

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРТ

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№4 (12) 2023

**ВАЛЕНТИН
АНАНИКОВ**

Микро и
малотоннажная
химия

с. 24



**АЛЕКСЕЙ
КНЯЗЕВ**

Томский
Университет

с. 38



**ЮРИЙ
ОГАНЕСЯН**

От первого
лица

с. 54



**РОССИЙСКИЙ
СОЮЗ ХИМИКОВ**

СОВМЕСТНОЕ
ЗАСЕДАНИЕ В РСПП

с. 14

**СТЕПАН
КАЛМЫКОВ**

Магистральные
пути развития

с. 6



@chemicalexpert

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ



ДЛЯ ХИМИЧЕСКИХ
И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ И ЛАБОРАТОРИЙ



reatorg

ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОСНАЩЕНИЕ • СЫРЬЕ



+7 (495) 966 3140
8 (800) 775 3211
reatorg@reatorg.ru
www.reatorg.ru
www.rt.su

- Разработка концептуального проекта
- Проектирование производственных линий и лабораторий
- Поставка, монтаж и введение в эксплуатацию технологического оборудования
- Оснащение лабораторий (оборудование, мебель, посуда, расходные материалы)
- Поставка реактивов, интермедиатов, стандартов, субстанций, сырья для производств
- Поддержание складского запаса наиболее востребованных товарных позиций, индивидуальные складские программы



Дорогие друзья!

Перед вами очередной номер журнала «Химический эксперт», в котором мы расскажем о наиболее обсуждаемых сегодня темах в профессиональном сообществе.

Выпуск открывает большое интервью с вице-президентом Российской академии наук академиком С. Н. Калмыковым, в котором он раскрывает современные задачи радиохимии как системообразующей науки в междисциплинарном консорциуме. Ещё один альянс, но уже членов РАН – авторитетных учёных: В. П. Ананикова, И. П. Белецкой, А. Л. Максимова, М. П. Егорова, А. О. Терентьева, опубликовал на наших страницах исследование, посвящённое микро- и малотоннажной химии. Этой актуальной темы коснулся также в своём интервью Алексей Князев, и. о. декана ХФ ТГУ. В постоянной рубрике Российского союза химиков познакомитесь с Решением совместного заседания РСПП. Из других материалов вы узнаете об исследованиях для оценки и обеспечения радиационной безопасности; об отечественном производстве стандартных образцов, успешно замещающих импортную продукцию. А в материале «От первого лица» академик Ю. Ц. Оганесян раскроет секрет и расскажет, как он стал физиком.

И в завершение «секретами» из жизни Леонида Аркадьевича Костандова поделится в своих воспоминаниях и ныне здравствующий журналист Валентин Рич, которому исполнится 102 года!

**Искренне ваши,
Мария и Георгий Хачияны**

14–15 МАЯ 2024

Отель «Коринтия Санкт-Петербург»



31-Й РОССИЙСКИЙ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ФОРУМ ИМЕНИ Н.А. СЕМАШКО

Традиционное место встречи ТОП-менеджеров международных и российских фармацевтических компаний, представителей регуляторных органов, профессиональных ассоциаций, научных организаций, пациентских сообществ и экспертов отрасли.

100+

ТОПОВЫХ
СПИКЕРОВ

20+

ТЕМАТИЧЕСКИХ
ПОТОКОВ

400+

УЧАСТНИКОВ
ФОРУМА

ПОДРОБНОСТИ
НА САЙТЕ



РЕГИСТРАЦИЯ
НА ФОРУМ



<https://russian.pharma-conf.ru>

На правах рекламы



CHEMEX

ФОРУМ 2024

ХИМИЯ. ФАРМА. БИОТЕХ.
НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

26.06.24 – 28.06.24
Ереван, Армения



Приглашаем к участию:
editor@chemical.expert

Организатор форума



**ХИМИЧЕСКИЙ
ЭКСПЕРТ**
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Партнёр форума



reatorg
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОСНАЩЕНИЕ • СЫРЬЕ

Ежеквартальный
Информационно-
аналитический журнал
«Химический эксперт»
№ 4 (12) 2023

*Лауреат премии имени
Л. А. Костандова
Российского Союза
Химиков*



Редакция:
Главный редактор:
Георгий Аркадьевич Хачиян
Первый заместитель главного
редактора: Мария Хачиян
Шеф-редактор:
Александр Хачиян

Над номером работали:
Андрей Кузьмицкий
Игорь Асташкин
Олег Кудынок
Павел Мынкин

Учредитель:
ООО «РЕАТОРГ»
Москва, Варшавское ш., 125
+7 (495) 966-3140
8 (800) 775-3211
www.reatorg.ru
www.rt.su
info@chemical.expert

Отпечатано:
ООО «Типография
«Печатных Дел Мастер»
Москва, 1-й Грайвороновский проезд, 4
+7 (495) 258-9699
www.pd-master.ru

Журнал зарегистрирован
Роскомнадзором.
Свидетельство о регистрации:
серия ПИ № ФС77-79770
от 18 декабря 2020 г.

Заказ № 240936
Тираж: 1 000 экз.
Цена: Свободная цена.

Перепечатка материалов без
разрешения редакции запрещена.
За содержание рекламы редакция
ответственности не несёт.

© Все права защищены.

Фотография на обложке:
Степан Николаевич Калмыков
Автор и агентство:
Александр Миридонов / Коммерсантъ



6

6
ИЗ ПЕРВЫХ УСТ

Магистральные пути
развития

14
РОССИЙСКИЙ СОЮЗ
ХИМИКОВ

Совместное заседание
в РСПП

20
РЕАТОРГ.
НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Стандартные образцы

24
НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ

Микротоннажная
и малотоннажная химия



14

20



46



32

ХИМИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Мобильные
спиртохранилища

38

ОБРАЗОВАНИЕ

Сибирские Афины

46

МОЛОДЫЕ УЧЕНЫЕ

Радиоэкология
и радиационная
безопасность

54

ЮБИЛЕЙ

От первого лица

58

ПРЕМИЯ

Премия
OGANESSON

60

ЛЕОНИД КОСТАНДОВ



32



58

МАГИСТРАЛЬНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ

8 февраля 1724 года по распоряжению императора Петра I соответствующим Указом правительствующего Сената была создана Петербургская академия наук.

Немногим более чем столетие спустя, в 1834 году, 8 февраля в Тобольске родился великий Менделеев.

В канун грандиозных юбилеев редакция журнала «Химический эксперт» обратилась с просьбой ответить на наши вопросы к вице-президенту Российской академии наук, выдающемуся российскому учёному-радиохимику, академику РАН, доктору химических наук, научному руководителю химического факультета МГУ **Степану Николаевичу Калмыкову**

Георгий Хачиян, главный редактор журнала «Химический эксперт»: *Степан Николаевич, Российская академия наук отмечает трёхсотлетие со дня образования. Позвольте поздравить вас как вице-президента РАН с этим юбилеем и пожелать Российской академии наук успешной работы, новых ярких научных прорывов и достижений!*

В связи с трёхвековым юбилеем намечено проведение большого количества различных мероприятий – научных фестивалей, конференций, конгрессов, выставок, лекций, встреч со школьниками и многих других научно-просветительских событий. Какие из них отмечены в вашем личном календаре с отметкой об обязательном участии?

Степан Николаевич Калмыков: 8 февраля в День науки в Кремлёвском дворце съездов состоялось большое торжественное мероприятие, посвящённое знаменательному событию в истории Российской академии наук. Руководители страны и правительства и более пяти тысяч гостей в этот день чествовали российских учёных, чьи работы стали неопределимым вкладом в мировую науку и навсегда изменили жизнь человечества. В череде предстоящих научных и просветительских мероприятий особо хочу отметить XXII Менделеевский съезд, который пройдёт 7–12 октября в Парке наук и искусств на федеральной территории Сириус в Сочи. Проведение съезда посвящено 300-летию РАН и 190-ле-

Степан Николаевич Калмыков.
Фото: Мария Бродская / Пресс-служба химического факультета МГУ



СПРАВКА

После кончины Д. И. Менделеева в январе 1907 года в марте на заседании Русского физико-химического общества (РФХО), одним из создателей и первым президентом которого был Дмитрий Иванович Менделеев, в память о великом учёном было решено созвать специальный Первый Менделеевский съезд.

Менделеевские съезды – крупнейшие традиционные международные научные форумы, посвящённые вопросам общей и прикладной химии. Они охватывают все области химии, химической технологии, промышленности, а также смежные отрасли науки и производства.

тию Дмитрия Ивановича Менделеева, в его подготовке принимаю участие и я.

Сейчас мы активно занимаемся его планированием. Научная программа обещает быть весьма насыщенной и крайне интересной, с широкой палитрой сменяющих друг друга сессий, которые в целом охватят, наверное, большую часть химии. Также в эти дни мы планируем проведение небольших тематических секций и симпозиумов по ряду актуальных направлений с участием коллег из-за рубежа. Например, я как радиохимик участвую в организации международного симпозиума по ядерной химии «БРИКС плюс». Мы ожидаем большое количество участников – наших коллег из стран, в которых развивается атомная энергетика и ядерные технологии, и стран, в которых планируют создание этой отрасли.

В течение всего юбилейного года пройдет достаточно много самых различных международных и российских конференций. И, как верно вы заметили, мы действительно продолжаем активно работать со школами и со школьниками. В том числе и на летних сменах на площадке «Сириуса», где мы традиционно участвуем с большим количеством лекционных программ. Также мы продолжим начатую работу по нашему проекту, связанному с базовыми школами РАН, и проекту по работе с учителями, в том числе с учителями химии.

Касаясь вопросов школьного образования по точным и естественным наукам, необходимо отметить Совещание по вопросу повышения качества физико-математического и химико-биологического образования, которое состоялось 21 ноября 2023 года в Фундаментальной библиотеке Московского университета с участием президента Российского

Союза ректоров, ректора МГУ Виктора Антоновича Садовниченко. Содержательную рамку и деловой тон дискуссии в начале совещания задали министр науки и высшего образования РФ Валерий Николаевич Фальков и министр просвещения РФ Сергей Сергеевич Кравцов.

ВЛАДИМИР ВЛАДИМИРОВИЧ ПУТИН:
«СИЛА НАУЧНОГО ПРЕДВИДЕНИЯ, КАК И МНОГОГРАННОСТЬ, БЕЗГРАНИЧНАЯ ШИРОТА НАУЧНОГО ПОИСКА ВСЕГДА ОТЛИЧАЛА РАБОТУ АКАДЕМИИ НАУК, ЕЁ ПРЕДСТАВИТЕЛИ ДОСТИГАЛИ ВЫДАЮЩИХСЯ УСПЕХОВ НЕ ТОЛЬКО В ГУМАНИТАРНЫХ СФЕРАХ, НО И В ЕСТЕСТВЕННЫХ ДИСЦИПЛИНАХ, СФОРМИРОВАЛИ СИЛЬНЕЙШИЕ ШКОЛЫ В ОБЛАСТИ МАТЕМАТИКИ, ФИЗИКИ, ХИМИИ, БИОЛОГИИ, ФИЗИОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ».



Торжественный вечер по случаю 300-летия Российской академии наук. 8 февраля 2024 года. Москва, Кремль. Фото: Валерий Шарифулин, ТАСС. Источник: www.kremlin.ru



В рамках Сопещения по вопросу повышения качества физико-математического и химико-биологического образования также выступили научный руководитель химфака МГУ, вице-президент РАН академик С. Н. Калмыков; ректор МФТИ Д. В. Ливанов; и. о. декана физического факультета Московского университета В. В. Белокуров; и. о. декана факультета фундаментальной физико-химической инженерии академик Ю. Г. Горбунова; декан биологического факультета МГУ академик М. П. Кирпичников; и. о. ректора РХТУ имени Д. И. Менделеева И. В. Воротынцева; первый проректор СПбГУ Е. Г. Чернова.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации запустило программу развития физического, математического, химического и биологического образования. Об этом сообщил министр науки и высшего образования РФ Валерий Фальков на совместном заседании Комитета Государственной Думы по науке и высшему образованию и Комитета по контролю ГД РФ, которое состоялось 7 декабря 2023 года.

«Мы инициировали и запустили большую программу, мы называем её «четыре инициативы», по развитию образования: физического, математического, химического, биологического. Научно-методические центры составят концепцию этих четырёх программ с планом мероприятий, которые мы, профессиональное сообщество, профинансируем», – сказал он на совместном заседании.

Валерий Фальков уточнил, что за Московским физико-техническим институтом (МФТИ) будет закреплено развитие физического образования, за МГУ им. Ломоносова – математического, биологического и химического.

В ПОСТСОВЕТСКОЕ ВРЕМЯ РАН СОХРАНИЛА ХОРОШИЕ СВЯЗИ С АКАДЕМИЯМИ НАУК ТЕПЕРЬ УЖЕ НЕЗАВИСИМЫХ ГОСУДАРСТВ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СССР.

На Сопещании обсуждали создание федеральных центров по курированию школьного образования по физике, математике, химии, биологии. И вот как раз химфак МГУ, в котором в том числе я работаю в качестве научного руководителя, будет совместно с другими вузами – Санкт-Петербургским государственным университетом, РХТУ им. Д. И. Менделеева, Нижегородским университетом им. Н. И. Лобачевского и другими – заниматься разработкой новой концепции школьного, среднего специального и высшего образования по химии.

Георгий Хачиян: *Россия всегда была частью мирового научного сообщества. Сейчас мы наблюдаем ослабление этих связей. Как это сказывается на отечественной науке? Продолжают ли наши учёные печататься в мировых научных журналах? Участвовать в международных конференциях?*

Здание
Президиума РАН.
Фото:
Максим Денисов.
Источник: mos.ru



Степан Николаевич Калмыков: Конечно, идёт некая переориентация, условно говоря, с западного направления на восток и юго-восток.

Вместе с тем у нас существует очень много партнёрских взаимоотношений, которые и не прерывались. Естественно, это и Китай, и Индия. С точки зрения химии и ядерных наук, которые мне близки по специальности, названные страны – лидеры в этих областях, а это и новая ядерная энергетика, и ториевый ядерный цикл, и получение изотопов для медицины и так далее.

Что касается публикаций в научных журналах, то здесь всё зависит от конкретных людей. С установкой «не принимать от русских» я пока не сталкивался. За последние год-полтора у меня вышло несколько статей в иностранных журналах и процедура не отличалась от традиционной. Но бывают случаи, когда в связи с работой того или иного учёного в организации, на которую наложены санкции, решение о публикации фактически принимается по усмотрению редактора и зависит от его личной позиции. Даже в том случае, когда учёный не занимается в этой организации военными разработками, а занят в сфере сугубо фундаментальных исследований.

Г.Х.: *Академия наук России была частью АН СССР. Сохранились ли отношения с академиями наук между странами СНГ?*

С.К.: Я бы немного поправил. В СССР существовали академии наук союзных республик, а в РСФСР своей академии никогда не было, поэтому в этом случае Российская академия наук фактически выступает правопреемницей Академии наук СССР.

В постсоветское время РАН сохранила хорошие связи с академиями наук теперь уже независимых государств на территории бывшего СССР. Эти отношения получили развитие ещё и в рамках образованной в 1993 году Международной ассоциации академий наук

(МААН). Инициатором создания межакадемического объединения на базе бывшего СССР выступил президент украинской академии наук, великий Патон (*Борис Евгеньевич. – Ред.*), который прожил долгую и яркую жизнь. Ему было 102 года, когда он ушёл из жизни.

За тридцать лет существования ассоциации её членами стали и академии наук ряда стран из дальнего зарубежья. Также в МААН вошли несколько крупных научных центров, которые фактически служат проводниками взаимодействий с дружественными академиями. Например, Курчатовский институт.

В целом по состоянию на 2023 год в состав МААН входят 27 организаций-членов, а также действуют 28 научных советов, включая Совет молодых учёных МААН. Такая динамика не только расширяет горизонты науки, но и способствует развитию научной дипломатии. И это действительно очень важно. Ведь, как показывает история, даже в самые тяжёлые времена учёные всегда говорили на одном языке.

XXXVII заседание Совета МААН в Москве (Россия), приуроченное к 300-летию со дня основания Российской академии наук, состоится в сентябре 2024 года в Москве.

Научный совет химических обществ МААН примет участие в Менделеевском съезде по общей и прикладной химии, посвящённом 300-летию РАН и 190-летию Д.И.Менделеева, в Парке наук и искусств «Сириус» в Сочи, 7–12 октября 2024 года.

Г.Х.: *С какими достижениями подошла к 300-летию РАН область ваших научных интересов – радиохимия? Как происходит развитие ядерных наук в системе высшего образования? Какие приоритетные задачи стоят в этом сегменте перед учёными?*

С.К.: Радиохимия как отдельная и независимая наука практически исчерпала себя. Фактически не осталось задач, которые не были бы связаны с решением, допустим, медицинских, технологических, энергетических, экологических, материаловедческих задач. Но именно в междисциплинар-

Международная ассоциация академий наук (МААН)

Организации – члены МААН (по состоянию на 21 сентября 2023 года в состав МААН входят 27 организаций-членов. Также действуют 28 научных советов, включая Совет молодых учёных МААН):

1. Национальная академия наук Азербайджана.
2. Национальная академия наук Республики Армения.
3. Национальная академия наук Беларуси.
4. Вьетнамская академия наук и технологий.
5. Национальная академия наук Грузии.
6. Национальная академия наук Республики Казахстан.
7. Китайская академия наук.
8. Кубинская академия наук.
9. Национальная академия наук Кыргызской Республики.
10. Академия наук Молдовы.
11. Монгольская академия наук.
12. Российская академия наук.
13. Академия наук Республики Таджикистан.
14. Академия наук Туркменистана.
15. Академия наук Республики Узбекистан.
16. Черногорская академия наук и искусств.
17. Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова.
18. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт».
19. Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ).
20. Московский физико-технический институт.
21. Российский центр научной информации (ранее – Российский фонд фундаментальных исследований).
22. Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований.
23. Академия наук провинции Гуандун (КНР).
24. Академия наук провинции Цзянси (КНР).
25. Академия наук провинции Хэйлунцзян (КНР).
26. Академия наук провинции Шаньдун (КНР).
27. Российская академия образования.

ном формате развития и проявится её преимущество. Современные задачи и три из них – важнейшие, которые можно назвать магистральными: первая – ядерная энергетика нового поколения, вторая – решение экологических проблем и прежде всего сложнейших задач, связанных с объектами накопленного экологического вреда – ядерными установками, комбинатами, реакторами и так далее, и третья – это ядерная медицина. Все эти три направления – в высшей степени междисциплинарные. Это и химия, и биология, и физика, и инженерные науки, и материаловедение, и всё что угодно, и экономика – и это, конечно, очень здорово! Радиохимия выступает центральной и системообразующей частью этого междисциплинарного консорциума наук.

Например, если мы говорим о ядерной энергетике нового поколения, то это что? Это фактически полноценное замыкание ядерного топливного цикла, когда мы всё пе-

рерабатываем и не просто перерабатываем, а делаем глубокое фракционирование по различным радионуклидам согласно их периоду полураспада и свойствам. А что дальше? Сейчас безопасность обеспечивают могильники, а это фактически отложенное решение на срок от ста тысяч лет до миллиона лет. Тут же возникает естественный вопрос: кто может гарантировать, что будет через миллион лет? Или хотя бы через несколько тысяч лет? Пытаясь доказать безопасность таких хранилищ, в течение многих десятилетий в разных странах мира проводят достаточно дорогостоящие исследования. Но доказательство безопасности таких хранилищ не просто сложная и дорогостоящая, а малореальная задача.

Для решения этой проблемы мы предлагаем глубокое фракционирование, когда долгоживущие изотопы опять отправляются в реакторы и превращаются за счёт реакции деления под действием ней-

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ И ТРИ ИЗ НИХ – ВАЖНЕЙШИЕ, КОТОРЫЕ МОЖНО НАЗВАТЬ МАГИСТРАЛЬНЫМИ: ПЕРВАЯ – ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ, ВТОРАЯ – РЕШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ, И ТРЕТЬЯ – ЭТО ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА. ВСЕ ЭТИ ТРИ НАПРАВЛЕНИЯ – В ВЫСШЕЙ СТЕПЕНИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ. РАДИОХИМИЯ ВЫСТУПАЕТ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕЙ ЧАСТЬЮ ЭТОГО МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КОНСОРЦИУМА НАУК.

тронов в короткоживущие. В результате мы будем осуществлять захоронение изотопов с периодом полураспада, исчисляемым несколькими десятилетиями, а это значит, что через 200–250 лет от них ничего не останется. Таким образом, мы сокращаем несколько порядков: переходим от сотен тысяч лет к сотням лет. Это решение три «Э» – экология, экономика и энергетика. Вот это основная задача. То же самое с ядерной медициной. Это ранняя диагностика и терапия различных заболеваний. Причём не только онкологических, потому как 60% причин смертности человека – сердечно-сосудистые заболевания.

Недавно на кафедре радиохимии в МГУ прошла защита диссертации сотрудника Радиевого института им.Хлопина, на которой шла речь о диагностическом препарате на основе технеция-99m. Технеций-99 – один из самых востребованных радиоактивных изотопов, наиболее широкое применение он нашёл в ядерной медицине. Это настоящая рабочая лошадка: с помощью технеция-99m (медицинского) проводится около 70% диагностических процедур в онкологии, 50% – в кардиологии.

Это очень существенно. Мировой рынок здесь оценивается в десятки миллиардов долларов, и базируется он полностью на суперсовременных исследованиях и разработках учёных, в которых радиохимия играет ключевую роль.

СПРАВКА

Радиевый институт им.В.Г.Хлопина (входит в научный дивизион ГК «Росатом») основан в 1922 году по инициативе и под руководством академика В.И.Вернадского путём объединения всех имевшихся к тому времени в Петрограде радиологических учреждений: Радиевой лаборатории Академии наук, Радиевого отделения Государственного рентгенологического и радиологического института и Радиохимической лаборатории.

Институт ведёт исследования ядерно-физического, радиохимического, геохимического и экологического профилей, связанные с проблемами атомной энергетики, радиоэкологии и полураспада изотопов.

Большое внимание институт уделяет экологическим проблемам, реабилитации и мониторингу загрязнённых территорий.

Институт – крупнейший поставщик на внешний и внутренний рынки радионуклидов и радионуклидных источников, в том числе радиофармпрепаратов.

Г.Х.: *Расскажите, пожалуйста, о перспективах создания радиохимических лабораторий и предприятий, где будут разрабатывать и выпускать новые активные радиофармацевтические субстанции и радиофармацевтические лекарственные препараты. Какие учебные заведения в России могут готовить специалистов для работы в этой сфере уже сегодня?*

С.К.: Российские университеты с кафедрами радиохимии можно пересчитать по пальцам. Несмотря на то, что перед отраслью стоят масштабные задачи, в плане подготовки кадров мы пока сильно отстаём. Для одного небольшого ПЭТ-центра нужны четыре радиохимика, пять-шесть медицинских физиков и четыре врача. А если брать крупные учреждения, то там потребуется в разы больше сотрудников, от инженеров до учёных, которые должны руководить процессами, разрабатывать новые препараты и методики. Потребность отрасли оценивается в сотни специалистов – именно химиков, радиохимиков ежегодно. А количество ребят, которое мы готовим, к сожалению, намного меньше. Нужно учесть ещё и то, что кто-то из молодых специалистов уходит в другие области, кто-то уезжает, кто-то уходит в бизнес. К большому сожалению, недостаток в кадрах колоссальный. Это очень большая проблема, потому что планы у нас действительно амбициозные.

Например, в Обнинске, на территории НИФХИ им.Карпова, завершается строительство крупнейшего в Европе производства РФП (21 линия). Предприятие заработает в 2025 году и будет выпускать десятки лекарств для диагностики и терапии онкологических, сердечно-сосудистых и нейродегенеративных заболеваний. Завод будет работать по стандартам GMP – международной системы контроля производства медицинских препаратов.

Или, например, ядерно-инновационный кластер в Димитровграде Ульяновской области. Здесь находится единственный в России и самый крупный в Европе комплекс ядерной медицины замкнутого цикла. Недавно «Росатом» открыл в Димитровграде участок по производству медицинского радионуклида актиния-225. Это один из самых востребованных в мире радионуклидов, на основе которого создаются эффективные средства для борьбы с онкологическими заболеваниями. Задач очень много. Нужны новые технологии и люди, которые будут способны их вопло-

щать, соответственно, доводить от стадии научно-исследовательских разработок до каких-то технологий, изделий и так далее.

