

# Химия элементоорганических соединений

УДК 547.1'13+547.38

DOI: 10.14529/chem230101

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕМЕНТОВ III, V ГРУПП И ПЕРОКСИДОВ В СИНТЕЗЕ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ПОЛИМЕРОВ. ПАМЯТИ ПРОФЕССОРА В.А. ДОДОНОВА

**А.В. Гуцин, В.Р. Вахитов**

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,  
г. Нижний Новгород, Россия*

Профессор Виктор Алексеевич Додонов (11.07.1933–27.09.2021) – заведующий кафедрой органической химии химического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского с 1971 по 2016 г., заслуженный деятель науки РФ, действительный член Академии инженерных наук РФ, заслуженный профессор ННГУ, Почетный работник ННГУ, Фулбрайт профессор, автор 42 патентов и авторских свидетельств, 500 научных статей. Руководитель научно-педагогической школы ННГУ «Органическая и элементоорганическая химия – радикальные реакции в жидкой фазе». Синтезировал новые классы органических и элементоорганических пероксидов на основе непереходных элементов. Создал на основе комплекса бороорганического соединения с амином уникальные клеи, способные при комнатной температуре склеивать полимеры с низкой поверхностной энергией (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, особенно тефлон). Показал возможность окисления углеводов и их функциональных производных (предельных, непредельных алкилзамещенных ароматических углеводов, спиртов, кетонов, простых и сложных эфиров, сульфидов) при комнатной температуре третбутилгидропероксидом в присутствии соединений Al, Bi. Установил, что в определенных условиях главным участником реакции становится кислород воздуха, а пероксид и металл выступают катализаторами. Применил фенильные соединения сурьмы и висмута в условиях металлокомплексного катализа соединениями меди и палладия для избирательного O-, N-, C-фенилирования органических веществ, включающих группы OH, NH, C=C-H, в мягких условиях при 20–50 °С. Изучил процессы газофазного разложения металлоорганических соединений хрома, никеля с целью получения металлосодержащих (металлических, карбидных, оксидных) пленок и покрытий.

*Ключевые слова: элементоорганические соединения, пероксиды элементоорганические, инициаторы, адгезивы, фторопласт, полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид*

В.А. Додонов родился 11 июля 1933 г. в селе Алешково Лухского района Ивановской области на родине матери Екатерины Михайловны Шубиной. Отец, Додонов Алексей Александрович, с 12 лет был мастером по пошиву женской одежды. В дальнейшем, начиная с 1936 г., он работал на водном транспорте. Во время войны Алексей Александрович был призван в армию и в пригороде Москвы Мытищи (теперь это район Москвы) работал в школе по подготовке специалистов для речной флотилии, позднее в Сталинграде он после завершения военных действий занимался разминированием волжского фарватера. Когда началась война, мать Виктора Алексеевича вместе с двумя сыновьями и своей престарелой матерью была вынуждена выехать вместе с эвакуированными ленинградцами вниз по Волге в село Татинец Горьковской области, где Виктор в 1941 г. поступил в сельскую школу. В 1944 г. семья возвратилась в Горький и он продолжил учёбу в семилетней школе № 38. С восьмого класса Виктор учился в школе № 113, которую окончил в 1952 г. Учитель химии, Сергей Васильевич Роганов, прекрасно знал и любил свой предмет. Он смог настолько заинтересовать школьников химией, что 10 человек из класса после школы поступили на спецфак Горьковского государственного университета (ГГУ). Этот факультет был открыт на базе химического факультета в 1948 году с целью интенсивной подготовки отечественных специали-

## Химия элементоорганических соединений

стов-радиохимиков и действовал до 1955 года, так что заканчивал обучение в ГГУ В.А. Додонов как студент химического факультета.

