

УДК 929(092)

Н.С. Китаева¹, Ю.М. Ширякина¹, Р.Р. Мухаметов¹, Р.О. Шитов¹

НИКОЛАЙ СЕМЕНОВИЧ ЛЕЗНОВ: БИОГРАФИЯ И ВКЛАД В РАЗВИТИЕ НАУКИ

DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-7-112-124

Рассмотрены основные этапы жизненного пути доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, крупного специалиста в области создания и внедрения в промышленность полимеров для новых авиационных материалов – Николая Семеновича Лезнова (17.12.1904–25.06.1984). Проанализированы и описаны научные труды и достижения основателя лаборатории синтеза полимеров, связующих для неметаллических материалов и специальных жидкостей, а также физико-химические исследования полимерных материалов ВИАМ.

Ключевые слова: полиорганосилоксаны, полиэтилсилоксаны, кремнийорганические связующие, эпоксидные связующие, полиимидные связующие, авиационная промышленность.

N.S. Kitaeva¹, Yu.M. Shiryakina¹, R.R. Mukhametov¹, R.O. Shitov¹

NIKOLAY SEMENOVICH LEZNOV: BIOGRAPHY AND CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF SCIENCE

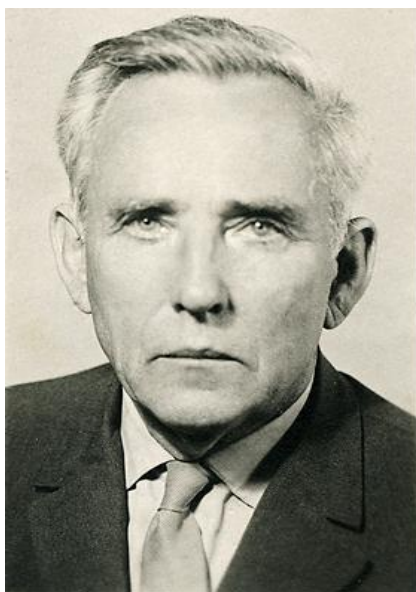
The main life stages of a doctor of technical sciences, professor, honored worker of science and technology of the RSFSR, a major specialist in the field of creation and implementation of polymers for new aviation materials, whose name was Nikolai Semenovich Leznov (12/17/1904–06/25/1984), were considered. The scientific works and achievements of the founder of the laboratory for the synthesis of polymers, binders for non-metallic materials, special liquids and physical and chemical studies of polymer materials of VIAM were analyzed and described.

Keywords: polyorganosiloxanes, polyethylsiloxanes, organosilicon binders, epoxy binders, polyimide binders, aviation industry.

¹Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal State Unitary Enterprise «All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials» State Research Center of the Russian Federation]; e-mail: admin@viam.ru

Введение

Инновационное развитие России тесно связано с успехами и достижениями больших государственных научных центров благодаря их стремлению всегда быть в авангарде научных разработок [1–7]. Одним из таких центров является ФГУП «ВИАМ», интеллектуальный ресурс которого на протяжении всей истории его существования имел определяющее значение для эффективной и качественной работы предприятия [8]. Безусловно, ФГУП «ВИАМ» – это прежде всего талантливые люди, являющиеся примером для многих поколений ученых как в нравственном аспекте, так и в научно-исследовательской деятельности. Именно таким был Николай Семенович Лезнов – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, крупный специалист в области создания и внедрения в промышленность полимеров для новых авиационных материалов.



Николай Семенович Лезнов
4(17).12.1904 – 25.06.1984

Родился в г. Ельце Орловской губернии в семье железнодорожного служащего Семена Васильевича Лезнова и его жены Прасковьи Прокофьевны. У него было три сестры, чьи профессии в будущем тесно связаны с медициной и химией.



Александра Семеновна, врач
(1901–1947)



Варвара Семеновна, врач
(1902–1982)



Надежда Семеновна, химик
(1907–1978)

Сестры Николая Семеновича Лезнова

В 1922 г. Николай окончил школу II ступени в г. Ельце.

Учебу в школе Николай совмещал с работой в продовольственном комитете при железнодорожной станции Елец.

В 1922 г. Н.С. Лезнов был откомандирован Калужским губпрофсоветом на учебу в Императорский Константиновский межевой институт в Москве, после расформирования которого он в 1923 г. переходит в Институт народного хозяйства им. К. Маркса (ныне Российская экономическая академия им. Г.В. Плеханова). Однако в связи с тем, что курс средней школы им не был пройден, институт пришлось оставить. В 1927–1928 гг. Николай самостоятельно осваивает курс средней школы.