Проблема, к сожалению, здесь даже не в деньгах и не в инфраструктуре, а в ребятах, которые должны будут там работать, получив профильное образование. На это сейчас стали обращать большое внимание и активно дискутировать о том, что нам нужны новые программы как дополнительного профессионального образования, так и магистерские программы, нужны и классические программы в рамках специалитета. В том числе и по заказу конкретных дивизионов «Росатома» и подразделений Федерального медико-биологического агентства, Минздрава, частных компаний и так далее.

Г.Х.: Год назад в Улан-Удэ открылся центр ПЭТ-КТ-диагностики полного цикла. В каком объёме подобные центры в России обеспечены реактивами, и где их сейчас производят? Налажено ли производство прекурсоров и самих радиофармпрепаратов для терапии?

С.К.: То, что сделано в Улан-Удэ, – это хороший пример создания полного цикла, где есть ускорительная часть, используемая для наработки радионуклидов. Фтор-18, диагностический радионуклид, синтезируют на ускорителях вблизи места их дальнейшего использования. Это связано с малым периодом полураспада фтора – 18–109 минут.

То есть через 109 минут в два раза падает активность, ещё через 109 минут – ещё в два раза и так далее. То есть далеко не увезёшь.

В ПЭТ-центрах всё под одной крышей – небольшое здание, где на первом этаже находится циклотрон, на втором – лаборатория по синтезу, а на третьем этаже – сканер, куда и приходят пациенты.

Поэтому это хороший пример.

Г.Х.: В начале лета 2023 года в рамках проведения Петербургского международного экономического форума было подписано Соглашение о создании Федерального центра химии (ФЦХ) в Усолье-Сибирском. ФЦХ будет размещён на площадке закрытого «Усольехимпрома», где сейчас «Росатом» ведёт работы по ликвидации накопленного химическим предприятием вреда и рекультивации территории. Вы неоднократно бывали там. Если не секрет, что там сейчас происходит? С какими трудностями приходится сталкиваться? Сможет ли Усолье-Сибирское вновь стать, как во времена СССР, динамичным и привлекательным для химиков, в первую очередь для производственников, городом, куда будут с удовольствием отправляться не лишённые романтики выпускники химических вузов?



С.К.: Это один из сложнейших объектов накопленного экологического вреда. Основная проблема – ртутное загрязнение, вызванное деятельностью цеха ртутного электролиза. Единым исполнителем работ по ликвидации накопленного экологического ущерба и утилизации отходов I–II класса в Усолье-Сибирском определён «Федеральный экологический оператор» (ФГУП «ФЭО»).

Обстановка преобразуется буквально на глазах. Практически все старые заброшенные цеха снесли. Провели комплексное обследование площадки. Чистый строительный материал, который не загрязнён теми или иными веществами, дробится на мелкий щебень и там же используется на строительстве дорог и так далее.

Самое сложное – это работа на участках, загрязнённых ртутью. Причём основная проблема кроется в загрязнении почвы на большую глубину. В наиболее загрязнённых местах созданы противодиффузионные завесы, которые позволяют избежать попадания ртути в Ангару. Это предотвращено. Но необходимо каким-то образом построить систему

Улан-Удэ.
Центр ядерной
медицины Бурятии.
Источник:
www.pet-uu.ru

Усолье-Сибирское.
Фото (Источник):
www.sibiryak-info.ru



**В УСОЛЬЕ-СИБИРСКОМ ОБСТАНОВКА
ПРЕОБРАЖАЕТСЯ БУКВАЛЬНО НА ГЛАЗАХ.
ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА – РТУТНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ,
ВЫЗВАННОЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ ЦЕХА РТУТНОГО
ЭЛЕКТРОЛИЗА.**



Усолье-Сибирское.
Заводы (химия и фарма) в пору своего расцвета.
Фото из архива В. Шишимарина.

Усолье-Сибирское.
Специалист Федерального экологического оператора на территории
бывшего химкомбината «Усольехимпром». На промышленной
площадке находится крупный очаг ртутного загрязнения, оставшийся
после ликвидации в 1998 году цеха ртутного электролиза.
Фото: пресс-служба Федерального экологического оператора / ТАСС

барьеров на достаточно большой площади – с одной стороны, проницаемую, с другой стороны, сорбционную так, чтобы все токсиканты сорбировались бы, а вода протекла. Использовать противоточную систему невозможно, потому что это приведёт к заболачиванию территории: там высокий уровень грунтовых вод, осадки и так далее. То есть сейчас основная проблема заключается в приведении загрязнённых участков территории в состояние, когда там можно начинать полноценное строительство.

Усолье интересно ещё и потому, что когда создавался город и предприятие, это был один из самых молодых городов, причём концентрация высокоинтеллектуального населения в нём была одной из самых высоких в стране. Огромное количество людей с высшим образованием, химики, инженеры, которые ехали туда на новое предприятие. Многие ещё из тех людей там остались – есть квалифицированные люди, готовые работать и в состоянии делать интересные проекты, которые там будут размещены. Причём новые химические предприятия будут развиваться в новой парадигме, в которую будет заложен принцип «кастомизации», основанный на взаимодействии с потребителем и участии его в процессе проектирования и создания продукции и услуг.

Я знаком с очень многими коллегами, которые там работают, это в высшей степени профессиональные люди, которые и делают проектирование и разрабатывают саму концепцию проектов, связанных с переработкой. Один из таких проектов – переработка отходов накопленного экологического вреда из Иркутской области и из других областей. В общем, планов очень много.



Г.Х.: Опыт «Росатома» в уничтожении опасных отходов и рекультивации территории очевиден: часть уникальных специалистов бывшего Федерального управления по безопасному хранению и уничтожению химического оружия (ФБУ «ФУБХУХО») перешли на работу в ФЭО. Есть ли для них другие задачи? Много ли в России объектов, подобных «Усольехимпрому»?

С.К.: Таких объектов довольно много – более 300 практически по всей территории России. Все они включены в Федеральный реестр объектов накопленного экологического вреда. Причём нужно понимать, что это крупные инфраструктурно сложные объекты. А Усолье-Сибирское – это, наверное, один из самых сложных. Но каждый из объектов уникален с точки зрения того, чем они загрязнены, масштабами и, соответственно, технологиями, которые нужно использовать для их рекультивации. Именно поэтому задача по рекультивации с точки зрения химии, технологий очень интересная, потому что нет универсальных решений. Поэтому было принято правильное решение о создании «Федерального экологического оператора» в рамках именно ГК «Росатома», который имеет лучшие компетенции в работе с наиболее сложными объектами I и II класса, которые нельзя захоранивать на месте, а нужно каким-то образом очищать, перерабатывать. В качестве иллюстрации можно привести несколько очень успешных примеров. Один из таких проектов был успешно реализован в Красном Бору, недалеко от Санкт-Петербурга, где находится хранилище отходов.

ГК «Росатом» включает в себя структурные подразделения, которые обладают гигантским опытом по обращению с радиоактивными отходами – одними из наиболее опасных с точки зрения воздействия на человека и окружающую среду. Поэтому задачи очень интересные, задачи сложные, но и, к сожалению, конечно, весьма капиталоемкие.

Г.Х.: Малотоннажной химии и химическому машиностроению в последнее время стали уделять больше внимания. Тем не менее до практической реализации решений и ведомственных поручений ещё далеко. Одна из проблем, которая существенно влияет на это, – отсутствие кадров. В какой степени вы готовы обеспечить отрасль специалистами?

С.К.: Очень болезненный вопрос, потому что кадров – инженеров именно такого высокого уровня, современных инженеров, аппаратчиков уже новых машин, которыми оснащены современные производства, – их катастрофически не хватает. Мы общаемся в постоянном режиме в рамках выполнения НИОКР и в рамках подготовки кадров с очень многими отраслевыми компаниями. Бизнес готов

ЕСТЬ ИНЖЕНЕРНЫЕ СПЕЦИАЛЬНОСТИ, КОТОРЫЕ НИКОГДА НЕ ОТМЕНИШЬ. НИКОГДА НЕ ОТМЕНИШЬ ХИМИЮ, ФИЗИКУ, БИОЛОГИЮ. ЭТО ВАЖНЕЙШАЯ ОСНОВА.

платить очень большие деньги профессионалам, которые готовы были бы прийти. Катастрофически не хватает людей, я бы так сказал, по химическому машиностроению – просто нулевая ситуация абсолютно. Мы очень большую надежду возлагаем на РХТУ, потому что фактически это главный профильный вуз, который должен готовить высококлассных инженеров. Мне кажется, очень важно сейчас максимально укрепить Менделеевскому университету, чтобы этих ребят готовили в больших количествах: отрасль их потребит.

Понимаете, у нас опять же перекосы, но перекосы потому, что люди поверхностно воспринимают рекомендации, поверхностно воспринимают реальность. Я имею в виду тех, кто выбирает профессию. Ну даже родители выбирают. Например, приходишь в какой-нибудь физмат-лицей, там лекции какие-то читаются, и спрашиваешь, кем ты хочешь быть? И там 95% хотят быть айтишниками. Ну и очевидно, через пять-десять лет эта профессия практически «схлопнется», потому что искусственный интеллект умеет делать сейчас настолько хорошо и настолько много. Искусственный интеллект пишет коды. Руководитель крупнейшей отечественной дизайнерской веб-компании сказал, что у него в течение 2–3 лет не останется ни одного человека веб-дизайнера, а все хотят быть айтишниками.

Вопрос, а что они будут делать через десять лет? Я понимаю, что какое-то количество их нужно будет, естественно, чтобы в плане того же искусственного интеллекта совершенствоваться и так далее, но многие вещи будет делать искусственный интеллект, и эти люди станут не нужны. А при этом есть инженерные специальности, которые ты никогда не отменишь. Никогда не отменишь химию, физику, биологию. Основа этого, вот эти hard skills важнейшие никуда не уйдут. То есть это люди, которые всегда будут нужны.

Г.Х.: Количество сотрудников, обслуживающих химические цеха, тоже сокращается, да?

С.К.: Да, конечно, и даже несмотря на сокращение, их всё равно катастрофически не хватает.

Г.Х.: И сам МИХМ, если я не ошибаюсь, когда-то отделился от МХТИ, поэтому сейчас сам бог велел создать...

С.К.: Абсолютно верно! Я думаю, сейчас самое время ставить такие вопросы.

Совместное заседание в РСПП

22 февраля на Котельнической набережной в Москве в РСПП состоялось совместное заседание Комиссии РСПП по фармацевтической и медицинской промышленности, Комиссии РСПП по химической промышленности, Российского союза химиков, Комитета ТПП РФ по предпринимательству в здравоохранении и медицинской промышленности, Отделения медицинских наук РАН и Отделения химии и наук о материалах РАН на тему: **«О ходе реализации принятых решений по развитию производства малотоннажных химических веществ и полимерных материалов для выпуска лекарственных средств и медицинских изделий. Приоритеты достижения суверенитета».**

Обсудив отчет соруководителей Рабочей группы, созданной при РСПП решением от 16 февраля 2023 года с целью подготовки предложений по ускоренному развитию отечественного производства субстанций, ингредиентов, химических веществ и полимерных материалов, применяемых в производстве лекарственных средств и медицинских изделий, президента АО «Активный компонент» А.С.Семенова и вице-президента Российского союза химиков И.А.Вендило, выступления президента Российского союза химиков В.П.Иванова, президента Ассоциации «Росмедпром» Ю.Т.Калинина, Академика-секретаря отделения медицинских наук РАН В.И.Стародубова, Академика-секретаря отделения химии и наук о материалах РАН М.П.Егорова, генерального директора ООО «Промомед ДМ» А.И.Ефремова, президента АО «Фармимэкс» А.Д.Апазова, генерального директора ООО «Газпромнефть инновации» М.В.Никулина, старшего руководителя

проектов ГК «Сибур» А.Л.Прозументова, директора института нефтехимического синтеза имени А.В.Топчиева РАН А.Л.Максимова, директора Иркутского института химии им.А.Е.Фаворского СО РАН А.В.Иванова, генерального директора ООО «ГранатБиоТех» А.Л.Шишова, генерального директора ООО «Новые перевязочные материалы» А.Ю.Быкова, заместителя генерального директора ООО «ПРОФИТ ФАРМ» В.В.Лаптева, начальника отдела ФГАУ «Институт медицинских материалов» Минпромторга России И.П.Сергеевой, заместителя директора Департамента химической промышленности Минпромторга России Д.М.Шевякиной, ректора ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России Н.Н.Карякина, генерального директора ООО «ОКАПОЛ» Д.Н.Огородцева, генерального директора ООО «ПТО «Медтехника» В.Д.Щербакова, участники заседания **отметили:**



1. Во исполнение совместных решений профильных комиссий РСПП, комитета ТПП РФ и отделений РАН, направленных на организацию работы по снижению зависимости производства лекарственных средств и медицинских изделий от импорта продукции малотоннажной химии и полимерных материалов, обеспечения суверенитета фармацевтической и медицинской промышленности, созданной для этих целей рабочей группой разработан и осуществляется комплекс мероприятий по развитию химической промышленности в интересах фармацевтической и медицинской индустрии, предусматривающий:

- проведение анализа перечней стратегически значимых лекарственных средств (СЗЛС), жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (ЖНВЛП) и медицинских изделий, на основании которого формируются химические продукты и полимерные материалы, предполагаемые к приоритетному импортозамещению;
- оценку возможности отечественной науки и действующих мощностей в химической промышленности для разработки и производства отобранных продуктов и материалов;
- разработку механизмов государственной поддержки отечественного производства малотоннажных химических веществ и полимерных материалов.

2. На первом этапе в разработке и реализации мероприятий приняли участие более пятидесяти учреждений, организаций, предприятий фармацевтической (11), медицинской (12), химической (16) промышленности, организацией РАН (8) и ВУЗов (3).

По состоянию на 01.02.2024 г. проанализировано 59 международных непатентованных наименований (МНН) наиболее востребованных препаратов, входящих в Перечень ЖНВЛП и СЗЛС, содержащих 255 интермедиатов.

В стадии завершения находится оформление паспортов проектов организации производства 14 интермедиатов для лекарственных препаратов 12 МНН с возможностью их реализации в 2024–2025 годах. В ближайшее время будут оформлены паспорта ещё для 20 МНН. Более половины из 255 продуктов, представленных в списках интермедиатов-базовое сырьё; каждый четвертый – это сложный и дорогостоящий синтез с большим количеством стадий, локальное производство которых сопряжено с рядом трудностей технологического и экономического характера; каждый десятый – это доступные синтезы, которые можно освоить в относительно короткое время. При этом из общего числа проанализированных интермедиатов только для 13 продуктов потребность составляет более 15 тонн в год, потребность остальных продуктов составляет десятки и сотни килограмм.



3. В соответствии с приоритетными направлениями развития медицинской промышленности на период до 2035 года которые предусматривают дальнейшее увеличение целевых значений показателей объёма производства медицинских изделий на территории РФ за счет перехода на использование отечественных сырья, материалов и комплектующих, и связанных с ними технологий производства, химической промышленности удастся практически полностью закрыть потребности в объемах производства шприцев однократного применения в полипропилене, полиэтилене низкого и высокого давления, вакуумных пробирок – в полиэтилентерефталате, медицинского инструмента в полистироле.

В то же время медицинская промышленность по-прежнему испытывает трудности с обеспечением производства протезов высокомолекулярными полиэтиленами, полиэфирами гликолевой и молочной кислот, метакрилатами, керамическими и композиционными материалами, применяемыми в стоматологии; поливинилпирролидоном K90, поливиниловым спиртом (степень гидролиза 99-100%) и силиконовыми гелями, используемыми в технологиях получения перевязочных средств и раневых покрытий; полимерами, применяемыми в производстве оборудования и расходных реагентов, применяемых для разработки и производства средств *in vitro* диагностики; материалов для систем вспомогательного кровообращения и диализаторов (медицинскими марками ПВХ и эластомерами), в том числе из-за высоких требований по

качеству, предъявляемым к полимерам, контактируемым с организмом.

В стране созданы производственные мощности для удовлетворения потребности здравоохранения в наборах реагентов для диагностики *in vitro* – производится широкий ассортимент наборов реагентов для биохимических исследований, ИФА, ПЦР, для исследований показателей гемостаза, реагенты для гематологических анализаторов. Однако для производства большинства наборов реагентов используется химические компоненты зарубежного производства. Это создает серьезные риски стабильного обеспечения наборами реагентов лабораторной службы здравоохранения страны. Сложность решения проблемы обусловлена тем, что для производства наборов реагентов необходим широкий ассортимент химических ингредиентов, а годовой совокупный объем небольшой.

Рабочей группой, Минпромторгом России и ФГАУ «ИММ» проводится работа по определению консолидированной потребности производителей одноразовых медицинских изделий, включая расходные материалы для медицинской техники, в полимерных материалах с указанием конкретных марок, годового объема потребления в разрезе каждой марки, стоимости их закупки, а также прорабатывается вопрос и планы по организации производства требуемой номенклатуры медицинских полимеров, согласно утвержденной дорожной карте.

4. Консолидированные предложения рабочей группы, профессиональных объединений и Минпромторга России по разрешению проблем локализации в РФ химических продуктов и полимеров частично учтены:

- в Стратегии развития фармацевтической промышленности на период до 2030 года, утвержденной 7 июня 2023 года и плане мероприятий по её реализации, представленном в Правительстве РФ;
- в «приоритетных направлениях проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики...», утвержденных постановлением Правительства РФ от 15.04.2023 г. № 603;
- в эксперименте по прослеживаемости лекарственных средств для медицинского применения и сырья, используемого для их производства, проводимом в соответствии с постановлением Правительства РФ от 22.12.2023 г. № 2261;
- дополнительные представленные предложения требуют разработки скоординированных действий министерств, ведомств и бизнеса при организации работ по их выполнению.

Участники заседания решили:

1. Принять к сведению отчет Рабочей группы при РСПП о работе по подготовке предложений по развитию отечественного производства фармацевтических субстанций, ингредиентов, химических веществ и полимерных материалов, применяемых в производстве лекарственных средств и медицинских изделий и рекомендовать продолжить работу по развитию компетенций в области разработки и производства химических веществ и полимерных материалов для обеспечения суверенитета развития фармацевтической и медицинской промышленности.

2. Предприятиям химической промышленности (ПАО «Сибур Холдинг», ООО «Промхимпермь», ООО «Берахим», НИОПИК», ИПХЭТ СО РАН, ООО «Газпромнефть инновации») по согласованию с заказчиками разработать и направить по адресу Российского союза химиков (РСХ) и Ассоциации «Росмедпром» проекты планов по организации производства химических веществ и полимеров, предназначенных для производства лекарственных средств и медицинских изделий с обоснованием мер государственной поддержки, необходимых для их реализации.

РСХ, Ассоциации «Росмедпром» и рабочей группе при РСПП обобщить предложения и после обсуждения на заседаниях отраслевых комиссий представить их в Минпромторг

России с указанием головных предприятий, специализирующихся на производстве конкретных химических веществ и медицинских полимеров, и мер государственной поддержки, обеспечивающих конкурентоспособность их производства.

3. Рекомендовать Минпромторгу России совместно с Минэкономразвития России, Минздравом России, РАН и Минобрнауки России:

- разработать и ввести в действие перечни лекарственных средств, медицинских изделий и химической продукции, рекомендуемых к локализации на территории РФ для чего создать при Минпромторге России специализированный экспертный совет;
- утвердить план мероприятий (дорожную карту) по организации разработки и производства жизненно-необходимых лекарственных средств и медицинских изделий в рамках сквозных проектов, предусматривающих исследования по созданию целевой химической продукции и организации её производства с гарантированным объемом потребления предприятиями фармацевтической и медицинской промышленности, предусмотрев создание базовых инфраструктурных объектов, необходимых в целях выстраивания полноценных производственных цепочек от производителей химического сырья до производителей лекарственных средств и медицинских изделий;



- провести в мае-июне 2024 года совещание, на котором рассмотреть предварительные итоги выполнения эксперимента по созданию системы прослеживания происхождения используемых при производстве фармацевтических субстанций интермедиатов и реагентов;
- рассмотреть возможность создания государственного оператора по агрегации потребностей фармацевтических, медицинских и химических предприятий на базе специально созданной электронно-цифровой платформы;
- разработать механизм государственного заказа, гарантирующего определенную норму сбыта как метод формирования локальной вертикально интегрированной цепочки производства от химического сырья вплоть до лекарственного препарата;
- разработать механизм государственного возмещения, при котором производители лекарственных средств и медицинских изделий смогут закупать химическую продукцию для их производства по ценам, конкурентным с зарубежными, включающий следующий комплекс мер снижения финансовой нагрузки;
- предоставить производителям, готовым инвестировать в локальное производство лекарственных средств и химической продукции, налоговые льготы в части приостановки взимания с них до конца фазы активного инвестирования налога на прибыль, налога на имущество, а также социальных налогов;
- применять механизм СПИК и офсетных контрактов, с внесением в них изменений в части возможности корректировки целевых показателей на ежегодной основе;
- предусмотреть систему льготного кредитования для локальных производителей, включающую как предоставление среднесрочных целевых кредитов (на 1–3 года) под 1–3% годовых, направленных на возможность продуктивного увеличения оборотных средств компании в целях увеличения объемов и расширения номенклатуры производства, так и долгосрочных инвестиционных кредитных программ (от 5-ти лет) с аналогичной процентной ставкой, направленных на покрытие затрат

производителя на проведение необходимых исследований, строительство новых производственных площадей, закупку оборудования при локализации производства на территории РФ химического сырья, входящего в вышеупомянутый перечень;

- предусмотреть систему беспроцентных целевых займов с использованием цифрового рубля;
- предусмотреть возможность компенсации со стороны государства до 50% инвестиционных затрат при условии успешного запуска производства в предварительно заявленные и утвержденные производителем с государством сроки.
- провести в марте 2024 года совместное отчетное заседание ведомственной рабочей группы Минпромторга России с участием Рабочей группы при РСПП для проработки путей реализации сформированных Рабочей группой инициатив.

4. Просить Правительство Российской Федерации:

- в целях масштабирования и ускорения полноценной работы по выстраиванию вертикально интегрированных цепочек локального производства лекарственных препаратов, начиная со стадии химического сырья, создать Экспертный Совет под руководством заместителей министра промышленности и торговли Российской Федерации, курирующих химическую, фармацевтическую и медицинскую промышленности, включающий как представителей профильных органов государственной власти, так и экспертов, в том числе от представителей профессиональных общественных объединений. Наделить Экспертный Совет полномочиями подавать проработанные им инициативы на согласование непосредственно в Правительство РФ, а также, в части проработанных законодательных инициатив, взаимодействовать с Государственной Думой РФ;
- ускорить рассмотрение и утверждение плана мероприятий по реализации Стратегии развития фармацевтической промышленности Российской Федерации на период до 2030 года с учетом предложений, изложенных в настоящем решении.

Председатель Комиссии РСПП по фармацевтической и медицинской промышленности	Ю.Т.Калинин
Председатель Комиссии РСПП по индустрии здоровья	В.М.Черепов
Председатель Комиссии РСПП по химической промышленности	В.П.Иванов
Академик-секретарь отделения медицинских наук РАН	В.И.Стародубов
Председатель Комитета ТПП РФ по предпринимательству в здравоохранении и медицинской промышленности	В.И.Сергиенко
Академик-секретарь отделения химии и наук о материалах РАН	М.П.Егоров

Памяти Николая Ивановича Рыжкова

В Москве на 95-м году жизни скончался бывший председатель Совета министров СССР Николай Иванович Рыжков, видный советский и российский государственный и партийный деятель.

Он прошёл внушительный профессиональный и жизненный путь — от директора «Уралмаша», крупнейшего оборонного предприятия страны, до члена Политбюро ЦК КПСС и председателя Совета министров СССР.

Для химиков осталась памятна серьёзная веха жизни политика, связанная с большим вниманием к развитию химической промышленности, которая в те годы вышла на первое место по производству минеральных удобрений и стала второй в мире по промышленному объёму.

В начале 90-х Николай Иванович Рыжков был в числе инициаторов и организаторов Международного союза товаропроизводителей, который объединил производителей со всего бывшего Советского Союза и позволил частично сохранить складывавшиеся в течение десятилетий производственно-кооперационные связи.

Мало кто знает, что Николай Рыжков возглавлял штаб по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

В 1988 году он руководил спасательными и восстановительными работами после землетрясения в Армении. Его именем названы улицы в городах Армении, ещё при жизни ему был поставлен памятник в городе Спитаке. В день 20-й годовщины Спитакского землетрясения, 7 декабря 2008 года, Николай Иванович Рыжков был удостоен звания Национального героя Армении (удостоверение № 15) и медали почёта Национального собрания Армении.

