курса позволит будущим специалистам оценивать комплекс воздействий на окружающую среду и ее обитателей, спрогнозировать улучшение региональной обстановки, оценить меры по предотвращению ущерба и затраты на реализацию мероприятий по снижению риска, познакомит с методами прогнозирования и оценки последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций, даст знания, необходимые для принятия мер по уменьшению последствий аварий.

При подготовке курса особое внимание уделялось взаимосвязи развития цивилизации и последствиям этого развития для человечества и окружающей среды, что очень важно для формирования современного экологического мировоззрения у химиков.

Основная цель освоения дисциплины «Современная химия и химическая безопасность» – дать студентам представление о величине и последствиях антропогенного воздействия на окружающую среду, ознакомить с принципами количественной оценки возможных негативных последствий как от систематических воздействий техногенных систем на природу и человека, так и воздействий, связанных с экстремальными аварийными ситуациями, развить у студентов системное мышление, позволяющее минимизировать воздействия негативных факторов на человека и окружающую среду.

Задачи:

1) дать понимание окружающей среды как системы, а также природных и антропогенных воздействий на нее;

2) ознакомить с закономерностями восприятия экологического риска отдельными индивидуумами и социальными группами, умение устанавливать причины неадекватного восприятия риска;

3) ознакомить студентов химического направления с основными направлениями и мероприятиями по вопросам безопасной работы в химической промышленности, в изучении экологически опасных факторов, имеющих приоритетное значение по степени опасности для здоровья человека;

4) ознакомить с мероприятиями и действиями, нацеленными на прогноз аварийного риска и действий в условиях чрезвычайных ситуаций;

5) научить рекомендовать меры по снижению риска, выявлять приоритеты в реализации мероприятий, направленных на снижение риска;

6) обучить методам качественного и количественного оценивания техногенного и экологического риска, приемами анализа всей достоверной информации и сопоставления различных точек зрения в процессе принятия решения.

Место дисциплины

Дисциплина «Современная химия и химическая безопасность» базируется на программах дисциплин математических и общественно-научных. Для успешного освоения программы необходимо владеть знаниями дисциплин: социология, математика (основы математического анализа), общая физика (в части

электричество и магнетизм), теория вероятности и математическая статистика, неорганическая химия, философия, социология.

При подготовке курса особое внимание уделялось взаимосвязи развития цивилизации и последствиям этого развития для человечества и окружающей среды, что весьма важно для формирования современного экологического мировоззрения у студентов.

Освоение дисциплины «Современная химия и химическая безопасность» способствует лучшему усвоению некоторых разделов дисциплин «Химическая технология» и «Безопасность жизнедеятельности», относящихся к базовой части общепрофессиональных дисциплин.

Компетенции

В результате освоения дисциплины частично формируются компетенции:

- способен ориентироваться в создающихся условиях производственной деятельности и к адаптации в новых условиях;
- владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий;
- понимает необходимость безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способен проводить оценку возможных рисков.

Содержание разделов курса

Тема 1. Введение. Цели, задачи и предмет курса

Статистические данные о промышленных авариях и антропогенных воздействиях в России и за рубежом. Место и роль химической безопасности в образовании химика-исследователя. Первые упоминания об опасностях, появление глобальной проблемы промышленной безопасности - вторая половина XX века, современное состояние химической и нефтехимической промышленности, укрупнение производственных установок. Научно-технический прогресс как источник потенциальных опасностей. Основные понятия промышленной безопасности: химическая опасность, риск, технический риск, индивидуальный риск, социальный риск, коллективный риск, экологический риск. Классификация химических опасностей и рисков. Крупномасштабные пожары. Взрывы. Токсические выбросы. Уроки крупномасштабных аварий.

Тема 2. Современные представления окружающей среды как системной модели.

Специфика глобальных проблем современности. Опасность возникновения техногенных и экологических кризисов. Концепция устойчивого развития – основная стратегия взаимодействия общества и природы. Экологические, технологические и экономические аспекты концепции устойчивого развития цивилизации. Двойственная роль техносферы в развитии цивилизации. Роль экологической и техногенной безопасности в концепции устойчивого развития цивилизации. Биосфера как устойчивая развивающаяся система. Функции биосферы и биологических систем. Механизмы, обеспечивающие динамическое равновесие в природной среде. Наиболее важные физико-химические процессы, протекающие в природных средах. Основные направления техногенного

воздействия на окружающую среду. Пути загрязнения и дестабилизации природной среды. Основные загрязнители биосферы, особенности поведения в биосфере. Глобальные экологические проблемы: современные проблемы климата, разрушение озонового слоя, проблема питьевой воды, загрязнение мирового океана. Значимость и актуальность изучения вопросов химической и экологической безопасности в системе высшего химического образования. Проблемный, междисциплинарный характер дисциплины. Базовая роль современной химии и химической технологии в обеспечении химической и экологической безопасности.