В университете преподавателями В.А. Додонова были выдающиеся ученые Г.А. Разуваев, В.А. Шушунов, И.М. Коренман, И.А. Коршунов (декан спецфака), А.В. Рябов. Свою дипломную работу он выполнял в НИИ химии при ГГУ под руководством заведующего лабораторией органической химии профессора Г.Г. Петухова. После окончания вуза В.А. Додонов в течение 3 лет работал по распределению в лаборатории органической химии НИИ химии при ГГУ. Затем поступил в аспирантуру кафедры органической химии к проф. Г.А. Разуваеву и по его рекомендации прошёл годичную стажировку в Оксфордском университете в известной лаборатории *Dysene Perrens Lab.* департамента органической химии в группе ученого мировой известности профессора Уильяма А. Уотерса, члена Королевского химического общества Англии. За время пребывания в Оксфорде Виктор Алексеевич прекрасно освоил разговорный английский язык, что очень пригодилось ему в дальнейшем. По результатам работы на стажировке им была опубликована статья в *J. Chem. Soc.* Через год В.А. Додонов возвратился в родной университет и продолжил обучение в аспирантуре. В 1965 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Перацилалкил(арил)карбонаты», посвященную синтезу ацилалкил(арил)карбонатов, представлявших новый класс органических пероксидов, исследованию термораспада и их использования в качестве эффективных инициаторов полимеризации метилметакрилата и хлористого винила.

Эти пероксиды послужили основой для изучения реакционной способности кислородцентрированных радикалов с органическими и металлоорганическими соединениями. При исследовании механизма инициирования радикальной полимеризации винилхлорида им были синтезированы меченые изотопом  $^{14}\text{C}$  инициаторы динитрил азоизомасляной кислоты (ДАК) и дициклогексилпероксидкарбонат (ЦПК).



Рис. 1. В.А. Додонов

После окончания аспирантуры В.А. Додонов был оставлен преподавать на кафедре органической химии и активно работал над оснащением кафедры аналитическим оборудованием. Этому способствовали важные для практики достижения в исследованиях реакций органических и элементоорганических пероксидов и инициирования радикальной полимеризации нашли отклик и взаимный интерес на Дзержинских предприятиях по производству полимеров. Начались масштабные договорные работы с НИИ Полимеров им. В.А. Каргина, заводом «Оргстекло», «Капролактам», а также с московским институтом ВИАМ и др. Кафедра оснастилась приборами газовой и жидкостной хроматографами серии «Цвет», ИК-спектроскопии (UR-20).

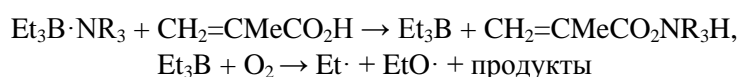
В 1971 г. академик Г.А. Разуваев оставил кафедру на своего ученика В.А. Додонова (рис. 1) и занял должность директора созданного им академического Института химии АН СССР. В 1972 г. в США была издана монография D. Swern "Organic Peroxides", содержащая главу по реакциям органических пероксидов с металлоорганическими соединениями, написанную В.А. Додоновым совместно с Г.А. Разуваевым, В.А. Шушуновым и Т.Г. Брилкиной [1].

В 1975 г. В.А. Додонов защитил докторскую диссертацию «Исследование в области элементоорганических пероксидных соединений и перацилалкил(арил)карбонатов» в московском Институте органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (научный консультант – академик Г.А. Разуваев). Додоновым В.А. впервые в мировой практике был проведен направленный синтез, изучена реакционная способность и строение пероксипроизводных непереходных элементов, в том числе металлоорганических пероксидов типа  $R_n\text{MOOBu}-t$  ( $M = \text{Hg}, \text{Tl}, \text{Si}, \text{Ge}, \text{Sb}, \text{Bi}$  и др.,  $n = 2-4$ ), органических пероксидов с металлоорганическими фрагментами типа  $R_n\text{MOC}(\text{O})(\text{CH}_2)_m\text{OObu}-t$  и  $R_n\text{MOC}(\text{O})(\text{CH}_2)_m\text{C}(\text{O})\text{OObu}-t$  ( $M = \text{Si}, \text{Ge}, \text{Sn}, \text{Sb}$ ), а также органометаллических пероксидов  $\text{Tl}, \text{Si}, \text{Ge}, \text{Sb}$ , включающих пероксидные группировки  $R_n\text{MOOMR}_n$  и  $R_n\text{MOOM}'R_m$  [2]. На основе

металлоорганических пероксидов предложены оригинальные низкотемпературные иницирующие системы для полимеризации виниловых мономеров.

В 1991 г. В.А. Додонов на конкурсной основе получил очень престижный в США Фулбрайт-грант на поездку в Филадельфию (штат Пенсильвания, США) для проведения научных исследований и чтения лекций по использованию металлоорганических соединений и пероксидов в синтезе органических соединений и полимеров студентам Темпельского университета.