С 2003 года в течение 20 лет Николай Иванович представлял интересы Белгородской области в Совете Федерации. Благодаря его усилиям под Прохоровкой был создан мемориальный комплекс «Третье ратное поле России», посвящённый яркой странице в истории нашей страны — Победе советского народа в Курской битве.

Он был в числе создателей премии имени Алексея Николаевича Косыгина, выдающегося советского государственного деятеля и председателя Совета министров СССР. Премия присуждается учёным, специалистам или практикам, а также научно-исследо-



Фото
Владимир
Мусаэлян, ТАСС

**ВИКТОР ПЕТРОВИЧ ИВАНОВ:
«ОТ НАС УШЁЛ ОДИН ИЗ ВЫДАЮЩИХСЯ
ЛЮДЕЙ ИСЧЕЗАЮЩЕЙ ЭПОХИ.
В НАШЕЙ ПАМЯТИ ОН НАВСЕГДА
ОСТАНЕТСЯ ЧЕЛОВЕКОМ ВЫСОКОЙ МОРАЛИ
И ОТВЕТСТВЕННОСТИ, НАСТОЯЩИМ ПАТРИОТОМ
И ДОСТОЙНЫМ СЫНОМ СВОЕГО НАРОДА».**

вательским учреждениям, учебным заведениям, промышленным и сельскохозяйственным предприятиям за реальные достижения в решении фундаментальных и прикладных проблем развития отдельных отраслей экономики России. Нам, химикам, приятно осознавать, что в числе лауреатов премии — десятки представителей химической науки и промышленности.

В Российском союзе химиков немало тех, кому посчастливилось работать с Николаем Ивановичем. От их имени, а также и от имени всех представителей химической индустрии и от себя лично президент Российского союза химиков Виктор Петрович Иванов выразил слова скорби и печали в связи с кончиной Николая Ивановича Рыжкова: «Сегодня, 28 февраля 2024 года, от нас ушёл один из выдающихся людей исчезающей эпохи. Самые искренние слова поддержки мы, химики, адресуем семье Николая Ивановича Рыжкова. В нашей памяти он навсегда останется человеком высокой морали и ответственности, настоящим патриотом и достойным сыном своего народа».

Татьяна Петрова,
вице-президент РСХ по работе со СМИ
и общественными организациями



**Гегечкори
Владимир Ираклиевич,**

заместитель генерального
директора ООО «НЦСО»,
к. фарм. н.



**Мынкин
Павел Александрович,**

директор по развитию
ООО «РЕАТОРГ»



СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА приходят на смену импортным

**ЗНАЧИТЕЛЬНОЕ СНИЖЕНИЕ ЗАТРАТ
И РОСТ ДОВЕРИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**



В настоящее время важной и первоочередной задачей отечественных производителей стандартных образцов (СО), применяемых в различных отраслях промышленности (фармацевтика, медицина, экологический мониторинг, наука и др.) является своевременное обеспечение предприятий этих отраслей продукцией высокого качества.

Особенно актуальной эта задача становится на фоне поручения правительства России закрыть потребности рынка отечественными продуктами, в условиях, когда страны Евросоюза и США прекратили официаль-

ные поставки в нашу страну традиционно применяемых многие годы высококачественных импортных стандартных образцов.

Поскольку области применения стандартных образцов различны, то и требования к ним со стороны заказчиков могут отличаться (в том числе по качественным характеристикам, фасовкам, сопроводительным документам, испытаниям, срокам поставки). В большинстве случаев эти требования чётко определены законодательно, сформированы на основе отраслевых особенностей и традиций, но в итоге должны обеспечить единство и точ-

ность измерений, надлежащий контроль качества продукции и безопасность потребителей.

Зависимость российского рынка от импортных стандартных образцов, к сожалению, сохраняется на высоком уровне ввиду большого перечня необходимых рынку веществ, рисков отсутствия сырья, кризисных явлений, геополитических процессов, курса валюты, а также высокой стоимости данных продуктов. Расходы многих потребителей на стандартные образцы достигают десятков миллионов рублей, что напрямую влияет на стоимость конечного продукта.



Среди российских компаний, которые успешно и последовательно решают задачи импортозамещения стандартных образцов, следует выделить производителя и нашего партнёра ООО «НЦСО» – дочернюю структуру Федерального бюджетного учреждения «Государственный институт лекарственных средств и надлежащих практик» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (ФБУ «ГИЛС и НП»).

Компания ведёт работы по созданию и функционированию банка отечественных

стандартных образцов (СО) утверждённого типа для активных фармацевтических субстанций, примесных соединений, необходимых на любом этапе жизненного цикла лекарственного препарата, на территории Российской Федерации (РФ) и стран ближнего зарубежья.

Вещества, посредством сравнения с которыми осуществляется контроль качества исследуемых лекарственных средств с помощью физико-химических и биологических методов, а также калибровка оборудования, представляют собой СО.

Утверждение типа СО представляет собой документально оформленное в установленном порядке решение о признании соответствия типа СО метрологическим и техническим требованиям (характеристикам) на основании результатов испытаний СО в целях утверждения типа. В свою очередь тип СО – это совокупность СО одного и того же назначения, изготавливаемых из одного и того же вещества (материала) по одной и той же технической документации.

Начиная с 2020 года, ООО «НЦСО» в числе первых стало заниматься разработкой СО как активных фармацевтических субстанций, так и примесных соединений лекарственных веществ. В настоящее время ООО «НЦСО» принимает активное участие в разработке СО для ле-

ОДНОЙ ИЗ ПРИОРИТЕТНЫХ ЦЕЛЕЙ КОМПАНИИ ЯВЛЯЕТСЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ СО, ЧТО ПОЗВОЛИТ ОБЕСПЕЧИТЬ СТАБИЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА И СТАНДАРТИЗАЦИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ НА ТЕРРИТОРИИ РФ.

карств Перечня жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов (ЖНВЛП). В рамках своей деятельности компания ставит амбициозной целью к концу 2024 года наращивание перечня СО до более чем 250 наименований.

Наряду с созданием СО активных фармацевтических субстанций ООО «НЦСО» не упускает из внимания и СО примесных соединений. Несмотря на трудоёмкий и высокозатратный процесс аттестации СО примесных соединений, компания ставит одной из основных задач обеспечить имеющиеся в действующем перечне ООО «НЦСО» СО активных фармацевтических субстанций соответствующими СО примесных соединений.

Одной из приоритетных целей компании является импортозамещение зарубежных СО, что позволит обеспечить стабильный процесс контроля качества и стандартизации лекарственных средств на территории РФ.

Поскольку на сегодняшний день деятельность ООО «НЦСО» направлена преимущественно на аттестацию стандартов химического происхождения, то одним из перспективных направлений развития является синтез не только примесных соединений, но и субстанций на базе организации для всеобъем-

АКТИВНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО С ПАРТНЁРАМИ ИЗ СТРАН ЕАЭС ПОЗВОЛИЛО СОЗДАТЬ БАЗУ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ (МСО) – СТАНДАРТОВ, ПРИЗНАННЫХ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫМ СОВЕТОМ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ (МГС).

люющего контроля процесса выпуска СО.

Активное сотрудничество с партнёрами из стран ЕАЭС позволило создать базу межгосударственных стандартных образцов (МСО) – стандартов, признанных Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (МГС). На сегодняшний день 32 аттестованных стандарта ООО «НЦСО» имеют статус МСО. Государства, присоединившиеся к признанию статуса МСО стандартных образцов ООО «НЦСО» – Республика Беларусь, Республика Казахстан, Республика Таджикистан, Республика Узбекистан, Республика Армения, Киргизская Республика и Азербайджанская Республика.

Таким образом, продукция организации может реализовываться не только на терри-

тории РФ, но и на территории указанных стран. Данной возможности также способствует тесное сотрудничество с регуляторами данных стран в области разработки, контроля качества и стандартизации лекарственных средств.

ООО «НЦСО» готовится к аккредитации по ISO 17034:2016 «Общие требования к компетентности производителей стандартных образцов» и по ГОСТ ISO/IEC 17025–2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» для аккредитации аналитической лаборатории. Реализация данной возможности позволит существенно расширить перечень осуществляемых работ, набора услуг, что приведёт к увеличению финансовой стабильности и достижению высоких экономических показателей организации.

ООО «РЕАТОРГ», являясь эксклюзивным дистрибьютором ООО «НЦСО», эффективно решает вопросы коммерческих и государственных заказчиков по поставкам продукции и подбору аналогов импортных стандартных образцов, отталкиваясь от требований регуляторов, заказчиков и применяемых методик.

Компания РЕАТОРГ осуществляет проектирование и комплексное оснащение химико-фармацевтических производств и лабораторий: оборудование, технологические трубопроводы, приборы, расходные материалы, мебель, посуда, реактивы.

Комплексный подход компании РЕАТОРГ при организации нового или модернизации существующего производства позволяет сэкономить время, оптимизировать издержки и защитить инвестиции заказчика, так как во главу угла ставятся технология и качество конечного продукта!



reatorg
ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ОСНАЩЕНИЕ • СЫРЬЕ

ООО «РЕАТОРГ»
Москва, Варшавское ш., 125
+7 (495) 966-3140, 8 (800) 775-3211
reatorg@reatorg.ru
www.reatorg.ru

Микротоннажная и малотоннажная химия



**Анаников
Валентин Павлович,**
академик РАН.

Фото: ИОХ РАН



**Белецкая
Ирина Петровна,**
академик РАН.

Фото: new.ras.ru



**Максимов
Антон Львович,**
член-корреспондент РАН.

Фото: ИНХС РАН



**Егоров
Михаил Петрович,**
академик РАН.

Фото: ИОХ РАН



**Терентьев
Александр Олегович,**
член-корреспондент РАН.

Фото: Елена Либрик, «Научная Россия»

Статья посвящена микротоннажному и малотоннажному химическому синтезу и важности данного направления работ в науке и технологиях. Обсуждается развитие химического синтеза от открытия новых веществ до их промышленного производства и практического применения, включая растущую востребованность в области медицины, микроэлектроники, энергетики и материаловедения.

Рассматривается классификация по масштабу синтеза и обсуждается важность каждого этапа: от лабораторного до промышленного масштаба. Проводится сравнение разных масштабов синтеза, с выделением особенностей и трудностей на каждом этапе, от миллиграммового до крупнотоннажного производства.

Специальное внимание уделяется микро- и малотоннажному синтезу, их роли в создании новых технологий, а также вызовам и сдерживающим факторам, включая нехватку специалистов, недостаточное финансирование и технические сложности.

Предложены пути ускорения развития этих областей и создания инструментов разработчика, повышения их доступности и гибкости использования.

Прогресс в промышленности и технологиях неразрывно связан с развитием химического синтеза. На первом этапе новые вещества и реакции открываются учеными в результате фундаментальных исследований и изучаются свойства полученных соединений. На втором этапе происходит масштабирование и разработка технологий для промышленного производства. На следующем этапе ставшие доступными вещества находят свое практическое применение, приводя к инкрементальным или масштабным изменениям в жизни человека.

Отдельными примерами масштабного применения результатов химического синтеза являются: каталитический риформинг легких фракций нефти, внесший важный вклад в развитие энергетики и транспорта [1]; синтез аммиака, изменивший демографическое развитие всей планеты [2]; синтетические полимерные материалы, обеспечившие нужды человека [3]; материалы для Li-ионных (металл-ионных) аккумуляторов [4], давшие современный виток персональным мобильным устройствам и электротранспорту; и многие другие важные научные достижения. Открытие и введение в практику нового лекарственного препарата является примером менее масштабного по объему химического синтеза, но совокупность лекарственных средств является неотъемлемым компонентом поддержания здоровья и обеспечения качества жизни [5]. Рассмотренные примеры фокусируются на ключевом значении органического синтеза [6] и каталитических технологий [7].

В настоящей статье проводится краткий сравнительный анализ химического синтеза в разных масштабных диапазонах по количеству получаемого продукта, методологии и особенностям исследовательской практики. Материал ориентирован на широкий круг читателей, включая исследователей из фундаментального сектора науки. Следует отметить, что данное аналитическое рассмотрение не ставило целью дать исчерпывающее описание всех вопросов, связанных с развитием микротоннажной и малотоннажной химии.

Особенности химии разных масштабных диапазонов

В зависимости от количества синтезируемого вещества можно выделить семь масштабных диапазонов органического синтеза (табл. 1).

Миллиграммовый синтез – это производство очень малых объемов химических веществ, обычно для научных исследований, начальных стадий разработки лекарств или высокоспециализированных применений, где требуются небольшие количества тестовых образцов. Сложность структуры и отсутствие стандартных методов синтеза делают производственный процесс на этом этапе уникальным и дорогостоящим, возможным только в исследовательских лабораториях. Многостадийный синтез нередко включает 10 и более стадий с дорогостоящими реагентами и катализаторами для каждой из них. При этом стоимость продукции может

доходить до 1000 USD за 1 мг вещества, и это не является предельным значением.

Граммовый синтез – производство в этом масштабе также обычно ориентировано на научные исследования или получение высокоценных продуктов, таких как активные фармацевтические ингредиенты. Процессы могут быть более масштабируемыми, но все еще нуждаются в значительной оптимизации и требуют индивидуальных подходов к проведению химического синтеза. Как и в предыдущем случае, после получения вещества необходимы разнообразные и ресурсозатратные методы очистки веществ, такие как хроматография и перекристаллизация, многократная дробная перегонка или комбинации этих и других методов.

Килограммовый синтез. На этом уровне химические вещества производятся для малых и средних партий продуктов, в частности, для пилотных производственных испытаний, доклинических и клинических испытаний новых лекарственных средств. Важными аспектами здесь являются масштабируемость процесса и управление качеством при снижении количества отходов и себестоимости. Проблема масштабирования химического синтеза уже в заметной степени проявляется на данном уровне.

Микротоннажное производство включает в себя производство до ста тонн в год. В эту категорию попадают специализированные вещества для научных исследований, электроники, специальных покрытий и других сфокусированных применений. Такие производства обычно характеризуются высоким уровнем проработанности для поддержания оптимальных характеристик

процесса и снижения себестоимости продукта. Важное значение при этом приобретает проблема утилизации отходов. Достижение безотходности (минимума отходов) для максимально возможного числа задействованных стадий становится актуальной задачей. На уровне микротоннажного производства требуется гибкость производственных линий и впервые появляется необходимость адаптироваться к специфическим требованиям заказчиков.

Малотоннажное производство. Производство в этом масштабе обычно включает в себя объемы продукции до десятков тысяч тонн в год. Малотоннажное производство включает широкий набор веществ, от фармацевтических препаратов до специализированных реагентов и полупродуктов для промышленного использования. Этот масштаб часто требует компромисса между стоимостью и целесообразностью практического использования продукта. По сравнению с предыдущими категориями органического синтеза, процедуры утилизации отходов и удешевление способов очистки имеют еще большее значение и могут стать ключевыми факторами при создании производства.

Среднетоннажное производство характеризуется большими объемами и широким спектром применений, включая химические реагенты и промежуточные продукты для различных отраслей. Рациональность масштабирования играет ключевую роль в снижении затрат. Отдельные примеры могут включать более широкий спектр химических веществ, используемых в промышленных масштабах, таких как растворители, красители, пластификаторы и промежуточные

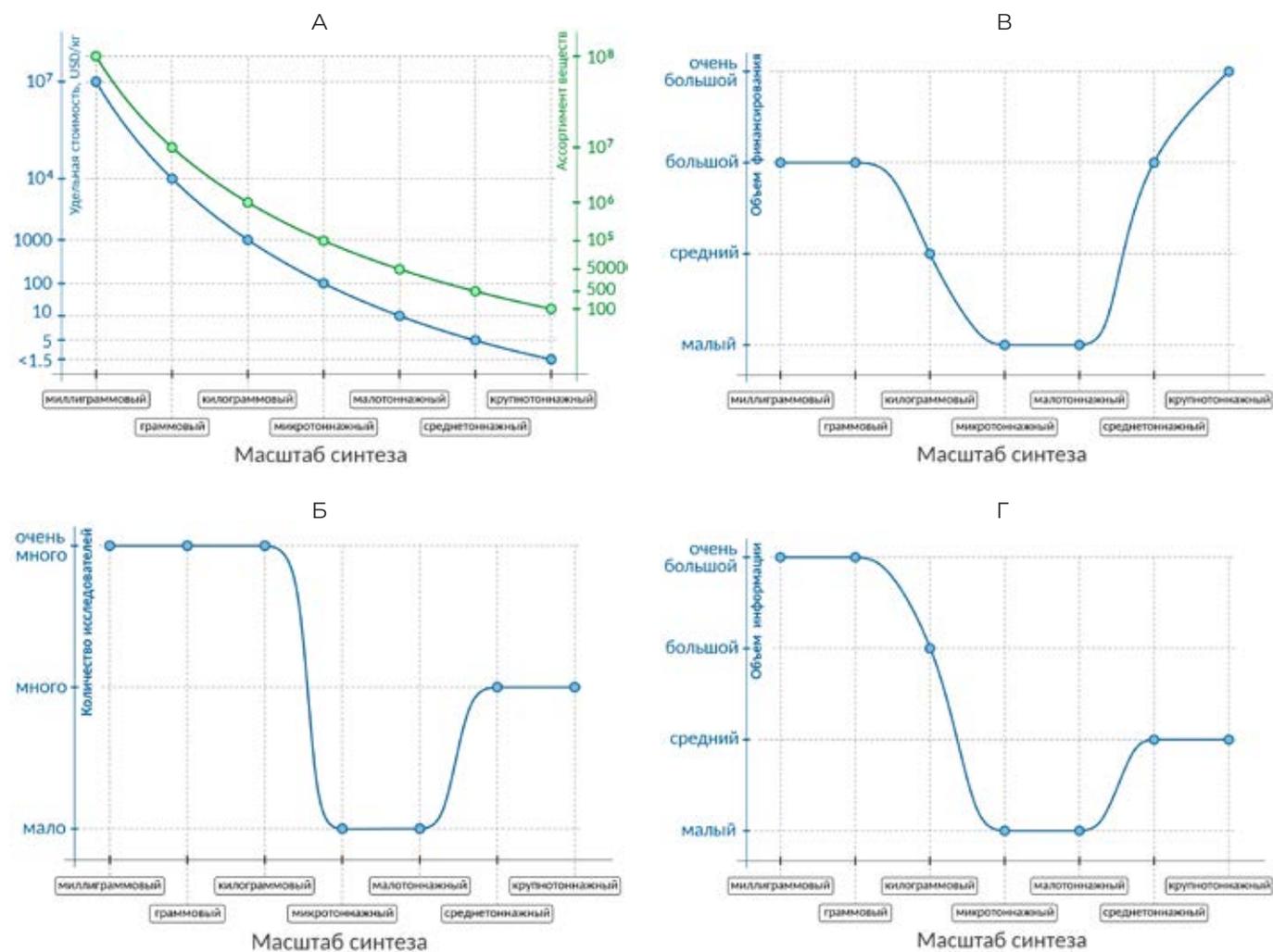
Таблица 1. Масштабы синтеза химических веществ и их оценочные характеристики.^а

Масштаб синтеза	Количество продукта синтеза в год	Стоимость за кг, USD	Ассортимент веществ в мире
Миллиграммовый	< 1 г	10 ⁵ – 10 ⁷	> 10 ⁸
Граммовый	1 – 1000 г	10 ³ – 10 ⁴	10 ⁶ – 10 ⁷
Килограммовый	1 – 1000 кг	100 – 1000	10 ⁵ – 10 ⁶
Микротоннажный	< 100 т	10 – 100	10 ⁴ – 10 ⁵
Малотоннажный	< 10 000 т	5 – 10	5000
Среднетоннажный	< 150 000 т	1,5 – 5	500
Крупнотоннажный	> 150 000 т	<1.5	10 – 20 (100) ^б

^а Приводятся примерные характеристики сравнительного и оценочного характера, которые могут значительно варьироваться в зависимости от конкретной ситуации.

^б Продукты крупнотоннажной химии делят на базовые продукты (к ним относятся: этилен, пропилен, бензол, толуол, ксилол, метанол, аммиак, серная кислота, каустическая сода, хлор и т.п.; в зависимости от предпочтений их число составляет от 10 до 20) и прочие крупнотоннажные продукты (их число приближается к ста и включает вещества второго-третьего передела).

Рис.1. Графические иллюстрации удельной стоимости и ассортимента веществ (А), количества исследователей (Б), объема финансирования (В) и объема информации (Г) в зависимости от масштаба синтеза.



продукты. Как правило, это уже хорошо устоявшиеся традиционные процессы химического синтеза. Введение новых типов процессов в среднетоннажном производстве является редким явлением для мировой химической промышленности.

Крупнотоннажное производство относится к массовому производству основных химических веществ, таких как удобрения, пластики и полимеры. Эти процессы требуют крупных инвестиций в инфраструктуру и строгого контроля за экологическим воздействием. По сравнению с рассмотренными ранее масштабами химического синтеза, это намного более консервативные области по скорости внедрения инновационных решений. Введение новых типов химических процессов данного масштабного типа является исключительно редким событием для мировой химической промышленности, и скорее речь идет

об отдельных улучшениях существующих процессов и о создании новых катализаторов.

Графическая иллюстрация рассмотренных характеристик в разных масштабных диапазонах синтеза приведена на рис.1 А.

Следует отметить, что представленная классификация химических производств в зависимости от объема может быть соотнесена с классификацией, используемой при описании коммерческих производств конкретной продукции. В последней выделяют производство продуктов основной химии (basic chemicals), которые выступают сырьем для получения химических сырьевых продуктов (commodities), продуктов специальной химии (specialty chemicals) и продуктов тонкой химии (fine chemicals) [8]. Если первые включают в себя продукты крупнотоннажной химии, вторые – крупно- и среднетоннажной химии, то тонкая химия включает в себя продукты

с объемом малотоннажных производств и ниже. В коммерческом понимании продукты специальной химии не относятся собственно к индивидуальным веществам: речь идет о промышленных продуктах, состоящих из нескольких веществ и определяемых своим назначением (“what they can do”). К такой продукции относятся, например, шампуни или присадки к топливам, состоящие из смеси компонентов, обеспечивающих их потребительские свойства. Также с точки зрения экологической безопасности Организация экономического сотрудничества и развития (OECD) выделяет еще один класс веществ – химические вещества со значительным объемом производства (high production volume chemicals), включающие в себя соединения, для которых производство в год составляет более 1000 т (в США – 500 т) в расчете на одного производителя [9].

Сравнение способов очистки и уровня отходов

Технологии 21-го века нацелены на минимизацию воздействия на окружающую среду и повышение эффективности использования ресурсов. Зеленая химия (Green Chemistry) стремится к разработке безопасных, энергоэффективных методов синтеза с меньшим количеством отходов [10]. Устойчивое развитие (Sustainable development) поддерживает баланс между экологическими, экономическими и социальными аспектами для обеспечения благополучия будущих поколений [11].

Сравнительный анализ показывает, как требования к очистке эволюционируют от миллиграммового к крупнотоннажному производству в контексте зеленой химии и устойчивого развития (табл. 2). В начале диапазона допустимы сложные и дорогостоящие методы

Таблица 2. Сравнение масштабов, методов синтеза и набора способов очистки и управления переработкой отходов.^a

Масштаб синтеза	Описание	Способы очистки	Удельное количество (и утилизация) отходов ^b
Миллиграммовый	Производство крайне малых объемов веществ для научных исследований или скрининга лекарств	Любые методы, например, многостадийная хроматография, перекристаллизация, дробная перегонка	Очень большое (прямая утилизация отходов по существующим методам, не требуется отдельных разработок)
Граммовый	Производство небольших объемов для специализированных применений, включая фармацевтику и высокотехнологичные материалы	Разнообразные методы очистки, включая стандартную хроматографию и кристаллизацию	Большое (утилизация начинает играть роль в теоретическом рассмотрении, но управление отходами не критично)
Килограммовый	Пилотное производство и малые партии продукции для промышленности и научных исследований	Более масштабные методы, такие как фильтрование через адсорбенты, центрифугирование и специализированная перегонка	Умеренное (требуется начальный уровень управления отходами)
Микротоннажный	Производство значимых количеств в год, включая специальные вещества и промежуточные продукты	Промышленные методы очистки, включая фильтрацию и осаждение	Меньшее количество (управление отходами становится более значимым)
Малотоннажный	Производство экологически значимого объема продукции, включающее широкий ассортимент химических веществ для различных отраслей	Автоматизированные методы очистки с меньшим количеством стадий	Меньшее количество (требуется резкое уменьшение количества отходов, эффективное управление отходами становится необходимо)
Среднетоннажный	Производство крупного объема, включая химические продукты для различных промышленных процессов	Ограниченный набор эффективных методов очистки, например, непрерывная дистилляция, адсорбция	Малое (строгий контроль и управление отходами критичны)
Крупнотоннажный	Массовое производство основных химических веществ и материалов, необходимых для широкого спектра промышленных применений	Практичные и эффективные непрерывные методы, минимизирующие отходы, например, фильтрация или различные варианты ректификации	Минимальное (управление отходами играет важнейшую роль для минимизации воздействия на окружающую среду)

^a Приводятся примерное описание в сравнительном ключе, параметры и методы могут значительно варьироваться в зависимости от рассматриваемого процесса.