Тема 3. Взаимосвязь химии и устойчивого развития. Задачи химии для осуществления устойчивого развития.

Ключевая роль химии в осуществлении устойчивого развития. Роль химической науки в раскрытии механизмов техногенной дестабилизации природной среды и поиске путей безопасного развития. Концепции мирового развития с учетом экологических ограничений. Роль экологической и техногенной безопасности в концепции устойчивого развития цивилизации. Связь химии и экологии. Ориентация на конечные результаты в системе управления химической безопасностью. Принципы перехода от утилизации загрязнений к «зеленым» процессам в химии. Основные принципы «зеленой химии». Основные критерии «зеленого» процесса.

Тема 4. Химическая опасность – особая категория техногенной опасности.

Усиление химической опасности как следствие развития техногенной среды. Особенности химической опасности. Опасные химические вещества. Персистентность загрязнителей в окружающей природной среде. Основные источники химических загрязнений. Первичные и вторичные загрязнители. Трансформация загрязнителей в атмосфере. Основные опасности экотоксикатов и ксенобиотиков. Синергизм, аддитивность и антагонизм загрязнителей. Сильнодействующие химические токсические вещества. Химические аварии и катастрофы – важный фактор повышения экологической опасности. Уровни реализации химической опасности и формирование ущербов. Техногенные аварии и катастрофы, связанные с химическими веществами (химические аварии). Основные типы и характеристики чрезвычайных ситуаций, возникающих при химических авариях. Крупномасштабные пожары и взрывы – способы реализации основных опасностей химических производств. Химические аварии, сопровождающиеся токсическими выбросами. Усиление опасности при химических авариях. Нефтедобыча и нефтепереработка как источники экологических рисков. Особенности постоянного (систематического) и разового (аварийного) воздействия. Приоритетные пути развития новых химических исследований и технологий. Опасности, связанные с реализацией высокоэффективных проектов на базе критических технологий, развитием важнейших базовых комплексных технологий (макротехнологий), и наукоемких технологий (конструирование из композитов, высокоэффективное разделение смесей, технологии веществ с особыми и аномальными свойствами, сверхкритические технологии, нанотехнологии и пр.).

Тема 5. Экологический и техногенный риск и методические основы его количественной оценки.

Экологический и техногенный риск. Классификация рисков. Визуализация рисков. Показатели риска. Приемлемый риск.

Назначение и задачи анализа риска. Современные научно-методологические подходы к анализу и оценке риска. Прямой и косвенный ущерб. Количественные методы оценки последствий аварий на опасных производственных объектах. Показатели риска для здоровья и жизни людей. Детерминистские и вероятностные критерии в оценке риска для здоровья человека. Математические модели оценки риска для жизни и здоровья человека. Системный подход в анализе и прогнозировании техногенного риска на опасных производственных объектах. Типы моделей, используемые при анализе, оценке и прогнозе риска химических систем и объектов. Математические модели надежности и безопасности. Моделирование возникновения источника химической опасности. Моделирование физических явлений и последствий аварий при оценке риска химических систем и объектов. Моделирование территориального распределения химической опасности.

Тема 6. Обеспечение безопасной эксплуатации химических объектов для повышения защищенности населения и окружающей среды.

Безопасность сложных химико-технологических систем. Методы контроля безопасности. Основные принципы планирования и осуществления мероприятий по повышению устойчивости и безопасности производственных химических систем и объектов. Способы снижения частоты (вероятности) возможной аварии. Меры по снижению (смягчению) последствий.

Превентивные меры защиты для повышения безопасности человека и окружающей среды при воздействии негативных факторов опасных химических объектов. Основные направления защиты населения и биосферы от промышленных выбросов при функционировании химического объекта в нормальном режиме. Использование балансовых методов и технологических расчетов для определения вещественного и количественного состава загрязнения природной среды. Методы снижения уровня негативного воздействия на биосферу химических загрязнителей. Химические принципы ликвидации разливов нефтепродуктов и последствий аварий на нефтехимических производствах. Прямые природоохранные мероприятия. Методы защиты атмосферного воздуха. Защита водных ресурсов от химических загрязнителей. Защита биосферы от загрязнения твердыми отходами. Экологический инжиниринг.