Интерес к пероксидам стал определяющим для него на много лет вперед. Под руководством В.А. Додонова были синтезированы новые классы органических и элементоорганических пероксидов, и по этим работам защищены кандидатские диссертации его учеников, преподавателей кафедры Т.И. Зиновьевой, Т.И. Старостиной, С.Н. Забурдаевой, В.В. Чеснокова, Г.В. Басовой. Установлено, что комплексы и радикалы, образуемые при взаимодействии пероксидов с элементоорганическими соединениями, проявляют уникальную способность инициировать процессы полимеризации мономеров акрилового и винилового ряда. Это было изучено В.А. Додоновым в совместных работах с академиком Г.А. Разуваевым, профессором А.В. Рябовым и его аспирантами Ю.А. Ивановой [3], Ю.Н. Красновым, З.В. Орловой [4], Д.Ф. Гришиным [5], Ю.В. Жаровым [6], А.И. Дрэгичем [7], И.Н. Аксеновой [8], Л.Л. Семеньева [9], Ю.Л. Кузнецовой [10], Ж.В. Гарусовой [11], А.И. Вилковой [12] и Р.А. Верховых [13]. В результате этих работ были созданы уникальные клеевые составы, способные при комнатной температуре без предварительной подготовки поверхности склеивать полимеры с низкой поверхностной энергией (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, особенно тефлон), а также создавать новые композиционные материалы из этих полимеров и металлов. В строительной промышленности стала применяться новая технология ускоренной клеевой сборки полимерных трубопроводов канализационных систем (внедрено на предприятиях Минюгстроя). Результаты работы защищены 23 авторскими свидетельствами и патентами. Американская фирма Dow Chemical заинтересовалась клеевыми разработками В.А. Додонова. В течение ряда лет фирма финансировала студентов и аспирантов, работающих в этом направлении. На автозаводах Европы запущена новая технология сборки автомобилей, где полипропиленовые бамперы на конвейере приклеиваются к стальному кузову. Простота метода обуславливалась использованием стабильного на воздухе комплекса бороорганического соединения с амином. В момент смешивания его с метакриловой кислотой происходило высвобождение свободного триалкилбора, который окислялся на воздухе с образованием алкильных радикалов, ведущих процесс отверждения клеевой композиции, а также алкоксильных радикалов, участвующих в прививке макроцепей к поверхности склеиваемого эластомера [14]:



Другое важное направление научных исследований, развиваемое В.А. Додоновым, – изучение реакций окисления органических веществ пероксидами в присутствии соединений металлов. Установлено, что в мягких условиях при комнатной температуре можно осуществлять введение кислородсодержащих функциональных групп в углеродный скелет органических молекул различных классов, в том числе и наиболее инертных веществ – углеводородов (рис. 2). Причем в определенных условиях главным участником реакции становится кислород воздуха, а пероксид и металл выступают катализаторами. Это направление является чрезвычайно актуальным в современной науке, так как сулит выгоду использования неисчерпаемого атмосферного кислорода в органическом синтезе. В данном направлении под руководством В.А. Додонова и профессора кафедры Л.П. Степовик защищены кандидатские диссертации аспирантами и соискателями кафедры С.М. Софроновой [15], Е.А. Забурдаевой [16], Н.В. Долгановой [17], И.М. Мартыновой [18], М.В. Гуленовой [19], докторская диссертация Л.П. Степовик (научный консультант – В.А. Додонов).

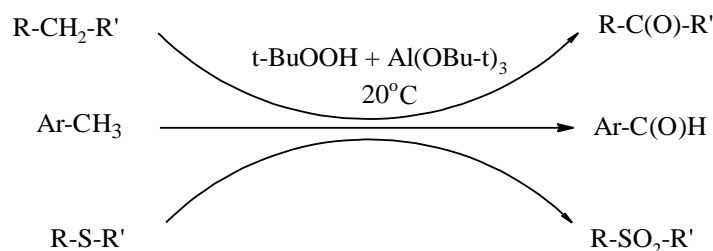


Рис. 2. Реакции окисления углеводородов и их производных системой t-BuOOH + Al(OBu-t)<sub>3</sub>