^b Удельное количество отходов на единицу продукции.

Таблица 3. Ключевые факторы развития рассмотренных масштабных областей синтеза.^а

Масштаб синтеза	Количество (и тип) исследователей	Объем (и тип) финансирования	Объем (и источники) информации
Миллиграммовый	Очень много (академический сектор, институты и университеты)	Средний / Большой^б (гранты и научные фонды)	Очень большой (научные публикации и статьи в международных журналах)
Граммовый	Очень много (академический сектор, институты и университеты)	Средний / Большой^б (Гранты и научные фонды)	Очень большой (научные публикации и статьи в международных журналах)
Килограммовый	Много (академический сектор, институты и малые компании)	Средний (гранты и договоры с компаниями)	Большой (статьи и патенты от инженерных и технологических лабораторий)
Микротоннажный	Мало (варьируется)	Малый-средний (варьируется)	Малый и очень малый (варьируется)
Малотоннажный	Мало (варьируется)	Малый-средний (варьируется)	Малый и очень малый (варьируется)
Среднетоннажный	Много (компании и промышленные предприятия)	Большой (промышленность и государственная поддержка)	Средний (патенты и научные статьи)
Крупнотоннажный	Много (компании и промышленные предприятия)	Очень большой (промышленность и государственная поддержка)	Средний (патенты и научные статьи)

^а Приводятся примерные характеристики сравнительного оценочного характера, которые могут значительно варьироваться в зависимости от конкретной ситуации и рассматриваемого исторического периода.

^б Объем финансирования зависит от уровня поддержки фундаментальной науки и испытывает влияние множества факторов; для российской науки можно классифицировать как средний или близкий к нему.

с большим удельным количеством отходов, но по мере увеличения масштаба производства предпочтение отдается более простым, экономичным и экологически безопасным методам очистки, что снижает воздействие на окружающую среду и улучшает экономичность / устойчивость процессов.

Крупные производства требуют намного более эффективных процессов с меньшим воздействием на окружающую среду, что приводит к выбору таких методов очистки, которые обеспечивают хорошие экономические параметры и меньшее удельное количество отходов, сохраняя при этом необходимые стандарты качества и безопасности получения продукции. Эти изменения также способствуют снижению энергопотребления и улучшению управления экологической нагрузкой.

Инструменты для разработчика и их доступность

На уровне миллиграммового и граммового синтеза активно задействовано большое количество научных сотрудников в лабора-

ториях по всему миру (табл.3). На килограммовом уровне исследования ведут инженерные и технологические лаборатории в университетах и исследовательских институтах со средним количеством вовлеченных исследователей. В то время как на микро- и малотоннажных уровнях исследователей значительно меньше из-за более узкой специализации и меньшего числа проектов (рис. 1Б). На средне- и крупнотоннажных уровнях количество исследователей снова возрастает, так как эти масштабы часто включают частные компании и заводские лаборатории крупных производств, а среди персонала увеличивается количество лаборантов и инженерно-технических работников (ИТР).

Сравнение зависимости объема финансирования от масштаба химического синтеза (табл.3) демонстрирует, что научные исследования в малых масштабах эффективно поддерживаются за счет грантов и научных фондов (государственных или частных). Килограммовый масштаб в хорошей степени обеспечен работой исследователей в инженерных и технологических лабораториях за счет грантов и договорных работ.

Микро- и малотоннажный синтез требуют сравнительно небольших инвестиций, если само производство может осуществляться на уже существующих стандартных перенастраиваемых линиях, но требуют существенных расходов собственно на разработку и реализацию процесса. Если указанные технологические линии отсутствуют, инвестиции для создания производств такой продукции сложно получить ввиду малых объемов, ограниченной рентабельности, высокого уровня рисков и конкуренции (рис.1В). Это подчеркивает роль диверсифицированного финансирования в развитии и масштабировании химического производства, а также важность финансовой поддержки на разных этапах исследований и разработок.

Масштабное производство на уровне средне- и крупнотоннажного синтеза требует значительных инвестиций от промышленных компаний. Здесь, как правило, используется существенно больший объем финансирования как за счет собственных средств компаний, так и заемного внешнего финансирования. Последнее облегчено при потенциальной инвестиционной привлекательности подобных проектов.

Доступность и типы источников информации варьируются в зависимости от масштаба синтеза (табл.3). На небольших масштабах и передовом уровне фундаментальной науки исследовательская активность высока, что приводит к большому количеству публикаций. По мере увеличения масштаба исследовательский интерес может снижаться, и информация чаще появляется в форме патентов и промышленных исследований, а в случае высокорентабельных новых продуктов в виде «ноу-хау». В итоге это приводит к минимальному объему доступной информации в области разработок малотоннажных и микротоннажных процессов и принципиальным оказывается вопрос доступа к конкретной технологической документации и наличие специалистов, работающих в соответствующей области (рис.1Г). На уровне средне- и крупнотоннажного синтеза количество информации частично восстанавливается из научных статей и патентов, хотя и здесь принципиально важные особенности технологий оказываются «за бортом» открытых публикаций

Заключение

Микро- и малотоннажные масштабы синтеза химических соединений занимают уникальное положение в научном и промышленном мире, служа мостом между фундаментальными исследованиями и их практическим применением. В этих масштабах осуществляется перевод новаторских научных идей и открытий в реальные продукты

и технологии. Исследования в данных диапазонах часто касаются разработки новых материалов, лекарственных препаратов и катализаторов, требующих точного и контролируемого производства малых количеств вещества для тестирования и оптимизации перед масштабированием.

Малотоннажные и микротоннажные процессы играют ключевую роль во многих областях, в частности, в фармацевтике, где требуются высокочистые активные ингредиенты в небольших количествах для разработки лекарств. В биотехнологии они используются для производства специализированных биологически активных соединений. В электронике микротоннажные процессы необходимы для создания материалов с уникальными свойствами, используемых в полупроводниках и нанотехнологиях. Также они важны в химических исследованиях для разработки новых материалов и химических соединений с улучшенными характеристиками.

В силу объективных ограничений и положения минимума по ряду ключевых критериев (рис.1Б – 1Г) в настоящее время развитие микротоннажного и малотоннажного синтеза сталкивается с рядом вызовов:

1. *Недостаток исследователей:* Микро- и малотоннажный синтез требует специализированных знаний и навыков, однако в этих областях задействовано относительно мало специалистов. Это связано с высокой степенью специализации и сложностью процессов.

2. *Ограниченное финансирование:* Проекты в этих областях часто требуют значительных инвестиций в исследования и разработку, однако они не могут привлекать достаточных объемов финансирования из-за высокого уровня рисков и непредсказуемости коммерческого успеха.

3. *Ограниченные источники информации:* Существует относительно мало публикаций и исследований, посвященных микро- и малотоннажному синтезу, что затрудняет обмен знаниями и опытом в этой сфере.

4. *Технические сложности:* Методы, применяемые на граммовом уровне, зачастую не масштабируются с приемлемым экономическим результатом до микро- и малотоннажных объемов, в то время как крупнотоннажные методы еще недоступны или неэффективны на таких малых объемах, создавая промежуточную зону, где стандартные подходы крупно- или среднетоннажной химии напрямую не применимы.

5. *Дополнительные сложности:* регуляторные ограничения и стандарты безопасности, которые могут быть строже из-за требований высокой чистоты, специфичности продуктов, объема отходов и ряд других.

В качестве неотъемлемых мер для ускоренного развития микротоннажного и малотоннажного синтеза необходимо увеличение финансирования за счет целевых программ поддержки, стимулирование сотрудничества между академическими и промышленными исследовательскими секторами, разработка стандартов и протоколов для улучшения воспроизводимости, внедрение передовых технологий для повышения эффективности и снижения затрат, а также создание и реализация образовательных программ для обучения и привлечения новых специалистов.

Важно отметить, что технологические решения уменьшения масштаба производства (down-scale) из средне- и крупно-тоннажного в мало- и микро-тоннажный практически отсутствуют. Ключевое значение имеют факторы рентабельности в зависимости от объема производства и различия в методах синтеза / очистки продукта и переработки отходов.

Повсеместно в мировой практике реализуется увеличение масштаба производства (up-scale) из граммового в килограммовые количества и далее в мало- и микро-тоннажный масштаб. Недостаточная поддержка фундаментальных научных разработок негативно сказывается на разработке универсальных и конкурентно-способных процедур производства большого ассортимента разнообразных веществ за короткое время. По опыту мировой практики сфокусированная поддержка фундаментальных исследований и up-scale трансляция синтетических процедур (табл.3) имеют первостепенное значение.

Источники данных и методология анализа

Анализ проведен на основе рассмотрения материалов по научным публикациям, темам, источникам финансирования и трендам химического синтеза в базах данных Google Scholar, Web of Science, Scopus, Elibrary и Pubchem. Для анализа задействованы алгоритмы обработки данных на основе искусственного интеллекта больших языковых моделей (LLM) и генеративного предобученного трансформера (GPT).

Ключевые слова

Органический синтез, микротоннажная химия, малотоннажная химия, промышленное производство, катализ, химическая промышленность

Благодарность

Авторы благодарят к.х.н. Е.Г. Гордеева за помощь с оформлением рисунков.

Цитируемая литература

- [1] Ипатьев В. Н. Каталитические реакции при высоких температурах и давлениях: 1900-1933. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1936. 774 с.
- [2] C. Smith, A. K. Hill, L. Torrente-Murciano, Current and future role of Haber-Bosch ammonia in a carbon-free energy landscape. *Energy Env. Sci.*, 2020, 13, 331–344. DOI: <https://doi.org/10.1039/C9EE02873K>
- [3] O. V. Arzhakova, M. S. Arzhakov, E. R. Badamshina, E. B. Bryuzgina, E. V. Bryuzgin, A. V. Bystrova, G. V. Vaganov, V. V. Vasilevskaya, A. Yu. Vdovichenko, M. O. Gallyamov, R. A. Gumerov, A. L. Didenko, V. V. Zefirov, S. V. Karpov, P. V. Komarov, V. G. Kulichikhin, S. A. Kurochkin, S. V. Larin, A. Ya. Malkin, S. A. Milenin, A. M. Muzafarov, V. S. Molchanov, A. V. Navrotsky, I. A. Novakov, E. F. Panarin, I. G. Panova, I. I. Potemkin, V. M. Svetlichny, N. G. Sedush, O. A. Serenko, S. A. Uspenskii, O. E. Philippova, A. R. Khokhlov, S. N. Chvalun, S. S. Sheiko, A. V. Shibaev, I. V. Elmanovich, V. E. Yudin, A. V. Yakimansky, A. A. Yaroslavov, *Polymers for the future. Russ. Chem. Rev.*, 2022, 91, RCR5062, DOI: <https://doi.org/10.57634/RCR5062>
- [4] A. M. Skundin, O. N. Efimov, O. V. Yarmolenko, The state-of-the-art and prospects for the development of rechargeable lithium batteries. *Russ. Chem. Rev.*, 2002, 71, 329–346, DOI: <https://doi.org/10.1070/RC2002v071n04ABEH000706>
- [5] V. A. Ostrovskii, S. B. Miron, Y. N. Pavlyukova, A chemical technologist's view on import substitution of medicines. *Russ. Chem. Bull.*, 2023, 72, 3037–3051. <https://doi.org/10.1007/s11172-023-4116-3>
- [6] I. P. Beletskaya, V. P. Ananikov, The Reasons Organic Chemistry is Needed for in a Well Developed Country. *Rus. J. Org. Chem.*, 2015, 51, 145–147. DOI: <http://dx.doi.org/10.1134/S1070428015020013>
- [7] V. N. Parmon, N. Y. Adonin, Small-scale chemicals production as promising development direction of organic chemistry in Russia. *Russ. J. Org. Chem.*, 2015, 51, 753–754. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1070428015050322>
- [8] Fine Chemicals: the Industry and Business. Ed. by Peter Pollak. John Wiley & Sons, Inc. 2011.
- [9] C. V. Leeuwen, B. Hansen, J. D. Bruijn, The Management of Industrial Chemicals in the EU. In: C. V. Leeuwen, T. Vermeire (eds) Risk Assessment of Chemicals. Springer, Dordrecht, 2007. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6102-8_12
- [10] I. I. Moiseev, Green chemistry: development trajectory. *Russ. Chem. Rev.*, 2013, 82, 616–623, DOI: <https://doi.org/10.1070/RC2013v082n07ABEH004393>
- [11] N. P. Tarasova, O. M. Nefedov, V. V. Lunin, Chemistry and problems of sustainable development and protection of the environment. *Russ. Chem. Rev.*, 2010, 79, 439–440, DOI: <https://doi.org/10.1070/RC2010v079n06ABEH004149>

МОБИЛЬНЫЕ СПИРТОХРАНИЛИЩА

Первое в России мобильное спиртохранилище контейнерного типа с предустановленным комплексом учёта спирта и спиртосодержащей продукции с передачей данных в ЕГАИС было создано сравнительно недавно, в 2018 году.

Эти модули автоматизированы и оснащены большим количеством различных автономных систем и чем-то напоминают космические аппараты. Внушительный перечень законов и подзаконных актов, различных инструкций и документов, которым должно соответствовать мобильное спиртохранилище и которые регламентируют функционирование этих систем, – ещё одно весомое тому подтверждение.

Чтобы больше узнать о производстве и функционировании этих установок, редакция журнала «Химический эксперт» обратилась к Армену Шагеновичу Агаджаняну, генеральному директору научно-производственной компании «Фарминжиниринг», чья команда проектировщиков и инженеров в 2018 году по заказу известной российской фармкомпания создала на производственных мощностях компании «Неоэнерго» первое в России мобильное спиртохранилище контейнерного типа.



Журнал «Химический эксперт»: *Армен Шагенович, в чём заключаются различия между стационарными и мобильными спиртохранилищами?*

Армен Агаджанян: Этот вопрос можно разделить на две важные части: различия с точки зрения строительства и с точки зрения функционала. В первой части можно с уверенностью сказать, что строительство мобильного спиртохранилища происходит в разы быстрее и дешевле. Кроме того, на предприятиях не всегда есть возможность построить стационарное хранилище. Это связано с отсутствием свободных площадей или нахождением предприятия на арендованных площадках, в рамках технопарков и так далее.

А в технологической части различий нет. И стационарное, и мобильное спиртохранилище выполняют одну и ту же задачу: правильное и безопасное хранение этилового спирта или фармсубстанции спирта этилового, если речь идёт о фармацевтических предприятиях.



Журнал «Химический эксперт»: Почему фармкомпаниям целесообразно обращаться к компаниям – поставщикам мобильных спиртохранилищ?

Армен Агаджанян: Ваш вопрос напомнил мне высказывание Давида Вайса, генерального директора компании Northern Telecom: «В будущем останется два вида компаний – быстрые и мёртвые»...

Так вот. Будущее уже наступило. Особенно в наших реалиях. Сегодня у фармкомпаний открылись возможности, о которых несколько лет назад можно было только мечтать. Сегодня растрачивать время на традиционные решения, связанные с долгим строительством и, как следствие, откладыванием на потом запуска тех или иных лекарств, – непозволительная роскошь. Если сегодня есть свободная ниша, то и занимать её нужно сегодня, в противном случае её займут другие. Запуск нового производства – это всегда сложно и требует больших трудозатрат.

Хранение и учёт фармсубстанции спирта этилового (этанолa) – это маленький, но важный блок в общем объёме задач. Если существуют готовые решения и достаточно большое количество примеров их успешного применения, так зачем же тратить время на долгое, хлопотное и дорогостоящее строительство капитального спиртохранилища?



У нашей команды за плечами более 50 успешных проектов, выполненных для фармацевтических компаний. И всегда эти проекты начинались с обсуждения: строить стационарное спиртохранилище или мобильное.



Журнал «Химический эксперт»: *В каких случаях обращение за мобильными спиртохранилищами можно назвать неизбежным для фармкомпаний?*

Армен Агаджанян: Неизбежность – это всегда плохо. Все хотят иметь право выбора, и вопрос со строительством спиртохранилища не исключение. У фармкомпаний всегда есть выбор: строить стационарное спиртохранилище, мобильное или отказаться от производства определённого вида лекарств в пользу тех, где спирт не используется. Государство чётко обозначило правила игры: оборот фарм-субстанции спирта этилового контролируется через систему ЕГАИС, а хранение фарм-субстанции на производстве должно соответствовать всем требованиям. Исходя из сформированных требований фармкомпания должна иметь комплекс учёта спирта и спирт-содержащей продукции с автоматической системой передачи данных в ЕГАИС, а также условия для правильного и безопасного хране-

ния спирта. Если предприятие может решить эту задачу самостоятельно, то вопрос сам по себе закрыт. Если нет таких ресурсов, то обращение, в частности, в нашу компанию – это не неизбежность, а скорее право выбора и желание делегировать решение поставленной задачи профессионалам.

Журнал «Химический эксперт»: *Как вы оцениваете рынок мобильных спиртохранилищ на сегодняшний день, и от чего он зависит?*

Армен Агаджанян: В 2018 году, когда наша команда впервые собралась для решения частной задачи по созданию мобильного спиртохранилища для одной известной фармацевтической компании, мы были уверены, что это единичный проект. Тогда для нас это был вызов, который мы приняли и реализовали в кратчайшие сроки. Однако буквально через 3–4 месяца к нам стали обращаться различные компании с запросами по созданию подобных мобильных спиртохранилищ, но уже с какими-то иными требованиями. В каждом новом проекте были свои нюансы и нововведения, которые появлялись в ходе общения с заказчиком и в процессе анализа особенностей конкретного производства, норм GMP и так далее.

Затем грянула пандемия, и мы работали круглосуточно, так как вовлечение этилового спирта в различные антисептики и вакцины увеличилось в разы, а инфраструктура для приёма и хранения этанола сильно отставала. Сейчас у нас стабильный портфель заказов от предприятий, которые расширяют

МЫ ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ПЕРВЫЕ, КТО РАЗРАБОТАЛ, СПРОЕКТИРОВАЛ И ПОСТРОИЛ МОБИЛЬНОЕ СПИРТОХРАНИЛИЩЕ КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПА. МЫ ПЕРВЫМИ СТАЛИ ОБОРУДОВАТЬ СВОИ СПИРТОХРАНИЛИЩА СИСТЕМАМИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА. ПЕРВЫЕ И ЕДИНСТВЕННЫЕ, КТО РЕАЛИЗОВЫВАЕТ В СПИРТОХРАНИЛИЩАХ ЧИСТЫЕ ЗОНЫ ПО ТРЕБОВАНИЯМ GMP. НАКОНЕЦ, МЫ ПОСТРОИЛИ САМОЕ БОЛЬШОЕ В РОССИИ МОБИЛЬНОЕ СПИРТОХРАНИЛИЩЕ КОНТЕЙНЕРНОГО ТИПА.

свою номенклатуру, от новых производственных площадок, в том числе пищевых и химических предприятий.

Мы считаем, что положительная динамика роста портфеля заказов у нас сохранится и в будущем. В прогнозах мы исходим из того, что мобильное спиртохранилище – это не только правильное и безопасное хранение спирта и спиртосодержащих продуктов для компании, но еще и показатель уровня культуры производства, на что стали обращать большое внимание. Да, это уже не те изделия, которые мы выпускали несколько лет назад. Сегодня они более сложные, с мощной интеллектуальной начинкой и высоким уровнем автоматизации. Один из наших заказчиков во время круглого стола в ТТП РФ сказал: «Смотришь со стороны – вроде бы обычный контейнер, а внутри как в космическом корабле».

Журнал «Химический эксперт»: *Какова география реализованных вами проектов?*

Армен Агаджанян: По сути – шестая часть земли, на которой находится наша страна. География поставок – вся Россия от Бийска до Санкт-Петербурга. Кроме фармацевтических компаний, наши изделия стоят на станциях переливания крови, на военных предприятиях, на пищевых, на химических и даже на предприятии по утилизации опасных отходов.

Журнал «Химический эксперт»: *Взаимодействуют ли поставщики мобильных установок с фармкомпаниями после поставки им оборудования?*

Армен Агаджанян: Это важный вопрос и ещё один блок в работе с компаниями. Сотрудничество с заказчиком не заканчивается только поставкой оборудования. Напротив, это больше похоже на начало долгой дружбы и взаимодействия. Естественно, есть гарантийные обязательства, в рамках которых мы всегда готовы выехать на объект и провести регламентные работы. Далее мы обеспечиваем также постгарантийное обслуживание. А самое главное – мы ежедневно следим за изменениями в законодательстве и вносим коррективы в случае необходимости. Это могут быть изменения в части учёта спирта или новых требований по пожарной безопасности и много других нюансов. Наши заказчики знают, что в вопросах оборота спирта у них всегда есть мы, готовые решить любые возникающие вопросы. Это очень важно.

Более того, наша компания совместно с ВНИИ государственных информационных систем учёта и маркировки разработали специальный курс для фармацевтических предприятий «ЕГАИС: от А до Я». Обучение проводится в виде трёхдневного вебинара с периодичностью раз в квартал, оно рассчитано на широкий круг специалистов, связанных

РАСТРАЧИВАТЬ ВРЕМЯ НА ТРАДИЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ, СВЯЗАННЫЕ С ДОЛГИМ СТРОИТЕЛЬСТВОМ И, КАК СЛЕДСТВИЕ, ОТКЛАДЫВАНИЕМ НА ПОТОМ ЗАПУСКА ТЕХ ИЛИ ИНЫХ ЛЕКАРСТВ, – НЕПОЗВОЛИТЕЛЬНАЯ РОСКОШЬ.

на фармпредприятиях с приёмкой и учётом спирта. За последние два года обучение прошли более 200 слушателей, среди которых не только специалисты, ответственные за ЕГАИС на предприятии, но и бухгалтеры и даже генеральные директора, желающие самостоятельно разобраться в правилах оборота спирта.

Журнал «Химический эксперт»: *На что вы посоветовали бы обращать внимание при выборе поставщика – поставщика мобильных спиртохранилищ?*

Армен Агаджанян: Самое важное в выборе поставщика – это его компетенции. Зачастую мы сталкиваемся с ситуацией, когда заказчик во главу угла ставит вопросы ценообразования, не учитывая риски, связанные с эксплуатацией спиртохранилища на первых этапах. Говоря о компетенциях, я имею в виду не только портфолио выполненных проектов, хотя это тоже очень важно, но и доверие со стороны солидных компаний – своеобразный маркер, демонстрирующий твой профессионализм и надёжность.

Очень важно при выборе поставщика выяснить, из какой отрасли эта компания пришла в производство спиртохранилищ. Например, я и моя команда начали строить спиртохранилища, так как долгое время занимались комплексами учёта спирта с передачей данных в ЕГАИС и знали проблемы изнутри, а также обладали производственным потенциалом в лице нашего постоянного стратегического партнёра, компании «Неоэнерго». То есть мы обладаем компетенциями, необходимыми и достаточными для правильной реализации проекта, и гарантией прохождения всех проверок со стороны контролирующих органов, в том числе ФС ФАР.

Что греха таить, на рынке существуют компании, которые предлагают услуги по строительству спиртохранилищ фактически по бросовым ценам. У некоторых из них даже есть

НАША КОМПАНИЯ СОВМЕСТНО С ВНИИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УЧЁТА И МАРКИРОВКИ РАЗРАБОТАЛИ СПЕЦИАЛЬНЫЙ КУРС ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ «ЕГАИС: ОТ А ДО Я». ОБУЧЕНИЕ ПРОВОДИТСЯ В ВИДЕ ТРЁХДНЕВНОГО ВЕБИНАРА С ПЕРИОДИЧНОСТЬЮ РАЗ В КВАРТАЛ.