Тема 7. Основы управления безопасностью химических производств.

Принципы управления эколого-экономическим и техногенным рисками в рамках концепции устойчивого развития. Основные направления управления техногенным риском на опасном химическом объекте. Выбор вариантов снижения рисков и оценка их эффективности. Управление риском при функционировании химического объекта в нормальном режиме. Стратегия управления экологической и техногенной безопасностью опасного химического объекта – создание безопасных, экологически приемлемых малоотходных технологий и процессов.

Экономические механизмы управления безопасностью и риском. Минимизация величины риска на основе критерия наименьшей стоимости. Экономические методы, используемые в анализе и управлении риском: метод анализа затрат и выгод; метод сопоставления уровней риска, затрат на его снижение на единицу риска и выгод; метод анализа эффективности затрат. Подходы к определению экономической ценности природных ресурсов и природных услуг. Механизмы экономической ответственности: реализация принципа «загрязнитель платит». Механизмы перераспределения риска и страхование. Маркетинговые подходы экологическому регулированию в планировании хозяйственной деятельности предприятий. Основные этапы менеджмента техногенного риска на опасном химическом объекте. Экологический менеджмент. Экологический аудит. Процедура экологического аудита. Независимая оценка рисков (аудит техногенной безопасности). Роль независимой оценки рисков в развитии системы страхования техногенных рисков.

Тема 8. Нормативно-правовое регулирование при обеспечении техногенной и экологической безопасности.

Регламентирование основных химических опасностей. Восприятие риска общественностью. Концепции «нулевого» и «допустимого» рисков. Фоновые значения риска. Государственная стратегия в области снижения эколого-экономических и техногенных рисков. Состояние в области технического регулирования в области химической безопасности. Прямое административное регулирование.

Лицензирование хозяйственной деятельности. Нормативно-методические документы для проведения анализа риска опасных производственных объектов. Декларирование безопасности промышленных объектов. Экологическая сертификация продукции, отходов производства, технологических процессов; сертификация технических устройств. Нормативно-правовая база экологической и химической безопасности. Система экологических нормативов. Нормативы качества окружающей среды и нормативы допустимого уровня антропогенного воздействия. Экологические стандарты и нормативы: лимиты на сброс и выброс загрязняющих веществ, лимиты размещения отходов. Экологические и гигиенические стандарты и нормативы.

Практические занятия:

Практикум 1. Исторический анализ развития химической науки и промышленности с точки зрения проблемы промышленной безопасности.

Практикум 2. Экологические основы безопасного взаимодействия общества и природной среды.

Практикум 3. Промышленное химическое предприятие как часть природно-технической системы

Практикум 4. Экологически чистые процессы в областях промышленности: производства энергии, новые «зеленые» продукты, использование сверхкритических сред, использование катализаторов, циклические технологии, технологии с внутренне присущей безопасностью, безотходные технологии.

- Практикум 5. Загрязнители окружающей среды.
- Практикум 6. Химические, физические и физико-химические процессы, лежащие в основе возникновения химических аварий.
- Практикум 7. Методы оценки показателей риска.
- Практикум 8. Методы оценки техногенного риска.
- Практикум 9. Меры защиты.
- Практикум 10. Мониторинг критически важных химических объектов.
- Практикум 11. Основные принципы создания малоотходных химических технологий.
- Практикум 12. Менеджмент техногенного и экологического риска как часть общего менеджмента предприятия.
- Практикум 13. Пороговые уровни риска.
- Практикум 14. Экспертиза проектов и оценка воздействия на окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный комплексный анализ, основанный на изучении позиций ключевых участников процесса трансформации высшего образования – работодателей, выпускников, студентов, а также объективных данных рынка вакансий, позволил получить репрезентативную картину текущего состояния и определить стратегические векторы развития подготовки специалистов-химиков. Результаты исследования однозначно свидетельствуют о высоком и стабильном спросе на химиков в различных секторах экономики, однако одновременно выявляют системный разрыв между теоретической подготовкой в вузах и практическими требованиями реального сектора. На основе комплексного анализа можно сделать следующие общие выводы:

1) Трансформация роли химика. В настоящее время на рынке труда востребован мультикомпетентный профессионал, совмещающий функции исследователя, технолога, метролога, документоведа и коммуникатора. Ядром требований являются навыки лабораторно-аналитической работы и ее документационного сопровождения;