Ещё одной ветвью научных разработок кафедры под руководством В.А. Додонова стало развитие органического синтеза с применением арильных соединений сурьмы и висмута в условиях металлокомплексного катализа соединениями меди и палладия. Указанные металлоорганические реагенты позволяют при 20–50 °С избирательно оказывать O-, N-, C-арилирующее действие на субстраты, включающие группы OH, NH, C=C-H (рис. 3) [20]. Работы по этим превращениям параллельно велись нобелевским лауреатом сэром Дерекком Р.Х. Бартоном и Жан-Пьером Фине [21] и получили название конденсации Бартона – Додонова [22]. В этой области защищена докторская диссертация А.В. Гуциным (научный консультант – В.А. Додонов), кандидатские диссертации аспирантами кафедры А.В. Гуциным [23], Р.И. Усятинским [24], А.Ю. Фёдоровым [25], а в более позднее время – аспирантами профессора А.В. Гуцина Д.В. Моисеевым [26], Ю.Б. Малышевой [27], А.И. Малеевой.

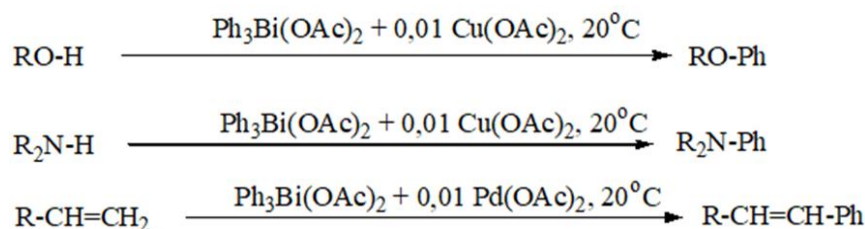


Рис. 3. Реакции O-, N-, C-фенилирования органических соединений диацетатом трифенилвисмута в присутствии солей меди и палладия

Долгое время В.А. Додонов совмещал заведование кафедрой органической химии и руководство лабораторией органической химии НИИ химии ННГУ, которая в то время объединяла около 40 научных сотрудников, работающих в различных научных направлениях. Одним из важнейших было изучение процессов газофазного разложения металлоорганических соединений (МОС) с целью получения металлосодержащих (металлических, карбидных, оксидных) пленок и покрытий. Эти работы были начаты еще профессором Г.Г. Петуховым, который инициировал систематические исследования термораспада ОМСVD-методом всех типов получаемых в руководимой им лаборатории органической химии НИИХ летучих металлоорганических соединений. В зависимости от типа МОС, температуры, газа носителя, состава подложки получались пленочные покрытия хрома для производства резисторов, карбида хрома для защиты поверхности алюминиевых ТВЭЛов, а также увеличения износостойкости режущего инструмента (сверла, резцы). По данному направлению получены 8 авторских свидетельств. Кандидатские диссертации В.Б. Поликарпова [28] и С.Г. Юденича защищены по этой тематике под руководством В.А. Додонова. Уникальные металлические никелевые покрытия взамен серебряных получены из дикетонатных и кетоиминных комплексов эпитаксиальным осаждением в восстановительной атмосфере H<sub>2</sub>/Ar. Пленки никеля имели достаточно высокую адгезию к поверхности стекла, керамики и других материалов и обладали очень важной способностью впаиваться в электрические схемы обычным оловянным припоем. Под руководством В.А. Додонова в этом направлении была подготовлена докторская диссертация В.А. Титова, хотя к защите она не была представлена в связи с болезнью автора. Работы по нанесению пленочных металлосодержащих покрытий на стекло и керамику имели важное практическое значение и давали возможность лаборатории органической химии постоянно зарабатывать значительные средства по хоздоговорам с предприятиями машиностроения. Химическое взаимодействие поверхности с продуктами термолитиза летучих элементо-

органических соединений и комплексов представляло предмет специальных исследований В.А. Додонова с аспирантами М.Б. Молотовщиковой [29] и А.А. Скатовой [30].