некое портфолио проектов, которое они активно рекламируют... Нам не раз приходилось переделывать такие проекты. А заказчику в итоге – нести существенные затраты. Зачастую такое происходит с компаниями-поставщиками, чья основная деятельность связана с производством обычных контейнеров и бытовок. У них нет компетенций в области оборота спирта, в законодательной сфере, в области GMP и так далее. В итоге такие горехранилища с явными нарушениями, или, как было неоднократно, поставщик получал заказ по результатам тендера по 44 ФЗ, а затем, столкнувшись с реальностью, банально «исчезал». А заказчик в результате оставался без спиртохранилища, но с ворохом проблем.

Журнал «Химический эксперт»: *Существует ли подобное оборудование за рубежом, и если да, то в чём преимущество отечественных производителей?*

Армен Агаджанян: С подобными мобильными спиртохранилищами зарубежного производства мы не сталкивались, так как требования по обороту спирта у них отличаются от наших. Но мобильные решения, связанные с хранением самой различной номенклатуры, начиная от химических веществ, агрохи-

мии, пищевых продуктов и заканчивая хранилищами для литиевых батарей, за рубежом используют очень активно. Это действительно удобно, а самое главное – безопасно. И мы в этом не отстаём. У нас созданы аналогичные хранилища для ЛВЖ, прекурсоров, агрохимикатов. В нашей линейке более 30 готовых решений как для хранения компонентов



**ОДИН ИЗ НАШИХ ЗАКАЗЧИКОВ СКАЗАЛ:
«СМОТРИШЬ СО СТОРОНЫ – ВРОДЕ БЫ ОБЫЧНЫЙ
КОНТЕЙНЕР, А ВНУТРИ КАК В КОСМИЧЕСКОМ
КОРАБЛЕ».**



в таре, так и наливом. Её расширение происходит регулярно и в первую очередь за счёт запросов наших заказчиков.

Недавно мы решали подобную задачу на одном из известных фармпредприятий, которое находится в Санкт-Петербурге. В номенклатуре сырья на этом предприятии появились опасные вещества, которые нельзя было хранить на общем складе. Нужно было менять категоричность всего складского комплекса или создать для опасных компонентов отдельный склад. Выбор был сделан в пользу создания мобильного склада, где были учтены все особенности хранения этих веществ: категоричность помещения, температура, влажность, наличие чистых ламинарных зон, зоны карантина и автоматизированной дозации и тарирования. В итоге наш заказчик сэкономил внушительную сумму, а самое главное – запустил производство в течение 150 календарных дней.

Журнал «Химический эксперт»: *Используют ли отечественные производители мобильных спиртохранилищ зарубежные компоненты?*

Армен Агаджанян: Увы! До сих пор есть компоненты, которые не удаётся заменить российскими аналогами. Но мы работаем над этим: сформулировали проблему для отечественных производителей и подталкиваем их к разработке конкретных компонентов, которые могут заменить зарубежные. У нас есть яркие примеры таких коллабораций, в результате которых были созданы новые изделия. В качестве иллюстрации приведу систему кондиционирования, которая была создана в тесном сотрудничестве с нашими партнёрами, – система во взрывозащищённом исполнении, специально выполненная для использования на фармацевтических предприятиях. Или, к примеру, ламинарные шкафы во взрывозащищённом исполнении, которые мы на эксклюзивной основе устанавливаем в наши спиртохранилища. Работа ведётся, и результаты очевидны.

Журнал «Химический эксперт»: *Ожидаете ли ужесточения со стороны регулятора в этой сфере?*

Армен Агаджанян: Конечно же, хотелось бы сказать, что больше никаких ужесточений не будет, но увы, это не так. Уверен, вы слышали об активных дебатах по вопросу введения акциза на фармсубстанцию спирта этилового. Произойдёт это сейчас или нет, очень сложно сказать. Но мой опыт подсказывает, что дыма без огня не бывает. И если обсуждение вынесено на такой уровень, значит, скорее всего, рано или поздно это произойдёт. Также у меня есть уверенность, что регулятор дойдёт и до производителей парфюмерии и косметики. Не будет двойных стандартов, всех

МЫ ОБЕСПЕЧИВАЕМ ТАКЖЕ ПОСТГАРАНТИЙНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ. А САМОЕ ГЛАВНОЕ – ЕЖЕДНЕВНО СЛЕДИМ ЗА ИЗМЕНЕНИЯМИ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ И ВНОСИМ КОРРЕКТИВЫ В СЛУЧАЕ НЕОБХОДИМОСТИ.

приведут к единым правилам и, скорее всего, это правильно.

Журнал «Химический эксперт»: *В завершение хотелось бы, чтобы вы немного рассказали о компании, о её предыстории и становлении. Что для вас предмет профессиональной гордости?*

Армен Агаджанян: НПК «Фарминжиниринг» была образована в 2022 году той самой командой специалистов, которая стояла у истоков создания первого мобильного спиртохранилища контейнерного типа. Решение вывести это направление в отдельный бизнес было вполне логичным и закономерным. Для нас стало очевидным, что на базе реализованного проекта можно создать довольно широкую линейку разнообразных мобильных хранилищ для различных отраслей экономики.

Мы действительно первые, кто разработал, спроектировал и построил мобильное спиртохранилище контейнерного типа. Мы первыми стали оборудовать свои спиртохранилища системами кондиционирования воздуха. Первые и единственные, кто реализовывает в спиртохранилищах чистые зоны по требованиям GMP. Наконец, мы построили самое большое в России мобильное спиртохранилище контейнерного типа.

Все проекты мы выполняем совместно с компанией «Неоэнерго» – нашим многолетним стратегическим партнёром. Над каждым изделием у нас трудятся более 100 человек. Каждый из них – первоклассный специалист в своей области. Мы собираем проверенные инженерные решения в единый пазл и создаём надёжное, безопасное и работоспособное мобильное спиртохранилище, именно такое, какое ждёт от нас заказчик.

Ошибки в учёте спирта и нарушения правил GMP могут вылиться в громадные штрафы для предприятия, а в некоторых случаях – привести и к полной остановке производства. А цена ошибки в правилах хранения опасных веществ – это человеческие жизни.

Наши инженерные и технические решения защищают предприятия от штрафов и охраняют здоровье и человеческие жизни. Это и есть предмет моей профессиональной гордости!

Журнал «Химический эксперт»: *Достоин уважения! Удачи и успехов вам!*

СИБИРСКИЕ АФИНЫ

Это неофициальное название Томска появилось в конце XIX века. Его связывают с открытием здесь первых университетов, когда город приобрёл статус культурной столицы Сибири.

Тогда, в 1888 году, профессор С. И. Залесский, назначенный заведующим кафедрой медицинской и общей химии в составе медицинского факультета Императорского Томского университета, прочитал первую лекцию «Значение химии для культуры и человечества». Сегодня портрет Станислава Иосифовича Залесского представлен в галерее выдающихся учёных на химическом факультете в Томском государственном университете. Здесь же находится и портрет Ларисы Николаевны Куриной – основателя научной школы в области гетерогенного катализа в ТГУ.



Внук Ларисы Николаевны **Алексей Сергеевич Князев**, выпускник ТГУ, доктор химических наук, директор Инжинирингового химико-технологического центра сегодня исполняет обязанности декана химического факультета ТГУ.

Мы обратились к Алексею Сергеевичу с просьбой рассказать о жизни факультета – его буднях и планах, и об Инжиниринговом химико-технологическом центре, который был образован в 2014 году на базе ТГУ

Князев
Алексей Сергеевич



Залесский
Станислав
Иосифович



Бунтин
Александр
Павлович



Тронов
Борис
Владимирович



Субботина
Юлия Антоновна
первый декан
ХФ ТГУ



Курина
Лариса
Николаевна

Георгий Аркадьевич Хачиян, главный редактор журнала «Химический эксперт» (Г.Х.): *Алексей Сергеевич, расскажите вначале о своих «корнях», которые привели вас в химию.*

Алексей Сергеевич Князев (А.К.): Я представляю уже четвёртое поколение династии учёных-химиков, работавших в томских вузах. Мои прабабушка и прадедушка окончили Менделеевку (РХТУ им. Д. И. Менделеева) и в пятилетку химизации всей страны, которая началась в 1938 году, приехали развивать химию в Томск. Прадед Николай Павлович Курин возглавил одну кафедру в Томском политехе, а прабабушка Геня Абрамовна – другую. Портреты обоих висят в портретной галерее во 2-м корпусе политеха. У прадеда есть ещё обелиск в 10-м корпусе, потому что спустя какое-то время он начал заниматься ядерной физикой и возглавил 43-ю кафедру, которая готовила кадры под строительство СХК (АО «Сибирский химический комбинат» – предприятие в Северске, объединяющее четыре завода атомной промышленности).

Его сын, мой дедушка Михаил Николаевич Курин, также отучился в Москве в РХТУ, вернулся в Томск и возглавил 13-ю кафедру – ту, которая занимается исследованиями на экспериментальном ядерном реакторе. Его жена и моя бабушка Лариса Николаевна приехала из Новосибирска и поступила в Томский госуниверситет на химфак, где потом работала всю жизнь. Руководила кафедрой физической и коллоидной химии, создала лабораторию каталитических исследований. Мама, Елена Михайловна, – преподаватель кафедры общей и органической химии в ТПУ. И мы с братом не стали исключением в нашей семье. Нам интересно заниматься химией, наверное, потому, что это вложено уже на уровне генетики и биохимии.

Г.Х.: Расскажите о вашем детище – Инжиниринговом химико-технологическом центре – ИХТЦ. В какой области преимущественно работает центр?

А.К.: Наш инжиниринговый центр с момента создания и до сих пор специализируется на масштабировании химических технологий. Он обладает уникальным набором компетенций, позволяющим в разумные сроки довести лабораторную разработку до проекта и промышленного производства.

Мы умеем создавать новые химические технологии на базе научных результатов, воплощая их в серийный, востребованный рынком продукт. У нас есть то, чего недостаёт университетам и промышленным предприятиям. Это химики-моделисты, это профессиональные маркетинговые аналитики, конструкторы, это специфические технологи, которые могут создавать и эксплуатировать пилотные установки как будущие прообразы химических производств. Стараемся быть в этом максимально компетентными.

НАШ ИНЖИНИРИНГОВЫЙ ЦЕНТР С МОМЕНТА СОЗДАНИЯ И ДО СИХ ПОР СПЕЦИАЛИЗИРУЕТСЯ НА МАСШТАБИРОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ. ОН ОБЛАДАЕТ УНИКАЛЬНЫМ НАБОРОМ КОМПЕТЕНЦИЙ, ПОЗВОЛЯЮЩИМ В РАЗУМНЫЕ СРОКИ ДОВЕСТИ ЛАБОРАТОРНУЮ РАЗРАБОТКУ ДО ПРОЕКТА И ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА. МЫ УМЕЕМ СОЗДАВАТЬ НОВЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА БАЗЕ НАУЧНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, ВОПЛОЩАЯ ИХ В СЕРИЙНЫЙ, ВОСТРЕБОВАННЫЙ РЫНКОМ ПРОДУКТ.

Г.Х.: *В каком соотношении разработки переходят реально в производство?*

А.К.: Ежегодно ИХТЦ масштабирует порядка десяти химических технологий. В настоящее время химики ТГУ совместно с ИХТЦ вышли на масштабирование в среднем около 20 технологий в год. Новые технологии отрабатываются и внедряются совместно с такими компаниями, как «Лукойл», «Росатом», «Ростех», «Газпром-нефть» и другими.

Одновременно выводим на рынок 5–8 продуктов. Практика показывает, что где-то процентов восемьдесят наших разработок «видят свет». За 9 лет мы отработали где-то 60 технологий. Из них половина внедрена и ещё приблизительно тридцать процентов находится на стадии внедрения. При этом бывает так, что к какой-то разработке заказчик теряет интерес, но проходит время, меняется экономическая ситуация, и он возвращается к ней снова.

Г.Х.: *Отслеживаете ли судьбу разработок?*

А.К.: Конечно. Нам самим важно знать, удалось ли в итоге коммерциализовать нашу разработку или разработку, в которой мы принимали участие. Позитивный результат усиливает наш референс-лист.

Г.Х.: *ИХТЦ совместно с компанией «НОВО-ХИМ» строит в Томске центр малотоннажной химии. На каком этапе находится сейчас строительство?*

А.К.: Могу сказать, что мы давно уже поняли, что размер имеющегося цеха нас не устраивает, и в прошлом году многим нашим заказчикам отказали в контрактации, потому что понимали: у нас просто не хватит места для размещения установок, необходимых для работы с ними. В позапрошлом году мы начали проектирование нескольких инфраструктурных объектов для организации центра малотоннажной химии среднего размера. Сейчас он размером 10 гектаров. Это территория промышленного парка Томской области. Там можно заниматься химическим производством: он находится за границами санитарно-защитной зоны «Томскнефтехима». На территории есть газовая труба большого диаметра, подведено электричество, водоснабжение, водоотведение. В общем-то, нормальная промышленная площадка, где сейчас практически нет соседей, кому бы мы мешали и кто бы мешал нам. Сейчас мы строим всю инженерную инфраструктуру и уже проектируем, строим несколько цехов, где размещаем малотоннажное химическое производство.



Г.Х.: *Расскажите о текущей работе и планах ИХТЦ.*

А.К.: В настоящее время ИХТЦ ведёт ряд проектов по организации нескольких производств микроэлектроники. Это одна из стратегических важных отраслей для России. Мы взяли на себя большие обязательства: у нас в работе получение 10 макромолекул – это газы, растворители, металлоорганика и другие вещества, необходимые для производства отечественной микроэлектроники, в частности, для травления плат, производства чипов для банковских карт, компоненты растворителей для буферных растворов и прочего.

Учёные химического факультета ТГУ и Инжинирингового химико-технологического центра создали конструкции, которые служат важной составляющей системы безопасности авиалайнера, – конвертеры озона и генераторы кислорода. Благодаря этому в августе 2023 года российский суперджет с первыми отечественными конвертерами совершил успешный тестовый полёт. Сейчас конвертеры уже запущены в промышленное производство на площадке ИХТЦ в Новосибирске.

В 2024 году ИХТЦ планирует поставить партию из 44 конвертеров для 22 российских самолётов. Большая часть изделий уже изготовлена. В настоящее время конвертеры для новых российских самолётов проходят испытания в Тамбове на базе Росхимзащиты. Основные испытания проводятся в московском ОКБ «Кристалл».

Ещё один проект химиков ТГУ и ИХТЦ – это бета-пропиолактон, инактиватор вируса для вакцин. Разработка отечественной технологии была завершена в 2023 году на базе лаборатории органического синтеза ТГУ, отработка велась на опытно-промышленной установке ИХТЦ на площадке строящегося Центра малотоннажной химии в Томской области. Производство опытных партий отечественного бета-пропиолактона начнётся в 2024 году с последующим переходом к масштабному производству на базе крупных промышленных предприятий России.

Г.Х.: *Химический факультет Томского университета за вековую историю обогатил нашу науку яркой плеядой выдающихся учёных и почти сто лет готовит высококлассных специалистов для химической индустрии страны. А как обстоят дела сейчас? Как много желающих сегодня поступить на ваш факультет и связать своё будущее с химией? Что делаете для того, чтобы молодые и талантливые абитуриенты приходили изучать химию?*

А.К.: Томск – интересный город. В XIX веке он стал образовательным и научным центром Сибири: в конце столетия возникло два крупных образовательных учреждения, Томский



государственный и Томский политехнический университеты. Сейчас здесь шесть университетов и порядка 67 тысяч студентов из многих городов России и нескольких десятков стран. Около 70% студентов уезжают, получив в Томске образование по самым разным специальностям. И химия не исключение.

Памятник основателям Томского университета «Профессорам В.М.Флоринскому и Д.И.Менделееву от благодарных сибиряков»

Химический факультет, которым я руковожу, ежегодно принимал порядка 90–95 человек. Вместе с постоянно растущими запросами отрасли мы увеличиваем и контрольные цифры приёма на факультет. В этом году планируем набрать 120 абитуриентов на первый курс. Несмотря на сокращение в школах количества уроков по химии и закручивание гаек с ЕГЭ, что приводит к снижению количества сдающих ЕГЭ по химии, тем не менее интерес к химии есть. Чтобы купировать негативные тенденции, наш факультет стал проводить профориентационную работу с учащимися школ Томска, Красноярска, Кемеровской области, Новосибирска и ряда других сибирских городов.





Мы, как никто другой, хорошо понимаем, что без химиков много чего перестанет работать. Это подтверждает и наш Инжиниринговый химико-технологический центр (ИХТЦ), который сигнализирует о растущем потоке значительных инвестиций в химическую промышленность. ТГУ и Томский политех сейчас наращивают количество обучающихся химии. Вполне вероятно, что число выпускников-химиков в Томске увеличится с нынешних 220–250 до 500–600 человек в обозримом будущем.

Г.Х.: *Вы отслеживаете судьбу выпускников? Сколько из них остаются в отрасли?*

А.К.: Не только отслеживаем, но и участвуем в трудоустройстве. Для этого на факультете есть сотрудник, который курирует этот процесс.

На последних курсах помогаем нашим студентам грамотно составить резюме: указать все дополнительные курсы, которые они прошли, на каком оборудовании обучались, как называлась курсовая работа и т.д., чтобы работодателю было «видно» будущего сотрудника. Ежегодно, по традиции – в апреле, мы проводим ярмарку вакансий, на которую приезжают несколько десятков промышленных химических предприятий. Студенты старших курсов встречаются с потенциальными

Я НЕ УСТАЮ ПОВТОРЯТЬ РЕБЯТАМ: УВАЖАЕМЫЕ СТУДЕНТЫ, ВЫПУСКНИКИ, ВЫ ПОЛУЧИЛИ ОЧЕНЬ СЛОЖНОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ, У ВАС ОЧЕНЬ РАЗВИТЫЕ ГОЛОВЫ, БЕРЕГИТЕ ИХ И УСТРАИВАЙТЕСЬ РАБОТАТЬ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ, ПОЖАЛУЙСТА. ВЫ «РЕДКИЙ ВИД ЧЕЛОВЕКА С ХИМИЧЕСКИМ ОБРАЗОВАНИЕМ», ВЫ ОЧЕНЬ НУЖНЫ ПРЕДПРИЯТИЯМ.

работодателями, обсуждают трудоустройство, различные программы стажировок и производственных практик. Многие здесь получают приглашения на работу или даже сразу трудоустраиваются.

Сотрудник, который отслеживает трудоустройство наших выпускников, обзванивает каждого персонально и выясняет, куда он устроился и нужна ли ему помощь. В случае возникновения сложностей у выпускников помогаем им с трудоустройством.

Такие нехитрые, несложные меры позволяют достичь 90–95% трудоустройства по нашей специальности.

Я не устаю повторять ребятам: уважаемые студенты, выпускники, вы получили очень сложное химическое образование, у вас очень развитые головы, берегите их и устраивайтесь работать по специальности, пожалуйста. Вы «редкий вид человека с химическим образованием», вы очень нужны предприятиям. У меня много партнёров в разных городах нашей страны и за её пределами, и я готов помочь вам найти хорошую работу.

Г.Х.: *Отрадно слышать такое. Куда больше идут студенты? В нефтехимию, в фарму или сферу аналитики? Вы располагаете такой статистикой?*

А.К.: В предыдущем потоке мы выпустили примерно 75 человек. Они трудоустроились на 20–25 предприятиях. Многие пошли работать лаборантами химического анализа в нефтегазовой сфере и в разных производственных компаниях. Несколько человек ушли в фармацевтику.

Очень много выпускников уехали в Новокузнецк к партнёрам нашего факультета, в динамично развивающуюся компанию АО «Органика» (занимается производством субстанций и готовых лекарственных средств), которая уже на старте предлагает нашим химикам очень хорошие условия.

Примерно 10–15 выпускников остались на факультете. Они решили посвятить себя науке и образованию. А после защиты диссертации и получения степени кандидата химических наук смогут и преподавать у нас. Многих наших ребят забрала к себе Академия наук, где сейчас также привлекательные условия.

В апреле 2023 года на нашу ярмарку вакансий приехали представители 12 компаний, которые в сумме запросили 700 человек. А выпустили мы тогда как я уже сказал, 75 специалистов.

Мы пытаемся понять, сколько химиков вообще в стране выпускается, но нигде нет такой статистики. По очень грубым и приближённым расчётам их количество колеблется в диапазоне: от 7 до 15 тысяч человек ежегодно. Хотя потребности компаний, которые сейчас инвестируют в химическую промышленность,

ленность, превышают эти цифры. А если ещё принять в расчёт инвестиционные планы по Усолью-Сибирскому и по другим существующим направлениям, то дополнительно к существующему числу выпускников в стране, необходимо выпускать ещё порядка 50 тысяч химиков.

Г.Х.: Но где же брать эти 50 тысяч выпускников-химиков? У вас открылось новое направление – магистерская программа «Цифровая химия». Могут ли цифровизация производства, роботизация, Индустрия 4.0, искусственный интеллект и так далее решить проблему кадров – и вместо 50 тысяч уже через некоторое время хватит и 5 тысяч химиков?

А.К.: Пока что я не встречал «беспилотные» химические фабрики. Но если гипотетически представить себе такое, то подозреваю, что долго они не прожили бы.

Цифровой химик – это специалист, способный рассчитать молекулу нового вещества, технологический процесс его создания, новый прибор или целое предприятие. Это достаточно уникальные специалисты, их сильно не хватает в стране. Именно они во многом будут определять развитие и будущее химии.

Магистерская программа «Цифровая химия» создана для обучения специалистов в области математического моделирования и инженерного анализа. Программа вобрала в себя и классическое, и инженерное образование: мы учим людей, с одной стороны, моделировать и рассчитывать процессы аппарата, а с другой – даём фундаментальные знания. Студенты погружаются в производственный процесс благодаря очень плотному контакту с нашими промышленными партнёрами.

Программа даёт возможность за два года вырастить химика от базового уровня до высококвалифицированного химика-математика, овладевшего узкими профессиональными компетенциями в инжиниринге, моделировании и проектировании. Мы приглашаем выпускников из классических и инженерных вузов, химических факультетов и учим основам математического моделирования процессов и аппаратов с использованием программных пакетов Aspen, на который у нас есть актуальная образовательная, а у ИХТЦ – коммерческая лицензии. Все они легальные и оплаченные.

«Цифровая химия» включает большое количество практических занятий. Слушатели учатся сначала моделировать в лаборатории, а затем переходят на оборудование в цеха на объектах наших промышленных партнёров. Например, моделирование водоподготовки. Фильтрация, обратный осмос, фильтрация через систему сорбентов, вкладываем всю математику по сорбции через уголь, диатомит

ЦИФРОВОЙ ХИМИК – ЭТО СПЕЦИАЛИСТ, СПОСОБНЫЙ РАССЧИТАТЬ МОЛЕКУЛУ НОВОГО ВЕЩЕСТВА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ЕГО СОЗДАНИЯ, НОВЫЙ ПРИБОР ИЛИ ЦЕЛОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ. ЭТО ДОСТАТОЧНО УНИКАЛЬНЫЕ СПЕЦИАЛИСТЫ, ИХ СИЛЬНО НЕ ХВАТАЕТ В СТРАНЕ. ИМЕННО ОНИ ВО МНОГОМ БУДУТ ОПРЕДЕЛЯТЬ РАЗВИТИЕ И БУДУЩЕЕ ХИМИИ.

и прочее, считаем эту колонну, а потом приходим в компанию-партнёр, которая делает производство водоподготовки, и там отработываем. Или же считаем колонну, разгоняющую масло, подвергнутое гидроочистке, и тут же едем в ИХТЦ в цех и на этой колонне её отработываем. После этого сверяемся с математической моделью.

Чтобы максимально приблизить наших студентов к жизненным реалиям, сейчас мы создаём даже специальное образовательное пространство с колоннами, реакторами, экструдерами и прочими вещами, где будем учить работать на полупромышленном оборудовании.

Г.Х.: Я стараюсь не пропускать выставки в России и за рубежом, где представлены технологии, связанные с Индустрией 4.0. По моим наблюдениям, количество разработок виртуальной и дополненной реальности, представленных на стендах компаний, из года в год увеличивается в геометрической прогрессии. В основном это технологии, связанные с обучением. Ведь производство стало настолько высокотехнологичным, что допустить неопытного человека к оборудованию весьма опасно. Его сначала обучают в формате виртуальной реальности, а затем уже он применяет приобретённые навыки



в реальности без каких либо оговорок – на действующем производстве. Индустрия развивается стремительно. Ощущают ли её темп ваши студенты?

А.К.: Безусловно. Использование иммерсивных технологий в процессе обучения коснулось и наших студентов.