2) Выявлено несоответствие между ожиданиями работодателей в области практических навыков и реальным уровнем подготовки выпускников;

3) Цифровизация как императив. Наблюдается устойчивый рост спроса на химиков-аналитиков с цифровыми навыками: работа с LIMS, обработка данных на специализированном ПО, статистический анализ, использование методов машинного обучения и цифровых двойников;

4) Запрос на интеграцию с индустрией. Все группы стейкхолдеров (работодатели – 82%, выпускники – 90%, студенты – 82%) в качестве наиболее эффективного инструмента подготовки называют долгосрочные стажировки и практики;

5) Сила фундаментального образования и недостаточность «производственного контекста». Респонденты высоко оценивают полученную теоретическую базу, но отмечают дефицит знаний отраслевых стандартов (GMP, GLP, ISO) и навыков решения прикладных задач на старте карьеры;

6) Готовность к изменениям. Обучающиеся демонстрируют высокую осознанность, запрашивая практико-ориентированные форматы (мастер-классы, реальные кейсы), микроквалификации и тесное взаимодействие с работодателями.

Результаты анализа информации о трансформационных процессах в сфере отечественного высшего химического образования свидетельствует, что современная система химического образования в России демонстрирует динамичную перестройку – от классической дисциплинарной модели к гибкой междисциплинарной и цифровой экосистеме, ориентированной на научно-

инновационные и индустриальные задачи. Можно выделить следующие главные векторы изменений:

1) Интеграция химии с IT, биологией и инженерией. Университеты (ТГУ, ВШЭ, ДВФУ, БФУ, УрФУ) активно внедряют курсы и отдельные направления обучения на стыке химии, материаловедения, биотехнологий и цифровых технологий. Появляются направления «цифровая химия», «химическая информатика», «биоинженерия» и др.;

2) Переход к проектно-исследовательскому обучению. Вузовская практика всё чаще строится на принципе *research-based learning*: студенты включаются в реальные проекты (ВШЭ, НГУ, ТГУ, СПбГУ). Это способствует раннему формированию профессиональных компетенций и исследовательского мышления;

3) Формирование сетевых и индустриальных связей. Университеты развивают партнёрство с промышленностью и научными центрами: РХТУ и УрФУ – с крупными корпорациями химического сектора, ВШЭ и НГУ – с институтами РАН, ТГУ и КФУ – с нефтехимическим и фармацевтическим бизнесом. Возникают региональные технологические экосистемы, где вузы стремятся стать ядром инновационной инфраструктуры;

4) Цифровизация лабораторной и образовательной среды. Ведущие университеты модернизируют лабораторную базу, создают центры коллективного пользования и цифровые симуляционные платформы. Появляется тренд на внедрение виртуальных лабораторий и высокопроизводительных вычислений в учебный процесс;

5) Междисциплинарность как образовательная норма. Даже в традиционно фундаментальных университетах усиливается интеграция химии с физикой, математикой и биологией. Новые программы в региональных вузах (ТюмГУ, БФУ, ДВФУ) идут дальше, объединяя естественные и инженерные направления в единую образовательную платформу.

На основании выполненного анализа предложено несколько новых элементов (дисциплина, модули, варианты микроквалификаций) в структуру образовательной программы бакалавриата НИУ «БелГУ» по направлению «Химия».

*Научное электронное издание
сетевого распространения*

Белоцеркович Денис Валерьевич
Лебедева Ольга Евгеньевна
Новикова Алевтина Евгеньевна
Воловичева Наталья Александровна
Гудкова Елена Анатольевна
Тарасенко Евгения Андреевна
Кокوشкина Ольга Владимировна
Устинова Мария Николаевна
Смальченко Дмитрий Евгеньевич
Селиверстов Евгений Сергеевич
Лисняк Виктория Владимировна

**ПОДГОТОВКА КАДРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ, ПРОГНОЗ,
ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНЦИЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Монография

Публикуется в авторской редакции

Оригинал-макет: А.Н. Оберемок
Выпускающий редактор: В.С. Берегова

Подписано в печать 12.05.2026. Формат 60×90/8
Гарнитура Сіге, ТТ Firs Neue. Объем издания – 3,4 МБ
Оригинал-макет подготовлен в ЦПП ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ»
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85. Тел.: 30-14-48



МИНИСТЕРСТВО
НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ



Минпромторг
России



КАДРЫ
ДЛЯ ХИМИИ



НИУ
БелГУ