Все годы заведования кафедрой органической химии В.А. Додонов развивал интеграцию образовательной и научной деятельности с академическими лабораториями профильного Института химии АН СССР (с 1988 г. Институт металлоорганической химии АН СССР, а ныне ИМХ им. Г.А. Разуваева РАН). В рамках соглашения о сотрудничестве ННГУ и ИМХ РАН в структуре института создан филиал кафедры органической химии (руководитель член-корреспондент РАН В.К. Черкасов). Ведущие ученые приглашались В.А. Додоновым для чтения общих и специальных курсов лекций для студентов 3–6-го курсов дневного и вечернего отделений (академик Г.А. Абакумов, член-корреспонденты РАН Г.А. Домрачев, В.К. Черкасов, И.Л. Федюшкин, доктора наук Н.С. Вязанкин, А.Н. Егорочкин, Ю.А. Курский и др.). Для выполнения квалификационных работ лучшие студенты кафедры органической химии ежегодно прикомандировывались к ученым института, около 4–6 человек каждый год. В период 2000–2007 гг. аспирантами кафедры получено более 20 грантов на стажировку в ИМХ РАН как ведущем научном центре России. Тесное взаимодействие с подразделениями Академии наук приносило большую пользу и кафедре, и институту в плане уровня подготовки выпускников, совместных публикаций, грантов, семинаров, совместного эффективного использования дорогостоящего научного оборудования. В период с 2006 по 2013 гг. кафедра существенно расширила парк научного оборудования, за счет государственных бюджетных средств проектов развития ведущих университетов были приобретены хроматографы ГХ (Shimadzu), ВЭЖХ (Knauer), спектрометры ЯМР (Agilent), ИК, УФ (Shimadzu), элементный анализатор (Vario MICRO cube), оборудование рабочих мест студенческого общего практикума.

В.А. Додонов вырастил 27 кандидатов и 3 докторов наук. Все они являются сложившимися педагогами, научными работниками, а некоторые развивают бизнес в области органической и элементоорганической химии.

В 2016 г. В.А. Додонов передал заведование кафедрой органической химии в надежные руки доктора химических наук Алексея Юрьевича Федорова, выпускника кафедры, член-корреспондента РАН (2022), выдающегося синтетика [31].

В детстве В.А. Додонов серьезно увлекался лыжными гонками. В школе он стал чемпионом города среди юношей. Учась в университете, он выполнил норму мастера спорта, тренировал подростков городской лыжной команды «Динамо». В годы аспирантуры карьеру лыжного гонщика Виктор развивать не стал и углубился в научные исследования. Тем не менее во время обучения в аспирантуре он с удовольствием участвовал в хозяйственной работе, которую профессор А.В. Рябов, заведующий кафедрой коллоидной химии, мастер спорта по лыжам, выполнял для нижегородской фабрики лыжных мазей «Динамо». В качестве компонентов для новых мазей химии университета использовали парафин, церезин, полиизобутилен, воск и другие добавки, производимые в широком ассортименте отечественной промышленностью, преимущественно на заводах Горьковской области и Казани. Весь зимний период новые композиции мазей для различной погоды создавались и испытывались на качество скольжения, сцепления, отдачи предвзвешенно на механических приспособлениях собственной конструкции, а затем на лыжной трассе. Надо отметить, что нижегородские мази «Темп» были долгое время очень популярными в стране, даже использовались нашими лыжниками на Олимпийских играх.

Химиком-технологом стал сын В.А. Додонова Михаил. Он после окончания химфака ГГУ и аспирантуры московского Института биоорганической химии им. М.М. Шемякина АН СССР работал в Институте физиологически активных веществ в подмосковной Черноголовке, Институте химической физики г. Ланчжоу в Китае, в 2003–2006 гг. был главным технологом компании «Московская косметика», в настоящее время трудится на фирме WDS в Москве.

Внук В.А. Додонова Владимир после окончания ННГУ и аспирантуры ИМХ РАН стал увлеченным исследователем. Он в 2018 году защитил кандидатскую диссертацию, прошел научные стажировки в научных лабораториях Германии и Китая и в настоящее время работает старшим научным сотрудником ИМХ РАН.

В.А. Додонов был хорошим семьянином, трепетно и терпеливо ухаживал за престарелыми родителями, за любимой женой Татьяной в последние годы ее жизни. Дети и внуки так же заботливо относились к Виктору Алексеевичу до последних дней его жизни.

Коллектив кафедры органической химии хранит добрую память о В.А. Додонове как о выдающемся университетском педагоге и исследователе.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, БЧ госзадания, проект 0729-2020-0039.