Нам интересно, что можно сделать с помощью VR/AR-технологий и как. Например, посчитать какую-нибудь колонну или аппарат и в 3D-очках посмотреть, что происходит внутри – как это выглядит – как модель материализуется через такую технологию. Это мы делаем уже сегодня. Пробуем визуализировать, чтобы в дальнейшем наши слушатели могли создавать различные виртуальные тренажёры, на которых можно будет тренироваться пускать заводы или действовать в режиме аварийных ситуаций. Мы с большим интересом изучаем опыт в этой области. За хайпом не гонимся: мы понимаем, что именно нам нужно, и стараемся в этом направлении развиваться и учить наших студентов.

Г.Х.: *Что важно обязательно привить студенту в процессе обучения?*

А.К.: Важно как можно раньше понять, в каком направлении и где хочет работать студент. Тогда можно будет вовремя скорректировать образовательную траекторию, добавить необходимые курсы, верно выбрать тематики курсовых и дипломных работ. Руководствуясь этими принципами, мы ведём студентов к выпуску, что позволяет каждому получить максимально интересную и перспективную для него работу ещё в процессе обучения (предложение о работе после прохождения практики).

Г.Х.: *А что нужно изменить, от чего отказаться или что привнести на сам химический факультет ТГУ?*

А.К.: Необходимо увеличивать соотношение «преподаватель – студент», чтобы на одного студента приходилось больше преподавателей. Нужно вернуть все утраченные образовательные модули: например, стекловидное направление, различные лабораторные работы, которые требуют специфическое оборудование. Дать студентам больше возможностей работать на современном химическом оборудовании. Например, на кафедре аналитической химии ввести в основной образовательный курс обучение газофазной хроматографии.

Г.Х.: *Как совмещается фундаментальная и прикладная наука на факультете?*

А.К.: Одно из основных требований к нашим научным лабораториям – это сохранение паритета между фундаментальными и прикладными исследованиями. Перекося не долж-

но быть. С одной стороны, важно разбираться, как работают химические законы и как взаимодействуют вещества и превращаются друг в друга, а с другой стороны, нужно понимать, что для успешного развития науки любое исследование или разработка должны иметь прикладное значение и быть в состоянии решать конкретную задачу для химпрома.

Г.Х.: *Очень важное замечание про связь науки и практики. Ещё полвека назад на это обращали внимание академик Овчинников Юрий Анатольевич, выдающийся советский учёный-биохимик, основоположник отечественной биоорганической химии и биотехнологии и легендарный министр советского химпрома (заместитель председателя Совета Министров СССР) Леонид Аркадьевич Костандов. Прочитую их.*

Юрий Анатольевич Овчинников: «Нельзя считать свой труд законченным после публикации в научном журнале – его ещё следует довести до такого состояния, чтобы значение работы для производства стало очевидным».

Леонид Аркадьевич Костандов: «Каждый учёный должен стремиться увидеть в своей работе черты, делающие её необходимой для практики. Увидеть – и показать другим». Вот такая связь науки и практики, а ещё и связь времён.

В одном из ближайших выпусков мы опубликуем на страницах нашего журнала материал, где можно будет полностью прочитать диалог этих выдающихся людей, в котором и прозвучали эти слова.

Возвращаясь на химический факультет ТГУ, хочу спросить вас о сотрудничестве с вузами страны. Существует ли конкуренция?

А.К.: Спасибо за ваш комментарий. Очень рад, что моя позиция созвучна с отношением к связи науки и практики выдающихся отечественных деятелей науки. С удовольствием прочитал публикацию, о которой вы упомянули.

Говоря о сотрудничестве и конкуренции, хочу подчеркнуть, что, по моему мнению, в сфере образования в отличие от бизнеса конкуренция не служит движущей силой. Наоборот, сильнее нас делает сотрудничество – взаимодействие и обмен лучшими практиками, опытом. Во время частых рабочих поездок я стараюсь встречаться с коллегами из университетов. Всегда узнаю, что-то новое для себя и с удовольствием делюсь нашими новостями, планами и опытом.

Наш университет – участник программы по созданию пилотного образования после выхода из Болонской системы. Три образовательные программы нашего факультета входят в этот проект. Фактически государство поручило нам разработать новые образователь-

ные программы, которые станут лекалом для других химических вузов. Поэтому у нас сложная и ответственная миссия. Мы должны проанализировать образовательные программы – нашу и наших коллег – и совместно поработать над созданием химического образования, которое отвечало бы современным тенденциям. Это не значит, что образование в СССР было плохим. Оно было хорошим, но сегодня мы должны усовершенствовать его с учётом новых знаний, современных тенденций и обстоятельств.

Поэтому мы стараемся усилить и углубить существующее сотрудничество с коллегами.

Г.Х.: *А как складываются отношения с зарубежными вузами?*

А.К.: У нас есть несколько примеров взаимодействия с иностранными университетами. Несмотря на долгую историю сотрудничества с ними, нельзя сказать, что оно носит системный характер, я бы не назвал их системными.

Ежегодно один-два наших химика поступают на программу двойных дипломов с французским университетом химии ParisTech. С северо-китайским университетом у нас действует программа бакалавриата в формате 3+1: в течение трёх лет наши преподаватели обучают китайских студентов дистанционно и ещё один год занятия для студентов из Китая проходят очно в стенах ТГУ.

Сотрудничество происходит и в научной сфере. Например, с индийским университетом мы совместно работаем в проекте по получению глюконовой кислоты, которая используется для зелёного водорода. Её электролиз даёт большие концентрации чистого водорода. Конечно, было много взаимоотношений с европейскими и американскими вузами, которые в течение уже двух лет не поддерживаются. Перестраиваемся. В мире существует большое количество университетов, готовых работать совместно с нами. Безусловно, мы поддерживаем международные взаимоотношения, но понимаем, что сейчас наши компетенции прежде всего нужны для страны.

Г.Х.: *В завершение хочу спросить вас про Эндаумент-фонд. Химический факультет Томского государственного университета один из немногих в России имеет собственный целевой капитал, с чем связано появление «своего» фонда?*

А.К.: Наш фонд был сформирован в 2021 году на базе специализированного Фонда управления целевым капиталом (Эндаумент-фонда) ТГУ и получил название «Химия будущего». Благотворителями, которые пополняют целевой капитал химического факультета ТГУ, выступают учёные, преподаватели, студенты, выпускники и промышленные партнёры факультета.



Для нас целевой капитал – один из эффективных способов закрепления и поддержки традиций. Это тот самый ресурс, который сегодня и через несколько лет будет обеспечивать все инициативы: мотивацию студентов, поощрение за их вклад в науку, вознаграждение преподавателей.

На недавнем заседании попечительского совета и правления Эндаумент-фонда были учреждены шесть новых стипендий для студентов химфака.

Таким образом, в настоящее время на химическом факультете ТГУ семь дополнительных стипендий, включая первую, учреждённую в честь учёного химического факультета ТГУ, основательницы школы катализа Ларисы Николаевны Куриной. Две из недавно учреждённых стипендий именные и учреждены в честь учёного-химика и педагога, бывшего ректора ТГУ (1954–1960) Александра Павловича Бунтина и известного учёного-химика Бориса Владимировича Тронова, внёсшего большой вклад в изучение алтайских ледников.

Когда придёт время передать пост декана, я буду спокоен за факультет, потому что у нового руководителя всегда будет механизм и финансы для поддержания инициатив химфака. Для партнёров и выпускников химического факультета целевой капитал – это абсолютно понятный механизм поддержки факультета. Не приходится даже объяснять, за чем и почему. И очень радует, что сегодня и студенты нашего химфака приобщаются к его развитию

Редакция журнала выражает благодарность Алине Малышкиной, руководителю PR-отдела Инжинирингового химико-технологического центра за креативность и помощь в подготовке материала и предоставленные фотоматериалы.

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

для оценки и обеспечения радиационной безопасности

На химическом факультете МГУ имени М.В. Ломоносова существует и активно развивается лаборатория дозиметрии и радиоактивности окружающей среды (ДиРОС).

Исторически основными задачами лаборатории были разработка методов радиационного контроля, в том числе индивидуального дозиметрического контроля в радиационно загрязнённых местах и методов анализа и оценки содержания радионуклидов в объектах окружающей среды (вода, воздух, почва, растительность, животные и т.п.), что стало чрезвычайно актуально после аварии на Чернобыльской АЭС (26 апреля 1986 г.).

Заведующими лабораторией были к.х.н. Власов Вячеслав Клавдиевич, д.х.н. Сапожников Юрий Александрович, акад. Калмыков Степан Николаевич, а в настоящее время – к.х.н. Петров Владимир Геннадиевич.

За годы существования область задач лаборатории существенно расширилась и из неё сформировались три новых лаборатории: радиофармацевтической химии (зав. лаб. акад. С.Н. Калмыков), химической физики f-элементов (зав. лаб. к.х.н. П.И. Матвеев) и межкафедральная лаборатория интеллектуального химического дизайна (зав. лаб. к.х.н. А.А. Митрофанов).

Сегодня задачи лаборатории ДиРОС условно можно разделить на следующие направления: новые материалы для дозиметрического контроля, анализ содержания природных и техногенных радионуклидов в различных объектах как природного происхождения, так и искусственно созданных (строительные материалы, инженерные барьеры безопасности и др.), исследование миграционного поведения радионуклидов, ядерная криминалистика, безопасное обращение с радиоактивными отходами. Кратко расскажем о каждом из направлений. Сразу стоит отметить, что проведение таких междисциплинарных исследований требует привлечения специалистов из разных областей: радиохимия, органическая химия, аналитическая химия, неорганическая химия, физическая химия, геология, география, почвоведение, биология, биохимия, химическая технология, методы вычислительной химии и др. Поэтому многие исследования проводятся в сотрудничестве с другими лабораториями и кафедрами химического факультета, факультетами МГУ, университетами, институтами РАН, институтами и предприятиями Росатома, а также с зарубежными коллегами.



Петров Владимир Геннадиевич, к.х.н., доцент, зав. лабораторией дозиметрии и радиоактивности окружающей среды (кафедра радиохимии, химический факультет), и.о. зав. отделом изотопного анализа НИИ ФХБ им. А. Н. Белозерского МГУ им. М. В. Ломоносова

Ионизирующее излучение, сопровождающее любой радиоактивный распад, способно разрушить связи в молекулах, которые могут без каких-либо последствий восстановиться, а могут и не восстановиться или восстановиться неправильно. В двух последних случаях это может привести к самым пагубным последствиям для живого организма (от отдалённых рисков возникновения онкологических заболеваний до быстрого смертельного исхода). Поэтому необходим постоянный контроль мощности поглощённой энергии ионизирующего излучения в зависимости от его природы (альфа-, бета-, гамма-излучение) и органа, куда это излучение попало. Для оценки такой дозы излучения используют материалы, которые способны накапливать энергию в виде дефектов электронной структуры, а затем переводить эту запасённую энергию в видимый свет при нагревании.

Такой метод называется термолюминесцентной дозиметрией, и в нашей лаборатории проводятся разработки и исследования подобных материалов. С другой стороны, ионизирующее излучение разрушительно действует и на неживые объекты, которые подвергаются постоянному действию, например, космического излучения. В частности, речь

идёт о солнечных батареях, которые служат основными элементами питания для космических аппаратов (для аппаратов, которые находятся там, где солнечного света ещё достаточно). Поэтому, помимо эффективного преобразования солнечного света в электроэнергию, такие материалы должны обладать и достаточной радиационной стойкостью. В лаборатории мы помогаем коллегам, занимающимся разработкой солнечных батарей, исследовать процессы, происходящие в материалах под действием ионизирующего излучения (Рис.1), а также совместно с коллегами из межкафедральной лаборатории интеллектуального химического дизайна занимаемся развитием методов для теоретического предсказания радиационной стойкости различных материалов.

АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ И ПУТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ИГРАЕТ КЛЮЧЕВУЮ РОЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА. В ЛАБОРАТОРИИ ДИРОС ПРОВОДЯТСЯ РАЗРАБОТКИ НОВЫХ МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В УЛЬТРАНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ.

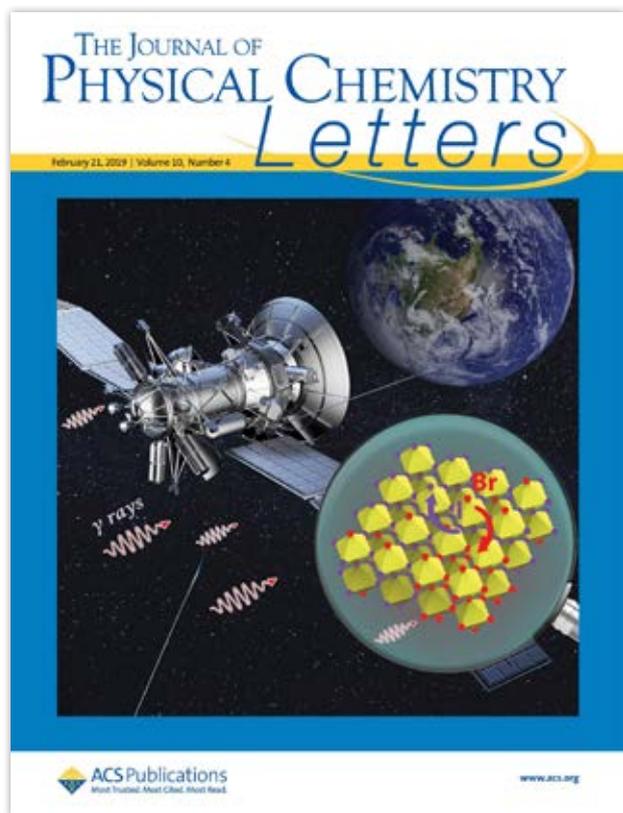
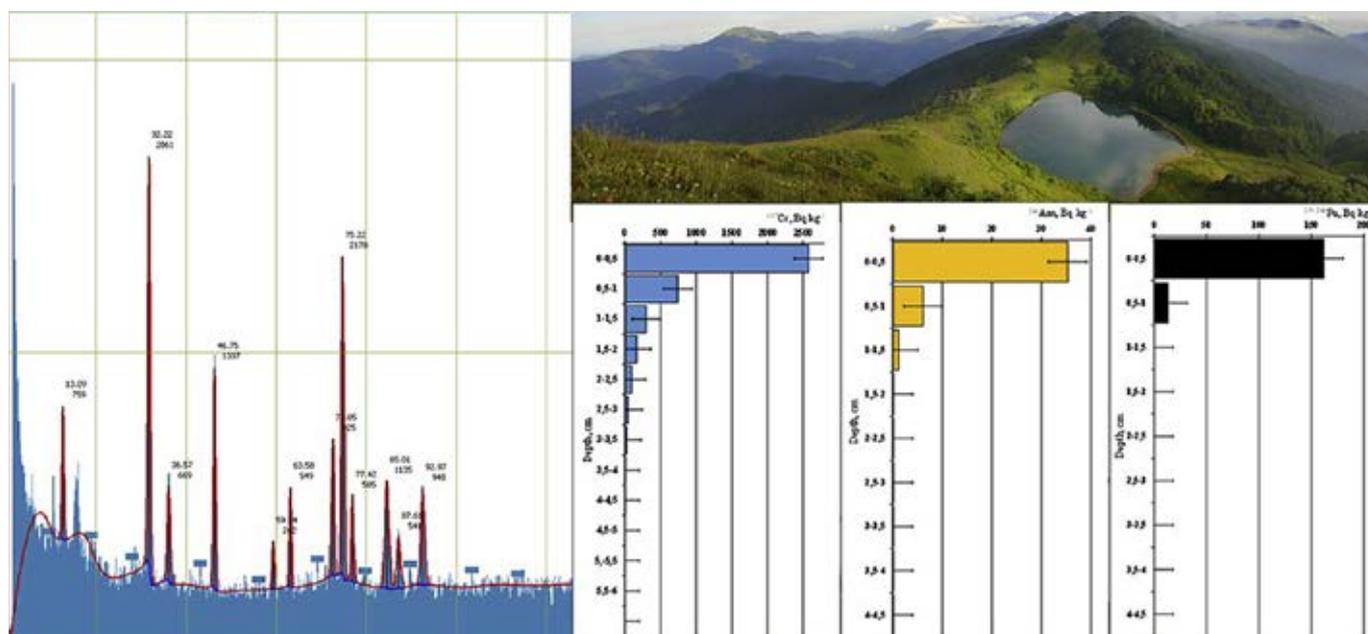


Рис. 1. Обложка журнала The Journal of Physical Chemistry Letters, демонстрирующая важность исследования радиационной стойкости солнечных элементов на основе перовскитов для применения на космических аппаратах [A. G. Boldyreva, A. F. Akbulatov, S. A. Tsarev, S. Y. Luchkin, I. S. Zhidkov, E. Z. Kurmaev, K. J. Stevenson, V. G. Petrov, P. A. Troshin. γ -ray-induced degradation in the triple-cation perovskite solar cells // Journal of Physical Chemistry Letters, 2019, DOI: 10.1021/acs.jpcllett.8b03222]

Не секрет, что в результате испытаний ядерного оружия и мирных взрывов во второй половине XX века, а также из-за ряда аварий на предприятиях ядерной отрасли (самые масштабные – аварии на Чернобыльской АЭС и на АЭС «Фукусима-1», Кыштымская авария) в окружающую среду попало значительное количество техногенных радионуклидов. Последствия этих выбросов до сих пор делают непригодными для использования значительные территории. Анализ содержания и путей распространения радионуклидов играет ключевую роль для оценки их воздействия на здоровье человека. В лаборатории ДиРОС проводятся разработки новых методик определения техногенных радионуклидов в ультранизких концентрациях. В частности, в рамках совместного российско-китайского гранта РНФ было определено содержание нептуния, плутония и технеция в объектах Дальневосточного региона и найден источник поступления этих радионуклидов (глобальные выпадения). В другой работе впервые были проанализированы образцы донных отложений озёр Северного Кавказа и установлена скорость осадконакопления в этих водоёмах (Рис. 2). Для озера Хуко по соотношению изотопов плутония определён

Рис. 2. Окрестности озера Хуко, гамма-спектр его донных осадков и полученное распределение радионуклидов по глубине донных осадков (Graphical abstract к статье N. V. Kuzmenkova, M. M. Ivanov, M. Y. Alexandrin, A. M. Grachev, A. K. Rozhkova, K. D. Zhizhin, E. A. Grabenko, V. N. Golosov. Use of natural and artificial radionuclides to determine the sedimentation rates in two North Caucasus lakes // Environmental Pollution, 2020, DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114269)



История кафедры радиохимии

Первые исследования, связанные с явлением радиоактивности на физико-математическом факультете МГУ приходится на начало 20 века — в 1908 – 1910 профессор И. А. Каблуков пишет обзорную статью «Радиоактивные вещества», отзывы на только что изданные книги Ф. Содди «Радий и его разгадка» и М. Кюри «Traite de radioactivite». В 1913 – профессор Вл. И. Спицын, брат академика В. И. Спицына, открывает первый «радиоактивный» практикум.

В 1929 в результате структурных измерений в МГУ создается химический факультет и в его составе — лаборатория радиоактивных веществ. В связи с работами по атомному проекту, в 1944 по инициативе И. В. Курчатова и В. И. Спицына на кафедре неорганической химии на базе лаборатории радиоактивных веществ создается специализированная лаборатория, заведующим которой становится будущий член-корреспондент АН СССР В. В. Фомин (1909–1979). Для этого по распоряжению Наркомпроса В. В. Фомин был отозван из армии и назначен доцентом кафедры неорганической химии химфака МГУ. Основными задачами лаборатории стали синтез и исследование свойств соединений урана и чтение курса радиохимии.

В 1959 лабораторию радиохимии возглавил будущий член-корреспондент А. Н. Несмеянов (1911–1983) и в этом же году лаборатория радиохимии кафедры неорганической химии преобразуется в самостоятельную кафедру. А. Н. Несмеянов руководил кафедрой радиохимии вплоть до своей кончины в 1983 году.

В 1984 происходит объединение кафедр радиохимии и химической технологии, заведующим объединенной кафедрой становится академик АН СССР В. А. Легасов (1936–1988), лауреат Ленинской и Государственной премий, посмертно удостоенный звания героя России. Одновременно с руководством объединенной кафедрой радиохимии и химической технологии, он является заместителем директора Института атомной энергии им. И. В. Курчатова (ныне НИЦ «Курчатовский Институт») и членом Президиума АН СССР.

После ухода из жизни В. А. Легасова, кафедра радиохимии вновь становится самостоятельным структурным подразделением химического факультета МГУ, которое возглавил профессор В. М. Федосеев (1932–2021) — заслуженный деятель науки РФ, видный специалист в области радиохимии, органической химии и радиобиологии.

С 2010 года заведующим кафедрой радиохимии становится профессор С. Н. Калмыков (р. 1974) – специалист в области радиоактивности окружающей среды, поведения актинидов и продуктов деления, а также ядерной медицины.



Владимир Владимирович Фомин. Член-корреспондент, заведующий лабораторией радиохимии с 1944 по 1959 годы



Андрей Николаевич Несмеянов. Член-корреспондент, заведующий кафедрой радиохимии с 1959 по 1983 г.



Валерий Алексеевич Легасов. Академик, заведующий объединенной кафедрой радиохимии и химической технологии с 1984 по 1988 г.



Владимир Михайлович Федосеев. Заслуженный профессор Московского университета заведующий кафедрой радиохимии с 1989 по 2010 г.



Степан Николаевич Калмыков. Академик РАН. Вице-президент РАН. Научный руководитель Химического факультета МГУ, профессор заведующий кафедрой радиохимии с 2010 года.



Рис. 3. Отбор проб аэрозолей Н. В. Кузьменковой и А. К. Рожковой в Новозыбковском районе Брянской области (фото derlab.ru)

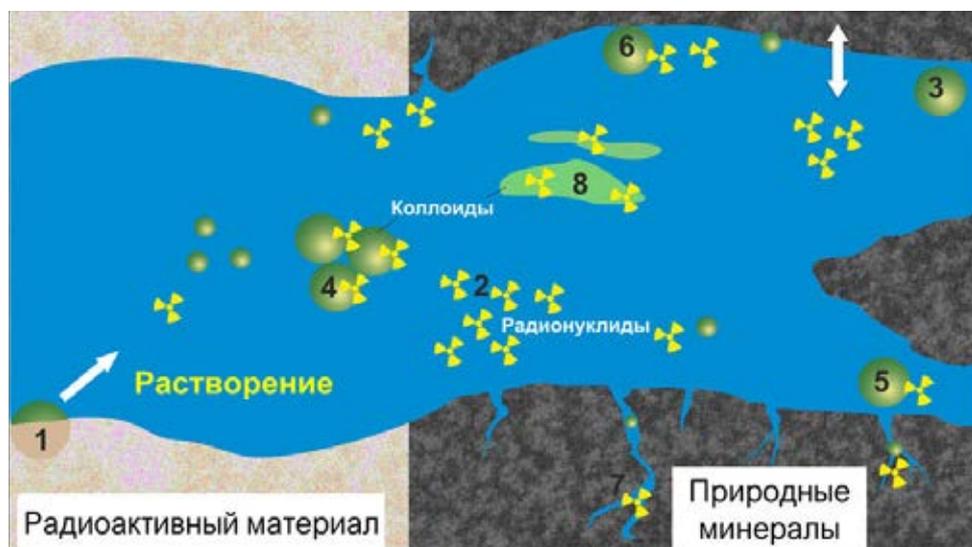


Рис. 4. Схематичное изображение процессов, отвечающих за миграционное поведение радионуклидов:

1. Растворение материала, содержащего радионуклиды, и выход радионуклидов в раствор;
2. Сорбция радионуклидов на природных минералах;
3. Взаимодействие (адгезия) коллоидных частиц с природными минералами;
4. Сорбция радионуклидов на коллоидных частицах;
5. Коллоидный перенос радионуклидов;
6. Конкурентные процессы сорбции-десорбции радионуклидов между коллоидными частицами и минералами;
7. Миграция радионуклидов в трещиноватых зонах и взаимодействие с минеральными фазами, заполняющими трещины;
8. Взаимодействие радионуклидов с бактериями (тоже можно рассматривать как форму коллоидного переноса).

источник загрязнения техногенными радионуклидами – глобальные выпадения 1954–1963 гг.

С загрязнённых территорий возможно распространение радионуклидов за счёт природных явлений и переноса живыми организмами (насекомые, рыбы, птицы и т.д.). Так, во время торфяных пожаров 2015 года в Брянской области, часть которой входит в зону отселения после аварии Чернобыльской АЭС, была исследована возможность переноса радионуклидов вместе с образующимися аэрозолями (Рис.3). Было показано, что в случае торфяных пожаров аэрозоли не переносили радиоактивное загрязнение на расстояние более 500 м, а основной вклад в дозу внутреннего облучения человека могут вносить ягоды и грибы с прилегающей территории при их употреблении. Другой сильно загрязнённый регион – район города Озёрск, где находится ФГУП «ПО «Маяк». Водоёмы вокруг этого предприятия использовались для размещения в них радиоактивных отходов. В части из этих водоёмов обитают рыбы и различные мелкие организмы. В ряде работ был исследован не только радионуклидный состав воды, донных отложений водоёмов, но и содержание радионуклидов в организмах местных обитателей. На основании полученных данных проанализированы пути миграции радионуклидов в биотических и абиотических компонентах радиоактивно загрязнённых водоёмов ФГУП «ПО «Маяк».

Однако моделирование миграционного поведения радионуклидов требует большого массива данных не только о содержании элементов в тех или иных объектах, но и об их физико-химической форме и термодинамических параметрах реакций, в которые вступают эти элементы. Дело в том, что миграцион-

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЕ НАЧИНАЕТСЯ С ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СТРОГО КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ. ТАКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ ПОЗВОЛЯЮТ ОПРЕДЕЛИТЬ ПАРАМЕТРЫ (КОНСТАНТЫ), ПРОТЕКАЮЩИХ РЕАКЦИЙ. А УЖЕ ЗНАЯ ЭТИ ПАРАМЕТРЫ, МОЖНО ИХ ВЛОЖИТЬ В МАТЕМАТИЧЕСКУЮ МОДЕЛЬ, КОТОРАЯ РАССЧИТАЕТ, В КАКОЙ ФОРМЕ БУДЕТ СУЩЕСТВОВАТЬ ТОТ ИЛИ ИНОЙ РАДИОНУКЛИД.

ное поведение определяется целым набором химических взаимодействий радионуклидов с окружающей средой: растворимость их соединений, образование вторичных минеральных фаз и коллоидных частиц, гидролиз, образование комплексов с растворёнными неорганическими и органическими компонентами, сорбция на минералах и на коллоидных частицах, взаимодействие с бактериями и другими живыми организмами, окислительно-восстановительные реакции (Рис. 4). И для одного и того же радионуклида все эти процессы протекают сразу со множеством компонентов.

Поэтому моделирование процессов в окружающей среде начинается с лабораторных экспериментов в строго контролируемых условиях. Такие эксперименты позволяют определить параметры (константы) протекающих реакций. А уже зная эти параметры, можно их вложить в математическую модель, которая рассчитает, в какой форме будет существовать тот или иной радионуклид. Более того, такие модели могут учитывать движение водного потока и таким образом предсказывать в геологическом масштабе, через какое время на каком расстоянии окажется тот или иной радионуклид. Исследование же реальных проб, отобранных на загрязнённых территориях, позволяет верифицировать и дополнять моделирование, а также определять стратегии возможных реабилитационных мер.

В частности, были установлены формы нахождения ак-

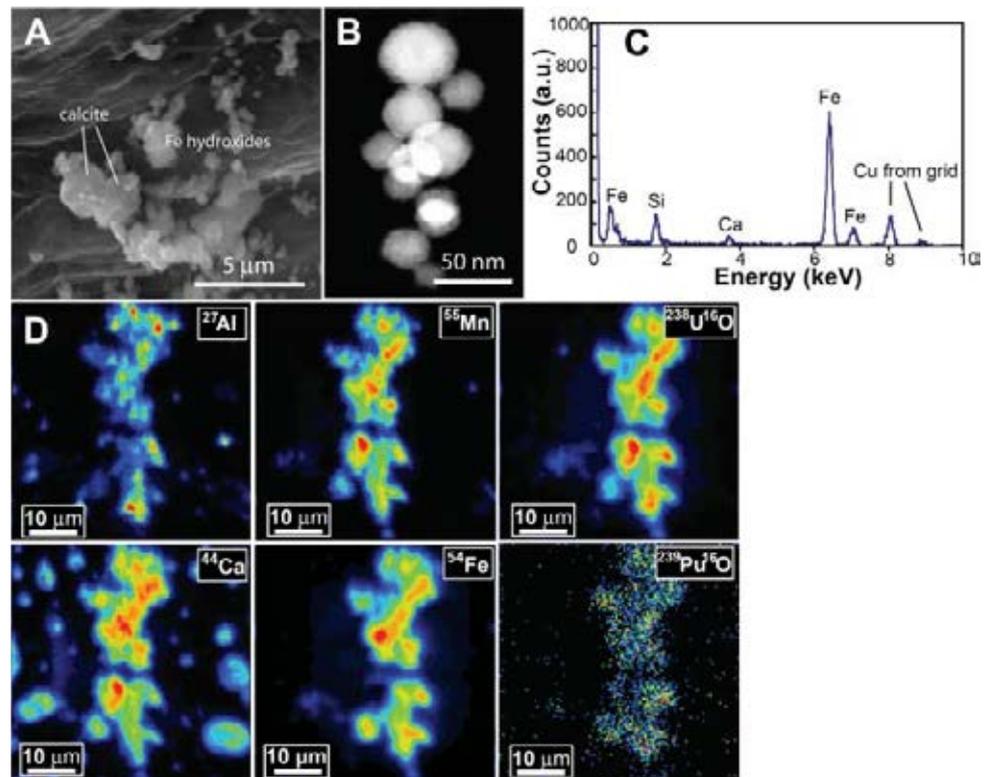


Рис. 5. Изображения, полученные методами растровой электронной микроскопии (A) и просвечивающей электронной микроскопии (B), и элементные карты (D, Интенсивность цвета на химических картах соответствует относительной концентрации каждого элемента), показывающие связь плутония и железосодержащих частиц (из статьи A. P. Novikov, S. N. Kalmukov, S. Utsunomiya, R. C. Ewing, F. Horreard, A. Merkulov, S. B. Clark, V. V. Tkachev, B. F. Myasoedov. Colloid Transport of Plutonium in the Far-Field of the Mayak Production Association, Russia // Science, 2006, DOI: 10.1126/science.1131307)

тинилов в подземных водах на территории того же ФГУ «ПО «Маяк». С применением масс-спектрометрии вторичных ионов с нанометровым разрешением и сканирующей просвечивающей электронной микроскопии был подтверждён перенос плутония и урана в подземных водах именно в псевдоколлоидной форме на агрегатах ферригидрита (Рис. 5). Были определены минеральные фазы, ответственные за преимущественную сорбцию плутония в условиях за-

качки жидких радиоактивных отходов. Разработан методический подход количественной оценки вклада разных минеральных фаз горных пород в сорбцию радионуклидов в месте будущего расположения пункта глубинного захоронения высокоактивных отходов. Получен массив термодинамических данных о константах сорбции актинидов и других радионуклидов на различных минеральных фазах, константах растворимости их соединений, образования комплексов и др.

ХРАНИЛИЩА И ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ПРЕДСТАВЛЯЮТ СОБОЙ СЛОЖНЫЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫЕ СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩИЕ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ И ПРИРОДНЫХ БАРЬЕРОВ. МАТЕРИАЛЫ ИНЖЕНЕРНЫХ БАРЬЕРОВ ДОЛЖНЫ ОГРАНИЧИВАТЬ ПОСТУПЛЕНИЕ ВОДЫ В ХРАНИЛИЩЕ, СНИЖАТЬ УРОВНИ КОРРОЗИИ КОНТЕЙНЕРОВ И МАТРИЦ, В КОТОРЫХ СОДЕРЖАТСЯ РАДИОАКТИВНЫЕ ОТХОДЫ, А ТАКЖЕ ОГРАНИЧИВАТЬ ВЫНОС РАДИОНУКЛИДОВ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.

Получены уникальные данные, объясняющие образование плутония в степени окисления +4 в присутствии твёрдой фазы вне зависимости от его начальной степени окисления (+4, +5 или +6). Все эти данные необходимы для обоснования безопасности мест хранения и захоронения радиоактивных отходов (существующих и проектируемых), а также при разработке мер по реабилитации загрязнённых радионуклидами территорий.

Моделирование миграционного поведения осложняется не только разнообразием процессов, в которых участвует радионуклид, но и влиянием той физико-химической формы, в которой он изначально попал в окружающую среду. Так, например, спечённые керамические частицы диоксида урана будут гораздо более устойчивы к растворению и дальнейшей миграции, чем хорошо рас-

творимый нитрат уранила. В рамках многолетних исследований была проведена детальная диагностика различных «горячих» частиц, выброшенных взрывом во время аварии на Чернобыльской АЭС, что позволило установить условия формирования каждой отдельной частицы, отражающие отчётливо различные локальные обстановки в активной зоне реактора на самой ранней стадии развития аварии. Также были исследованы и образцы лавообразных материалов, отобранных нашими коллегами из аварийного 4-го энергоблока ЧАЭС, позволившие уточнить подробности сценария аварии и прогнозировать возможные пути разрушения «лавы» (Рис. 6).

Хранилища и захоронения радиоактивных отходов представляют собой сложные многокомпонентные системы, состоящие из нескольких инженерных и природных ба-

рьеров. Материалы инженерных барьеров должны ограничивать поступление воды в хранилище, снижать уровни коррозии контейнеров и матриц, в которых содержатся радиоактивные отходы, а также ограничивать вынос радионуклидов в окружающую среду. В качестве одного из компонентов таких барьеров предлагается использовать бентонитовые глины, которые обладают высокими сорбционными свойствами и низкой водопроницаемостью. Для обоснования их использования необходимо определить не только их сорбционные свойства по отношению к различным радионуклидам, но и ряд других физико-химических параметров (водопроницаемость, степень набухания при контакте с водой и т.д.) в зависимости от их уплотнения, температуры, состава водного раствора и т.п. (Рис. 7).

В частности, были установлены основные химические реакции, протекающие на границе раздела фаз бентонитовая глина / вода для различных радионуклидов. Проведено термодинамическое моделирование полученных экспериментальных зависимостей сорбции радионуклидов, в результате чего были рассчитаны константы равновесия сорбционных реакций. При этом показано, что наличие даже незначительных примесей (2–3%) может значительно влиять на эффективность сорбции поливалентных элементов. Важным стало установление факта, что сорбция цезия меняется

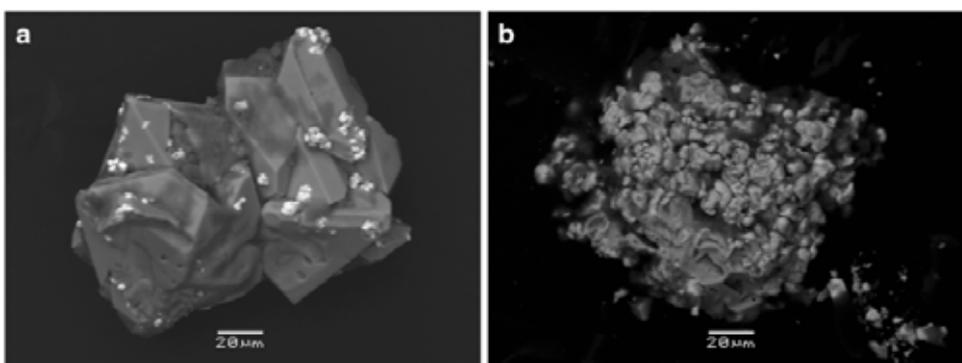


Рис. 6. Изображения, полученные методом растровой электронной микроскопии, зерен $(\text{Zr,U})\text{SiO}_4$ (a) и $(\text{Zr,U})\text{O}_2$ (b), выделенных из чернобыльской «лавы» (из статьи А.А. Shiryayev, В.Е. Burakov, I. E. Vlasova, M. S. Nickolsky, A. A. Averin, A. V. Pakhnevich. Study of mineral grains extracted from the Chernobyl "lava". Mineralogy and Petrology, 2020, DOI: 10.1007/s00710-020-00718-8)

в зависимости от индивидуальных особенностей бентонитовых глин (даже близкого состава) и значительно зависит от степени гетеровалентных замещений в тетраэдрической подрешётке смектита.

На безопасность хранилищ радиоактивных отходов влияет и их радионуклидный состав, а именно период их полураспада. Так, для радионуклидов с периодом полураспада более 100–1000 лет необходимо обосновать безопасность хранилищ на срок до сотен тысяч и миллиона лет. Одним из путей снижения долговременной опасности таких отходов выступает фракционирование радиоактивных отходов с целью трансмутации долгоживущих радионуклидов. Сложность фракционирования, то есть разделения по отдельным группам или даже индивидуальным элементам, обусловлена наличием одновременно около 50 химических элементов и большой удельной активностью таких растворов. Одним из основных методов разделения в радиохимической технологии служит метод жидкостной экстракции, суть которого заключается в селективном связывании целевого элемента молекулой-экстрагентом и переносе этого элемента из водной фазы в органическую, а затем уже чистый выделенный элемент выделяется обратно из органической фазы в водную. Исследования процессов разделения методом жидкостной экстракции заключаются в подборе и синтезе наиболее селективного и эффективного экстрагента, в выборе условий проведения экстракции, в установлении параметров протекания химического процесса (стехиометрия комплекса, константа связывания и др.).

Плодотворное сотрудничество со специалистами в области органической химии привело к созданию в на-



Рис. 7. Лабораторная установка для определения свойств барьерных материалов (фото derlab.ru)

шей лаборатории новой экстракционной системы для разделения такой сложной пары, как америций и кюрий. В настоящее время проведены испытания этой системы в динамических условиях. Разрабатываются новые системы для селективного выделения технеция – ещё одного «проблемного» радионуклида в радиохимической технологии и при обращении с радиоактивными отходами. Установлен новый механизм экстракции урана, который в экстрагируемом комплексе присутствует одновременно в форме катиона и в форме аниона.

Как видно, задачи радиозэкологии и обращения с радиоактивными отходами очень многообразны и требуют одновременной работы учёных из разных областей науки. Мы всегда стараемся наладить контакты со специалистами, которые могут нам помочь в решении тех или иных вопросов. Я уверен, что только так может работать современная наука. В одиночку сегодня развиваться невозможно.

Сегодня в состав кафедры радиохимии входят семь лабораторий, научные интере-

сы которых связаны как с исследованием свойств самих радиоактивных веществ, так и с использованием радионуклидов в качестве меток для исследования химических, биохимических и других процессов. В качестве основных направлений исследований кафедры можно назвать: радиозэкологию, разделительную химию для нужд ядерного топливного цикла, материаловедение, методы вычислительной химии, включая квантово-химические расчеты и методы машинного обучения, получение меченых органических соединений и биохимические исследования, разработку новых радиофармпрепаратов, разработку сорбционных методов и реабилитацию загрязненных территорий, безопасное обращение с радиоактивными отходами. Кафедра постоянно развивается, что видно и по количеству молодых людей, работающих у нас, и по количеству обновляемых помещений и оборудования. Осваиваются аддитивные технологии, а в рамках Мегагранта создан уникальный лабораторный спектрометр рентгеновского излучения, который поможет лучше «разглядеть окружающий нас мир».

ОТ ПЕРВОГО ЛИЦА

Вышла в свет автобиографическая книга-альбом «Академик РАН Юрий Цолакович Оганесян. Портрет на фоне эпохи». Издание выпущено при содействии Объединённого института ядерных исследований, которому выдающийся учёный посвятил жизнь.

Юрий Цолакович Оганесян продолжает трудиться и вдохновлять многочисленных коллег в международном центре в Дубне и далеко за его пределами, на разных континентах и островах нашей планеты.

Он продолжает восхищать вполне осязаемыми поисками, которые увенчались открытием элемента, обретшего имя в легендарной таблице Менделеева.

Оганессон, 118-й элемент, последний на сегодняшний день и самый тяжёлый, получил название в честь своего первооткрывателя. Наверное, это самая высокая награда в мире, в котором существует множество авторитетных и значимых, и не очень, званий и титулов. За всю историю в эту таблицу человечество вписало всего двадцать имён. И одно из них принадлежит Юрию Цолаковичу Оганесяну! Это второй в мировой истории случай, когда химический элемент называют именем ученого при его жизни.

Будучи ограниченными форматом журнала, мы хотим представить несколько фрагментов воспоминаний Юрия Цолаковича из книги, в которой записаны его дела, слова и мысли.

Но вначале предоставим слово его соратнику и замечательному учёному Григорию Владимировичу Трубникову, академику РАН, директору Объединённого института ядерных исследований.

Григорий Владимирович Трубников:

Академику РАН Юрию Цолаковичу Оганесяну, нашему выдающемуся современнику и соотечественнику, девяносто лет.

В это трудно поверить, глядя на то, с каким энтузиазмом и жизненной энергией он продолжает трудиться в своём международном центре в Дубне и в Российской академии наук.

Его многочисленные заслуги перед мировой наукой связаны прежде всего с открытием сверхтяжёлых элементов и блестящими достижениями в области ядерной физики. Юрий Цолакович — счастливый учёный, необыкновенно одарённый и талантливый, фантастически работоспособный. А ещё он чётко видит свою цель и чувствует маршрут. И покоряет вершину за вершиной. И окружающие ему верят и идут за ним.

Наука раздвигает границы материального мира

Вся история развития науки — это познание того, как устроен окружающий нас мир, из чего он состоит, по каким законам он действует, движется, рождается или погибает. И теперь мы можем сказать, что граница материального мира значительно дальше, чем мы предполагали, а следовательно, элементов может быть больше, чем думали, скажем, 60 лет тому назад. Это то, что мы называем фундаментальным следствием.

Фабрика сверхтяжёлых элементов

Всю плеяду сверхтяжёлых элементов мы получили за 12 лет: начали опыты в 2000-м и практически закончили в 2012-м. Мы продолжили бы и дальше, но возможности высокоточных ядерных реакторов, нарабатывающих для нас мишенное вещество из искусственных элементов, не позволяли сделать это. Пока не существует новой мишени, которую можно было бы обстреливать тем же кальцием-48.

В нашей коллекции число полученных сверхтяжёлых атомов мало. Мы были счастливы, когда у нас получался один атом в день. Но так было со 114-м, а вот 118-й удавалось зафиксировать лишь один раз в месяц. И мы получили всего пять атомов этого элемента.

Поэтому в 2012 году мы практически остановили наши эксперименты и начали строить лабораторию, оснащённую новым ускорителем. Он должен давать интенсивность в 10-20 раз большую, чем предыдущий.

Эта лаборатория получила название «Фабрика сверхтяжёлых элементов».

Новый ускоритель запустили в декабре 2018 года. Фабрика будет работать круглосуточно, благодаря чему мы получим всё те же атомы, что и раньше, но в гораздо большем количестве. Их будет в 100 раз больше. И тогда мы сможем сделать следующие шаги: изучим детально физические и химические свойства этих элементов и приступим к синтезу следующих — 119-го и 120-го элементов.

В чём разница между нашими студентами и зарубежными?

Меня порой спрашивают, почему в своей жизни я мало занимался преподавательской работой. Видимо, потому, что не могу об одном и том же говорить одинаково два раза — второй раз будет по-другому, не так, как первый. А преподаватель должен спокойно на это реагировать: одна аудитория, вторая, третья, а ты повторяешь одно и то же. Хотя я слышал, что мои лекции посещают с удовольствием.

По-настоящему преподавать у меня случилось только один раз, когда Росатом организовал в Сарове лекции для молодёжи — ре-



шил сформировать у себя элиту молодых учёных из ребят, которые окончили институт и начали работать на предприятиях Росатома. Молодых учёных и специалистов собрали в Сарове. Им должны были прочитать лекции академики. Академия наук сделала такое предложение и мне. Шесть лекций по два часа. Я сказал:

— У меня со временем напряжённо. Есть одна неделя. Согласны?

— Это будет сложно для ребят. Но если по-другому не получается... Тогда они будут каждый день ходить на ваши лекции.

Я начал читать им. Оказалось, страшно интересно (это я о себе). Ребята очень способные. Когда я рассказывал, они начинали задавать вопросы, опережая меня.

— Подождите-подождите, — приходилось останавливать, — сейчас дойдём и до этого.

Молодёжи тоже страшно нравилось. У нас действительно было общее понимание. Я сам с нетерпением ждал, когда начнётся очередная лекция, продумывал, что буду завтра говорить. Лекция заканчивалась, а потом мы вместе пили кофе и говорили о науке и о жизни...

Дубна.
Объединенный
институт ядерных
исследований

Потом в 2000-е годы я поехал в США. Американцы летом решили собрать передовых студентов из разных университетов страны. Они приехали в Техас, где я работал короткое время, чтобы прослушать курс лекций. То же самое, что и в Сарове, я читал по-английски. Я удивлялся: студенты в России были очень активные, а эти молчат. Вопросы задают только профессора. Я им говорю:

— Я читаю не вам, а студентам. Хотите, мы отдельно с вами потом поговорим.

Никак не мог понять, спрашивал, почему американские ребята молчат, не задают вопросов. Только один был более-менее активный, но и у того фамилия была Майоров. (Очень толковый парень, потом пригласил меня на защиту своей диссертации.) В конце концов мне объяснили, что американские студенты стесняются, потому что боятся показаться глупыми.

Пять счастливых лет

Меня порой спрашивают, как мне удалось создать творческую обстановку в лаборатории? Но я вообще не понимаю, как можно создать творческую обстановку, потому что это не материальное понятие, а скорее духовное. Мы не можем понять, почему произошёл расцвет искусств в эпоху Возрождения (в довольно мрачное средневековье), не можем осознать, почему так активно развивалась культура после революции 1917 года в голодное и холодное время, когда, говорили, чернила застывали в чернильницах. Какой расцвет искусства или науки?! Говорят, денег нет — науки нет. Да не этим определяется успех дела.

Как связать духовное с материальным? Мне даже иногда кажется, что такой связи нет. И когда речь идёт о мыслях, идеях, о любом творчестве, что является духовной субстанцией, я молодым людям говорю: вы должны учиться, потому что такого прекрасного времени у вас больше никогда не будет. Вы молодые, здоровые, у вас ничего не болит, вы не обременены семьёй, от вас требуется одно — чтобы вы учились, получали знания. Пять лет на всё! Это просто счастье какое-то! Поэтому каждый день из этих пяти лет берегите, старайтесь взять максимум возможного. Но упаси вас боже всё время корпеть над книгами. Вы должны ходить в театры, кино, на концерты, путешествовать и обязательно расширять свой кругозор. Иначе по профессиональной линии у вас ничего не получится: вы всегда будете узко мыслить. Пусть что-то недоучите — чёрт с ним. Но не транжирьте это время впустую. Впитывайте в себя знания, всё то, что происходит с вами и вокруг вас. Это очень важно.