### Список источников

1. Organic Peroxides. Vol. 3. / Ed. D. Swern. N.Y.: Wiley, 1972. P. 141–270.
2. Котон М.М. Металлоорганические соединения и радикалы / под ред. М.И. Кабачника. М.: Наука, 1985. С. 41–57.
3. Разуваев Г.А., Додонов В.А., Иванова Ю.А. Иницирующая способность систем на основе тибутилбора и устойчивых элементоорганических перекисей при полимеризации виниловых мономеров // Докл. АН СССР. 1980. Т. 250, № 1. С. 119–121.
4. Низкотемпературная иницирующая система: три-*n*-бутилбор-ди-*трет*-бутилперокси-трифенилсурьма как эффективный регулятор молекулярных масс ПММА / В.А. Додонов, Ж.В. Гарусова, З.В. Орлова, Т.И. Старостина // Высокомол. соед. Сер. Б. 1999. Т. 41, № 11. С. 1831–1834.
5. Гришин Д.Ф., Черкасов В.К., Додонов В.А. Радикальные стадии в реакциях металлоорганических соединений с 2-метил-2-нитропропаном: экспериментальное подтверждение корректности нитроксильного метода в исследованиях гомолитических реакций элементоорганических соединений // Изв. АН. Сер. хим. 1994, № 5. С. 916–920.
6. Композиция для склеивания фторопласта и полиэтилена: А. с. 1457392 СССР; заявл. 22.09.1986; Бюл. 1989. № 5. С. 259.
7. Способ получения пероксидатного аэросила: А. с. 915437 СССР; заявл. 15.07.1980; Бюл. 1982. № 11. С. 242.
8. Додонов В.А., Гришин Д.Ф., Аксенова И.Н. Электрофильность растущих макрорадикалов как фактор, определяющий скорость в координационно-радикальной полимеризации акриловых мономеров // Высокомол. соед. Сер. Б. 1993. Т. 35, № 12. С. 2070–2072.
9. Додонов В.А., Семенычева Л.Л., Горшкова М.Б. Полимеризация винилхлорида в присутствии изомерных соединений трибутилбора и некоторых элементоорганических пероксидов // Высокомол. соед. Сер. Б. 1984. Т. 26, № 2. С. 101–104.
10. Макроинициаторы радикальной контролируемой полимеризации метилметакрилата на основе системы трибутилбор-нафтохинон / В.А. Додонов, А.И. Вилкова, Ю.Л. Кузнецова, Шушунова Н.Ю., Чесноков С.А., Курский Ю.А., Долгоносова А.Ю., Шаплов А.С. // Высокомол. соед. Сер. Б. 2010. Т. 52, № 9. С. 1667–1674. DOI: 10.1134/S1560090410090022.
11. Радикальная полимеризация ММА, регулируемая системой три-*n*-бутилборан –  $\alpha,\beta$ -непредельное карбонильное соединение / В.А. Додонов, Ж.В. Гарусова, Т.И. Старостина, Ю.Е. Беганцова // Высокомол. соед. Сер. А. 2000. Т. 42, № 9. С. 1483–1488.
12. Неконтролируемая псевдоживая радикальная полимеризация метилметакрилата в присутствии бутилзамещенных *p*-хинонов / В.А. Додонов, Ю.Л. Кузнецова, А.И. Вилкова, А.С. Скучилина, В.И. Неводчиков, Л.Н. Белодед // Изв. АН. Сер. хим. 2007. № 6. С. 1119–1122. DOI: 10.1007/s11172-007-0176-z.
13. Термокинетика отверждения акрилатной клеевой композиции под действием триалкилборан-аминных комплексов с кислородом / В.А. Додонов, М.В. Гуленова, К.В. Кирьянов, С.Н. Ильянов, Р.А. Верховых // Клеи. Герметики. Технологии. 2014. № 11. С. 17–21.
14. Фотополимеризация метилметакрилата в присутствии системы три-*n*-бутилбор – *n*-хинон / Ю.Л. Кузнецова, С.А. Чесноков, С.Д. Зайцев, В.А. Додонов // Высокомолекул. соед. Сер. Б. 2010. Т. 52, № 3. С. 498–505. DOI: 10.1134/S1560090410030024.
15. Полимеризация винилхлорида на системе алюминийорганический пероксид – алюминийорганическое соединение / В.А. Додонов, С.М. Софронова, Л.П. Степовик, Л.Л. Семенычева // Высокомол. соед. Сер. Б. 1986. Т. 28, № 12. С. 906–908.
16. Радикальное низкотемпературное окисление дибензилсульфида под действием системы трифенилвисмут – *трет*-бутилгидропероксид / В.А. Додонов, Е.А. Забурдаева, Е.Н. Челебаева, В.А. Куропатов // Изв. АН. Сер. хим. 2008. № 6. С. 1183–1185. DOI: 10.1007/s11172-008-0152-2.

17. Додонов В.А., Зиновьева Т.И., Долганова Н.В. Необычный путь окисления диэтилового эфира производными висмута(V) // Изв. АН. Сер. хим. 1995. Т. 44, № 4. С. 783–784.
18. Исследование методом ЭПР термического разложения ди(трет-бутоксид)алюмо-трет-бутилтриоксида, образующегося при взаимодействии тритрет-бутилата алюминия с трет-бутилгидропероксидом / Л.П. Степовик, И.М. Мартынова, В.А. Додонов, В.К. Черкасов // Изв. АН. Сер. хим. 2002. № 4. С. 590–595.
19. Nitroxide malonate methanofullerene as biomimetic model of interaction of nitroxide species with antioxidants / N.B. Melnikova, V.M. Korobko, M.V. Gulenova, V.P. Gubskaya, G.M. Fazlleeva, O.E. Zhiltsova, E.N. Kochetkov, A.I. Poddelyskii, I.A. Nuretdinov // Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 2015. Vol. 136. P. 314–322. DOI: 10.1016/j.colsurfb.2015.09.026.
20. Tetraphenylantimony carboxylates in the cascade Pd-catalyzed C-phenylation reaction in the presence of peroxide / D.V. Moiseev, V.A. Morugova, A.V. Gushchin, A.S. Shavirin, Yu.A. Kursky, V.A. Dodonov // J. Organomet. Chem. 2004. Vol. 689. P. 731–737. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2003.11.025.
21. Finet J.-P. Ligand Coupling reactions with Heteroatomic Compounds. Oxford: Pergamon Press, 1998. 291 p.
22. Шарутин В.В., Сенчурин В.С. Именные реакции в химии элементоорганических соединений: справочник. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011. С. 32.
23. Додонов В.А., Гущин А.В. Диацилаты трифенилвисмута – новые реагенты в тонком органическом синтезе // Изв. АН. Сер. хим. 1993. № 12. С. 2043–2048. DOI: 10.1007/BF00698873.
24. Синтез (гидрокси)дикетонатов трифенилсурьмы окислительным методом / А.В. Гущин, В.А. Додонов, Р.И. Усятинский, Е.Р. Корешкова, Б.Б. Типанов // Изв. АН. Сер. хим. 1994. № 7. С. 1302–1304. DOI: 10.1007/BF00698252.
25. Synthesis and structural characterization of some complexes of hexa-coordinated antimony / V.A. Dodonov, A.Y. Fedorov, S.N. Ziburdaeva, G.K. Fukin, L.N. Zakharov, A.V. Ignatenko // Russ. Chem. Bull. 1995. Vol. 44, no. 4. P. 730–733. DOI: 10.1007/BF00698512.
26. Use of triarylstibines in C-arylation reaction / D.V. Moiseev, V.A. Morugova, A.V. Gushchin, V.A. Dodonov // Tetrahedron Lett. 2003. Vol. 44, no. 15. P. 3155–3157. DOI: 10.1016/S0040-4039(03)00511-2.
27. Study of homo- and cross-coupling competition in the reaction of triaryl(bismuth(v)) dicarboxylates with methyl acrylate in the presence of a palladium catalyst / D.V. Moiseev, Y.B. Malysheva, A.S. Shavirin, Yu.A. Kurskii, A.V. Gushchin // J. Organomet. Chem. 2005. Vol. 690. P. 3652–3653. DOI: 10.1016/j.jorganchem.2005.04.051.
28. Состав для пиролитического нанесения хромкарбидного покрытия; А. с. 928843 СССР; заявл. 08.08.1980; Бюл. 1982. № 18. С. 297.
29. Строение и координация металлоорганических групп на химически модифицированной поверхности SiO<sub>2</sub> / С.К. Игнатов, А.А. Багатурьянц, А.Г. Разуваев, М.В. Алфимов, М.Б. Молотовщикова, В.А. Додонов // Изв. АН. Сер. хим. 1998. № 7. С. 1296–1304. DOI: 10.1007/BF02495544.
30. Взаимодействие поли(метилметакрилат)-радикалов с некоторыми *n*-хинонами в присутствии три-*n*-бутилбора при полимеризации метилметакрилата / В.А. Додонов, Ю.Л. Кузнецова, М.А. Лопатин, А.А. Скатова // Изв. АН. Сер. хим. 2004. № 10. С. 2114–2119. DOI: 10.1007/s11172-005-0101-2.
31. Water-soluble chlorin/arylaminoquinazoline conjugate for photodynamic and targeted therapy / V.F. Otvagin, N.S. Kuzmina, L.V. Krylova, A.B. Volovetsky, A.V. Nyuchev, A.E. Gavryushin, I.N. Meshkov, Y.G. Gorbunova, Y.V. Romanenko, O.I. Koifman, I.V. Balalaeva, A.Y. Fedorov // J. Med. Chem. 2019. Vol. 62, no. 24. P. 11182–11193. DOI: 10.1021/acs.jmedchem.9b01294.