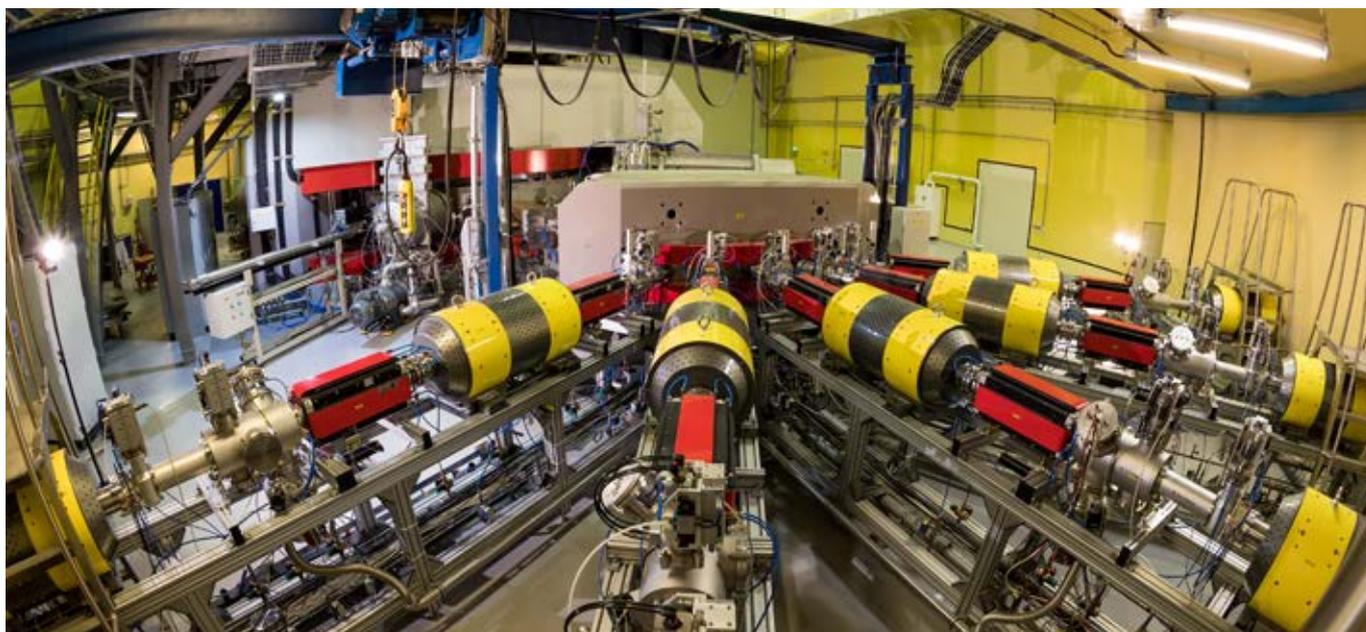
Вот такую жизнь мы себе выбрали

Хорошо, что у нас всё получилось — сверхтяжёлые открыты, гипотетический остров стабильности сверхтяжёлых элементов действительно существует. Мы обнаружили их первыми, потом это подтверждали другие лаборатории мира, которые повторяли наши эксперименты. А теперь перед нами (а может быть, перед всеми) стоит вопрос: а что дальше? Мне представляется, что в поисках ответа на глобальную перспективу нашей науки надо сначала понять, в каких условиях мы находимся сегодня. Эксперименты, нацеленные на синтез новых элементов, заняли у нас 15 лет. Все 15 лет ускоритель день и ночь работал на эту задачу. Теперь подумаем, сколько это заняло бы времени, если бы мы начали эти эксперименты не в 2000 году, а спустя 15 лет? Мне кажется, что нам обязательно нужно найти ответ на этот вопрос, чтобы идти вперёд. Положим на одну ладонь всё то, что нам удалось узнать о сверхтяжёлых элементах за 15 прошедших лет, а на другую ладонь — весь научно-технический прогресс, не связанный с проблемой сверхтяжёлых ядер и атомов. В смежных областях науки и техники, таких как физика плазмы, ускорительная физика и техника, химический технологии, компьютерные системы, сверхчувствительные детекторы излучений и пр. Затем сложим вместе. Проведя несложный анализ всей истории нашей одиссеи, оказалось, что можно получить «фактор 100», чему я сам был немало удивлён. Всё можно делать в 100 раз быстрее! Вот в такое время и в таком темпе мы живём. И этого не стоит никогда забывать в своих думах о будущем.

Я выступил на Учёном совете ОИЯИ и сказал, что, несмотря на научные и технические

Слева направо:
Георгий Николаевич
Флеров,
Юрий Цолакович
Оганесян,
Гленн Теодор Сиборг.
ОИЯИ, 1972 г.





достижения, идти в будущее с этими средствами бессмысленно. Надо просто от всего существующего отказаться и создавать по сути новую лабораторию, новый ускоритель, новое экспериментальное оборудование, новые... И всё это новое должно в десятки раз повысить возможности в дальнейшей работе и быть выполнено на самом современном уровне. А может быть, и лучше. Учёный совет ОИЯИ проголосовал единогласно за этот проект.

А дальше началась наша обычная жизнь... И на всём новом люди по-прежнему будут работать день и ночь. Это будни. Мы сами себе такую жизнь выбрали.

О наших предшественниках

Живём как все. Получаем, как проблески, столь долгожданные результаты, пишем статьи в научные журналы. В конце каждой статьи, как правило, выносим благодарности тем, кто нам помогал: инженерам, техникам, лаборантам, а также учёным, иногда даже маститым, с кем обсуждали статью. Они все, конечно, живые люди. Но над всем живым витают неосязаемые духи наших предшественников, работавших когда-то рядом или оказавшихся рядом в момент трудностей и мучительных исканий. И от их замечаний, иногда реплик, даже взгляда, а может быть, просто присутствия, проблеснул вариант или родилась идея сделать всё по-другому, совсем необычно и неожиданно. И потом, спустя много лет, полных проб и ошибок, обид и волнений, получить, наконец, результаты, положенные в основу наших достижений.

Правда, духов благодарить не принято. Они ушли. Но порой, ещё долго их роль в наших делах всё сильно меняла.

ВМЕСТО ЭПИЛОГА. Как я не стал архитектором и пошел в физики

Мне было уготовано стать архитектором. Это как-то стало своеобразной семейной идеей. Однако мои друзья по школе решили ехать в Москву, чтобы стать физиками. В то время «физики были в почете». Ну и я за ними, чтобы попробовать свои силы.

У меня была серебряная медаль, но на физфаке МГУ, в Физтехе и в МИФИ, который назывался так только спустя 3 года, медалисты должны были пройти собеседование (по сути, сдать экзамены) по физике и математике.

Выбрал МИФИ (тогда Московский механический институт). Сдал документы. В экзаменационной комиссии задал вопрос:

— А нельзя ли сдать экзамены в один день?

Удивительно, но оказалось, что можно. В результате буквально за два часа я эти два экзамена сдал. И мне говорят:

— Ты принят.

Я вышел из института. И тут только в голове пронеслось: что я наделал? Я же в архитектурный хотел.

Пошел в МАРХИ. А в архитектурном институте нужно было обязательно сдать два профильных экзамена — рисунок и живопись. Все было хорошо и очень демократично. Я быстро сдал оба экзамена на пятерки. Меня готовы принять, но спрашивают документы.

Я назад в МИФИ.

— Верните мне, пожалуйста, документы.

Ответ меня огорчил.

— Твои документы в КГБ. Там их проверяют.

— А когда их закончат проверять?

— Через три месяца как минимум.

И я пошел в физики.

Установка ДЦ-280
для синтеза новых
элементов таблицы
Менделеева, Дубна

Редакция
благодарит
пресс-службу
ОИЯИ за предоставленные
материалы.

Премия OGANESSON

В Москве в стенах Государственного музея изобразительных искусств им. А. С. Пушкина прошла первая церемония награждения лауреатов премии OGANESSON.

Премия была учреждена в 2023 году академиком РАН Юрием Цолаковичем Оганесяном и Объединённым институтом ядерных исследований в целях поддержки учёных и популяризаторов науки.

В 2022 году Юрий Цолакович Оганесян стал обладателем первой Научной премии Сбербанка России за основополагающие работы по синтезу сверхтяжёлых элементов и вклад в становление экспериментальной базы ускорителей, которые закладывают перспективу для революционных ядерных технологий.

По инициативе академика вознаграждение в размере 20 млн рублей было передано в ОИЯИ для организации новой научной премии.

Открывая церемонию, директор ОИЯИ академик РАН Григорий Трубников поблагодарил за поддержку премии и помощь в организации мероприятия администрацию ГМИИ им. А. С. Пушкина, Министерство культуры, Министерство науки и высшего образования, Министерство иностранных дел РФ.

«Состав гостей мероприятия в очередной раз доказывает, что наука действительно способна объединять народы. На протяжении последних двух дней в Дубне проходила сессия международного Учёного совета ОИЯИ, в которой принимали участие представите-

ли множества стран, таких как Южная Африка, Болгария, Армения, Беларусь, Бразилия, Мексика, Куба, Монголия, Узбекистан, Румыния и Казахстан. Многие члены Совета сегодня присутствуют не только в качестве гостей, но и участников мероприятия. И это действительно замечательно», — отметил директор ОИЯИ **Григорий Трубников**.

Председатель жюри премии OGANESSON, научный руководитель российского Национального центра физики и математики, бывший президент РАН **Александр Сергеев** в выступлении процитировал слова академика АН СССР Андрея Сахарова о важности осуществления научно-технического прогресса через «сохранение человеческого в человеке и природного в природе».

Зал Микеланджело Пушкинского музея встретил аплодисментами первого лауреата премии OGANESSON **Ану Марию Четто Крамис**, профессора физики Национального автономного университета Мексики. Премия присуждена ей за выдающиеся научные работы в области квантовой механики и теоретической физики, за огромный личный вклад в укрепление глобального научного сотрудничества во имя мира и устойчивого развития.

За выдающийся личный вклад в развитие международного научного и культурного сотрудничества, популяризацию достижений современной науки в средствах массовой ин-



формации был награждён доктор искусствоведения, директор Московского театра мюзикла **Михаил Ефимович Швыдкой**, который выступил с неожиданной инициативой. Денежное вознаграждение он предложил передать либо научным учреждениям для проведения исследовательских работ молодыми учёными, либо, как вариант, с его помощью учредить конкурс для школьников из российских регионов.

Лауреатом премии OGANESSION за теоретические исследования электронного строения и химических свойств сверхтяжёлых элементов стала **Валерия Першина**, профессор химии Института тяжёлых ионов в Дармштадте.

В номинации для молодых лауреатов за существенный личный вклад в создание новых базовых экспериментальных установок ОИЯИ, обеспечивающих получение прорывных научных результатов в области ядерной физики, был награждён начальник Научно-экспериментального отдела ускорительного комплекса Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ **Василий Семин**. Он возглавил работы по вводу в эксплуатацию и наладке циклотрона ДЦ-280 ФСТЭ. Успешная работа ускорителей позволила вывести ускорительный комплекс на рекордный в мире уровень по интенсивности пучков.

В заключительной части торжественной церемонии перед зрителями выступил основатель премии **Юрий Цолакович Оганесян**. «Не знаю, что сказать. Может быть, по-чеховски: «Боже, как хорошо!»», — поделился он переполнявшими его эмоциями. Академик Оганесян поблагодарил коллег из ОИЯИ за помощь и поддержку в организации премии, выразил признательность председателю комитета академик РАН Александру Сергееву, научному руководителю НЦФМ в Сарове, за профессиональный подход к выбору лауреатов. «Выбрать лучших из лучших — это всегда очень сложная задача, особенно когда это делается в первый раз. Сегодняшние лауреаты во многом взаимосвязаны, хотя на премию может претендовать каждый, кто сделал что-то выдающееся в сфере науки», — подчеркнул Юрий Оганесян.

АКАДЕМИК РАН АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВ:

«ДУБНА СЕГОДНЯ — ЭТО ФОРПОСТ МИРОВОЙ НАУКИ, НАСТОЯЩИЙ ЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА. А ФАБРИКА СВЕРХТЯЖЁЛЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И КОЛЛАЙДЕР NICA — ВЫДАЮЩИЕСЯ ПРОЕКТЫ МИРОВОГО КЛАССА. ПРЕМИЯ OGANESSION СОЗДАЁТ НОВУЮ ТРАДИЦИЮ, КОТОРАЯ ОБЯЗАТЕЛЬНО НАЙДЁТ ОТКЛИК У НАУЧНОГО СООБЩЕСТВА НЕ ТОЛЬКО В РОССИИ, НО И В МИРЕ».



Слева направо:

Василий Алексеевич Семин, Михаил Ефимович Швыдкой, Валерия Георгиевна Першина, Юрий Цолакович Оганесян, Ана Мария Четто Крамис, Александр Михайлович Сергеев, Григорий Владимирович Трубников



Костандов

Валентин Исаакович Рабинович

Автор этих воспоминаний Валентин Исаакович Рич (Рабинович) последние двадцать лет живёт в Канаде. В позапрошлом году он отметил столетний юбилей и продолжает творить. Родился в 1922 году в Риге, а с 1923 года стал москвичом. Ветеран Великой Отечественной войны, артиллерист-зенитчик, участник боёв по прорыву блокады Ленинграда. После войны окончил редакционный факультет и посвятил себя журналистике.

Валентин Исаакович — профессиональный журналист и литератор, один из основателей и в течение 30 лет руководитель журнала «Химия и жизнь», автор полутора десятков книг. Один из очерков он посвятил Леониду Аркадьевичу Костандову, к которому относился с большим уважением и которого ценил за человеческие качества.

Его воспоминания интересно читать благодаря литературному мастерству, лёгкости пера и историям из жизни легендарного министра, которые звучат впервые.



Алексей Николаевич
Косыгин
и Леонид Аркадьевич
Костандов



В центре:
Игорь Васильевич
Петрянов-Соколов
Справа:
Валентин Исаакович
Рич (Рабинович)

Наш главный редактор академик Игорь Васильевич Петрянов-Соколов с молодых лет работал в «Карповке» — то был один из первых созданных советской властью научно-исследовательских институтов, вскоре после организации получивший имя основателя и первого директора Карпова и очень быстро ставший головной научно-исследовательской организацией отечественной химической промышленности. В этом мощном центре физической химии Игорь Васильевич стал сперва кандидатом, потом доктором химических наук, потом членом-корреспондентом Академии наук, потом её действительным членом, то есть академиком, и заместителем директора института. В середине 60-х годов, когда возникла «Химия и жизнь», членкор Петрянов стал её главным редактором.

Вполне естественно, что Леонид Аркадьевич Костандов ещё студентом-химиком был не только наслышан о Карповском институте, но и бывал в его лабораториях. Сужу об этом и по собственному опыту. В те же примерно годы моя мать Фаня Моисеевна Перельман, будучи студенткой химфака МГУ, неделями проводила практические работы в лабораториях Карповки и несколько раз брала меня с собой. Мне на всю жизнь запомнились стоявшие на полу сосуды с ртутью, которые я пытался (но был не в силах) поднять, и подаренный лаборанткой кусочек натрия (или, возможно, калия) в пузырьке с керосином.

Думаю, что уже в те годы Костандов мог познакомиться с Петряновым.

Став же министром, он уже просто не мог не встречаться с одним из ведущих учёных головного института по многочисленным и разнообразным своим и его делам. Во всяком случае, когда в 1965 году я пришёл в журнал, Костандов был у нашего главного на языке то и дело. А вскоре Игорь Васильевич передал мне адресованную нашему журналу просьбу министра подготовить ему речь для открытия первого Дня химика. А когда я такую сотворил, наш шеф передал мне, что текст речи Леониду Аркадьевичу понравился и он просил передать автору искреннюю благодарность. Впрочем, это я уже знал от самого министра, поскольку Игорь Васильевич направлял меня к нему с этим текстом, чтобы тот мог при мне прочесть и, если потребуется, тут же дополнить его.

Таким доверием. Может быть, Леонид Аркадьевич считал, что Косыгин звонит ему по поводу Дня химика, и что я смогу почерпнуть из их разговора важные дополнительные идеи, которыми украсю предстоящую речь? Однако разговор у них пошёл совсем не об этом.

Как я понял из почти часовой беседы, невольным свидетелем которой оказался, главу советского правительства абсолютно не устраивало качество проектирования новых советских предприятий. Не только химических, но всех вообще. Он привёл добрый десяток примеров, когда у него просто не было физических возможностей досконально проверить и раскритиковать проекты с отсталой технологией, и в результате были построены предприятия, с самого начала представлявшие

Л. А. КОСТАНДОВ:

«Я ВСЁ ВРЕМЯ ГОВОРЮ СВОИМ ПРОЕКТИРОВЩИКАМ, ЧТОБЫ ОРИЕНТИРОВАЛИСЬ НА САМЫЕ СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. А ОНИ РЕЗОННО ЗАПРАШИВАЮТ САМОЕ СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ».

В тот раз Леонид Аркадьевич сильно меня поразил. Он не стал держать меня в приёменной, не стал звать через секретаря, а сам вышел из кабинета и пригласил войти. А когда зазвонил телефон и из стоявшего на письменном столе аппарата раздался знакомый мне по слышанным раньше выступлениям голос предсовмина Алексея Николаевича Косыгина, то не попросил меня выйти, а напротив, жестом показал: «сидите». Не знаю, чему я был обязан

собой вчерашний день промышленности. «Из дюжины проектов хорошо если два-три мы успеваем задержать, и с каждым годом отстаём от Запада всё больше и больше! — негодовал Алексей Николаевич. И вопрошал: «Что будем делать дальше?» А Костандов отвечал, примерно так: «Я всё время говорю своим проектировщикам, чтобы ориентировались на самые современные технологии. А они резонно запрашивают самое современное обо-

СОГЛАСИВШИСЬ ВОЙТИ В РЕДКОЛЛЕГИЮ «ХИМИИ И ЖИЗНИ», ЛЕОНИД АРКАДЬЕВИЧ СТАЛ ПРИЕЗЖАТЬ НА НЕКОТОРЫЕ ЕЁ ЗАСЕДАНИЯ. КАЖДЫЙ РАЗ ПРИ ЭТОМ РАЗГОРАЛАСЬ ГОРЯЧАЯ ДИСКУССИЯ ПО КАКОМУ-НИБУДЬ ИНТЕРЕСОВАВШЕМУ ЕГО В ЭТОТ ПЕРИОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ ВОПРОСУ.



рудование — немецкое, французское, бельгийское, американское, а где я его возьму на всех? Вы же знаете наши возможности!» Так и толкли воду почти час. В конце концов Леонид Аркадьевич пообещал Косыгину тогда-то и тогда-то собрать по этому вопросу совместные совещания проектировщиков и производителей химического оборудования.

Под впечатлением этого разговора, при первой же встрече с Игорем Васильевичем рассказав ему о нём, я вслух подумал, что хорошо бы приглашать Леонида Аркадьевича на заседания нашей редколлегии и совсем замечательно было бы, если бы он согласился войти в её состав.

Игорю Васильевичу эта идея понравилась. Прессинг на журнал со стороны «контролирующих органов» усиливался с каждым днём. Не было номера, из которого цензура не снимала какой-нибудь материал. Отбиваться от недругов нам становилось всё труднее. Был случай, когда нашему Главному стало плохо прямо в кабинете у секретаря ЦК КПСС Зимянина. Став как бы нашим коллегой, Костандов, как мы думали, мог бы при случае замолвить за нас словечко. Мы не



Научно-исследовательский физико-химический институт имени Л. Я. Карпова

Двухэтажное здание городской усадьбы Вогау построил В.А. Коссов в 1882 году на месте старых усадебных построек на Воронцовом поле. Владельцы были выходцами из немецкой семьи. В 1915 мародеры сожгли усадьбу Вогау. От дома остались только стены. Вогау решили уехать из России. Их дом передали основанному в 1918 году физико-химическому институту. Бывшую усадьбу Вогау восстановили лишь в 1922, добавив третий этаж для устройства квартир ученых. Тогда же главный дом украсили барельефы с изображениями М.В. Ломоносова и Д.И. Менделеева, а в цокольной части появились цитаты ученых, стилизованные под древнерусское уставное письмо. Фото: liveinmsk.ru

ошиблись. Так оно всё и получилось. Очередной кризис в наших отношениях с властью, предержащими был разрешён именно Леонидом Аркадьевичем. На несколько лет от нас отстали. Нужные министру для подготовки к этим делам редакционные материалы он попросил привезти к нему домой, что Игорь Васильевич и сделал, прихватив с собой меня на тот случай, если возникнут какие-нибудь вопросы о наших контактах с начальством Главлита (так тогда именовался цензурный комитет) и Отдела пропаганды ЦК КПСС. Так я оказался в расположенном неподалёку от МГУ особнячке, верхний третий этаж которого занимал Леонид Аркадьевич. На втором этаже жил Косыгин, на первом — зять Косыгина академик Гвишиани.

Изучать при нас привезённые материалы Костандов не стал, сказал, что если возникнут вопросы, нам позвонят. А повёл себя как радушный хозяин: познакомил со своей сестрой, которую вызвал в Москву после смерти жены, провёл экскурсию по квартире. Особенно подробно показал кухню, оснащённую по последнему слову европейской техники. А ещё — коньячную коллекцию. Несколько отличных образцов последней он не только показал, но, когда мы возвратились в кабинет, ещё и предъявил...

Согласившись войти в редакционную коллегию «Химии и жизни», Леонид Аркадьевич стал приезжать на некоторые её заседания. Каждый раз при этом разгоралась горячая дискуссия по какому-нибудь интересовавшему его в этот период технологическому вопросу. Чаще всего — с Игорем Васильевичем и академиком Легасовым, тем самым, которому впоследствии было поручено руководством Академии наук возглавить расследование того, что случилось в Чернобыле

В. И. РАБИНОВИЧ: «... ПРЕССИНГ НА ЖУРНАЛ СО СТОРОНЫ «КОНТРОЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ» УСИЛИВАЛСЯ С КАЖДЫМ ДНЁМ. ОЧЕРЕДНОЙ КРИЗИС В ОТНОШЕНИЯХ ЖУРНАЛА С ВЛАСТЬЮ ПРЕДЕРЖАЩИМИ БЫЛ РАЗРЕШЁН ИМЕННО ЛЕОНИДОМ АРКАДЬЕВИЧЕМ. НА НЕСКОЛЬКО ЛЕТ ОТ НАС ОТСТАЛИ».



По своему полному химико-технологическому невежеству я не только не мог принимать в этих дискуссиях участия, но нередко даже не отслеживал, о чём идёт речь. Мне с самого первого дня знакомства с Леонидом Аркадьевичем хотелось поговорить с ним не об одной какой-то технологии, а сразу обо всех. И однажды, когда мы сидели на соседних креслах, я осмелился это сделать. Улучив момент, когда мой сосед явно потерял интерес к очередному выступлению и стал крутить головой, я наклонился к нему и вполголоса произнёс: «Можно задать Вам один не очень удобный вопрос?» Леонид Аркадьевич повернулся ко мне и, взглянув на меня с любо-

пытством, сказал: «Я Вас слушаю». И я задал свой вопрос, который мучил меня не один год и на который я ни самостоятельно, ни с чьей-либо помощью не мог найти ответа: «Почему задохнулась косыгинская реформа?» Видимо, я ожидал, что этот вопрос покажется члену правительства неуместным с моей стороны, что он как-то затруднит его. Но Леонид Аркадьевич отнёсся к моему вопросу как к чему-то совершенно обыденному и для него самого давно решённому. И ответил мне буквально в трёх словах: «Не видно человека».

Увидеть «человека» ему так и не довелось. Леонид Аркадьевич Костандов ушёл из жизни 18 декабря 1980 года.

Слева:
Игорь Васильевич
Петрянов-Соколов
В центре:
Валентин Исаакович
Рич (Рабинович)

Я СПРОСИЛ У ЛЕОНИДА АРКАДЬЕВИЧА: «ПОЧЕМУ ЗАДОХНУЛАСЬ КОСЫГИНСКАЯ РЕФОРМА?». ОН ОТНЁСЯ К МОЕМУ ВОПРОСУ КАК К ЧЕМУ-ТО СОВЕРШЕННО ОБЫДЕННОМУ И ДЛЯ НЕГО САМОГО ДАВНО РЕШЁННОМУ. И ОТВЕТИЛ В ТРЁХ СЛОВАХ: «НЕ ВИДНО ЧЕЛОВЕКА».



**АНАЛИТИКА
ЭКСПО**

22-я Международная выставка
лабораторного оборудования
и химических реактивов

16–18.04.2024

Москва, Крокус Экспо



Забронируйте стенд
analitikaexpo.com



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER



Аналитические приборы «Люмэкс» для фармацевтической отрасли



Системы капиллярного
электрофореза
«Капель-205»

Госреестр СИ РФ № 66406-17



Анализаторы жидкости
«Флюорат-02-5М»

Госреестр СИ РФ № 54152-13



Жидкостные хроматографы
«Люмахром-М»

Госреестр СИ РФ № 88183-23



Атомно-абсорбционные спектрометры
«МГА-1000»

Госреестр СИ РФ № 58356-14



Инфракрасные фурье-спектрометры
«Инфралюм ФТ-08»

Госреестр СИ РФ № 17728-09



Поставка стандартных образцов

ФАРМАКОПЕЙНЫЕ СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ (ФСО) ОТ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ИЗ РОССИИ И СТРАН ЕАЭС

Данные стандарты в основном востребованы для анализа фармацевтических субстанций и лекарственных препаратов в рамках количественного определения, оценки подлинности и чистоты.

Произведены в соответствии с фармакопейными статьями (ФС), аттестованы и могут использоваться в том числе, как первичные стандартные образцы.

Список наиболее востребованных стандартов фармацевтических субстанций, веществ и примесей постоянно расширяется.

Есть возможность выпуска различных ФСО по запросу заказчика (с проведением испытаний на подтверждение структуры, подлинности, чистоты и пригодности).

Ведутся работы по выпуску стандартных образцов АФС, примесей, вспомогательных веществ и других соединений, необходимых на любом этапе жизненного цикла лекарственного препарата на территории Российской Федерации и стран ЕАЭС.

НЦ СО

ГОСУДАРСТВЕННЫЕ (НАЦИОНАЛЬНЫЕ) СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ (ГСО)

Образцы веществ, применяемые в различных отраслях промышленности для обеспечения единства измерений, калибровки и градуировки приборов, проведения аттестации методик измерений.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЕ СТАНДАРТНЫЕ ОБРАЗЦЫ (МСО)

Стандартные образцы веществ, признанные в рамках ЕАЭС в соответствии с установленными правилами и применяемые в ЕАЭС.