**Гущин Алексей Владимирович** – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры органической химии, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (Нижний Новгород). E-mail: gushchin4@yandex.ru

**Вахитов Владислав Рустамович** – бакалавр химического факультета, Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (Нижний Новгород). E-mail: cj2001@mail.ru

Поступила в редакцию 28 октября 2022 г.

## THE USE OF ORGANOELEMENT COMPOUNDS OF SOME ELEMENTS OF GROUPS III, V AND PEROXIDES IN THE SYNTHESIS OF ORGANIC COMPOUNDS AND POLYMERS. IN MEMORY OF PROFESSOR V.A. DODONOV

A.V. Gushchin, gushchin4@yandex.ru

V.R. Vakhitov, cj2001@mail.ru

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Professor Viktor Alekseevich Dodonov (11.07.1933 – 27.09.2021) was the Head of the Department of Organic Chemistry of the Chemical Faculty of Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod from 1971 to 2016. He was an Honored Scientist of the Russian Federation, full member of the Academy of Engineering Sciences of the Russian Federation, Fulbright Professor, the author of 42 patents, 500 scientific articles, the Head of the Scientific and Pedagogical school “Organic and organoelement chemistry: radical reactions in the liquid phase”. He synthesized new classes of organic and organoelement peroxides based on non-transition elements. He created unique adhesives based on an amine complex with an organoboronic compound, capable of gluing polymers with low surface energy at room temperature (polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride, and especially Teflon). He showed the possibility of oxidation of hydrocarbons and their derivatives (alkanes, alkenes, alkyl-substituted aromatic hydrocarbons, alcohols, ketones, ethers and esters, and sulfides) at room temperature with *tert*-butylhydroperoxide in the presence of the aluminum and bismuth compounds. He found that under certain conditions the air oxygen became the main participant in the reaction, while peroxide and metal act as catalysts. He used phenyl derivatives of antimony and bismuth under metal complex catalysis by copper and palladium compounds for selective O-, N-, C-phenylation of organic substances including OH, NH, C=C-H groups under mild conditions at 20–50 °C. He studied the processes of gas-phase decomposition of organometallic compounds of chromium and nickel in order to obtain metal-containing (metallic, carbide, oxide) films and coatings.

*Keywords: organoelement compounds, organoelement peroxides, initiators, adhesives, fluoropolymer, polyethylene, polypropylene, polyvinyl chloride*

*Received 28 October 2022*

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Гущин А.В., Вахитов В.Р. Использование элементоорганических соединений некоторых элементов III, V групп и пероксидов в синтезе органических соединений и полимеров. Памяти профессора В.А. Додонова // Вестник ЮУрГУ. Серия «Химия». 2023. Т. 15, № 1. С. 9–16. DOI: 10.14529/chem230101

### FOR CITATION

Gushchin A.V., Vakhitov V.R. The use of organoelement compounds of some elements of groups III, V and peroxides in the synthesis of organic compounds and polymers. In memory of professor V.A. Dodonov. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Chemistry.* 2023;15(1):9–16. (In Russ.). DOI: 10.14529/chem230101