Второе приходское училище (Николай Лезнов рядом с учительницей справа).
г. Елец, 13 мая 1914 г. Фотография Р.Л. Кунце

В 1929 г. по дополнительному приему в химические вузы Н.С. Лезнов был зачислен на первый курс Уральского политехнического института (г. Свердловск), откуда осенью того же года переведен в Московское высшее техническое училище (МВТУ; ныне Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана) на химический факультет.

В 1930 г. в связи с реорганизацией МВТУ переведен в Московский химико-технологический институт (МХТИ) им. Д.И. Менделеева (ныне Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева), который закончил в 1932 г., получив специальность «инженер-технолог анилино-красочной промышленности».

После окончания института Н.С. Лезнов работал в ряде организаций (опытный завод Министерства химической промышленности СССР, Главное управление анилиновой промышленности Наркомата химической промышленности СССР и др.), а также преподавал в МХТИ им. Д.И. Менделеева, на химическом факультете Всесоюзной промышленной академии им. Л. Кагановича Наркомата тяжелого машиностроения СССР, во Всесоюзной школе техников.

Осенью 1941 г. Николай Семенович был мобилизован в армию, в ноябре 1941 г. демобилизован и направлен на работу на химический завод, откуда в сентябре 1943 г. отозван в Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей (НИИОПик).



Николай Семенович Лезнов во время Великой Отечественной войны

В том же военном 1943 г. Н.С. Лезнов поступил на работу во Всесоюзный научно-исследовательский институт авиационных материалов (ВИАМ), где трудился старшим инженером, младшим научным сотрудником (1946 г.), старшим научным сотрудником (1947 г.), начальником отдела (1956 г.), начальником лаборатории № 25 (1959 г.), начальником сектора (1970 г.).

В 1947 г. в ученом совете Московского института химического машиностроения (МИХМ; ныне Московский государственный университет инженерной экологии в составе Московского политехнического университета) Н.С. Лезнов защитил кандидатскую диссертацию на тему «Синтез триаллиловых эфиров трехосновных кислот и полимеризация их» и ему была присвоена ученая степень кандидата технических наук.

В послевоенное время в период интенсивного развития гражданской и военной авиации существенно увеличился спрос на полимеры, способные работать при высоких температурах, а также обладающие рядом специальных свойств [9, 10].

Первой задачей, за решение которой взялся высокоэрудированный и накопивший к этому времени большой опыт научно-исследовательской работы Н.С. Лезнов, было создание жидкостей и масел, характеризующихся низкими ($-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) температурами застывания, невысоким температурным коэффициентом вязкости и рядом специфических свойств, для применения в гидравлических системах новых самолетов. Эта работа имела очень важное значение, ее выполнение проходило под строгим контролем Министерства авиационной промышленности.

Исходя из предпосылки, что подобным комплексом свойств могут обладать полиорганосилоксаны с обранием в виде этильных групп, объектом исследований Н.С. Лезнова стали полидиэтилсилоксаны (ПЭС).

Основным исходным сырьем для синтеза ПЭС был выбран диэтилдиэтоксисилан (ДЭДЭОС) и его смеси с триэтилэтоксисиланом (ТЭЭОС). Программа работ предусматривала исследование реакций образования полидиалкил(алкилфенил)силоксанов из диалкил(алкилфенил)диэтоксисиланов и разработку промышленного способа производства полиорганосилоксановых жидкостей.

К этому времени из научно-технической литературы был известен лишь один способ получения ПЭС – путем водного гидролиза диалкилдиэтоксисиланов. Проведенные Н.С. Лезновым и его коллегами исследования показали, что при гидролизе ДЭДЭОС водой и водными растворами кислот образуется смесь циклических и линейных ПЭС.

Присутствие на концах линейных молекул функциональных $-\text{OH}$ - и $-\text{OC}_2\text{H}_5$ -групп в составе полученных жидкостей снижает термическую и химическую стабильность последних. Полного устранения $-\text{OC}_2\text{H}_5$ -групп достичь не удастся, так как их активность к гидролизу по мере увеличения длины молекул уменьшается и для его осуществления требуется более жесткое воздействие, чем воздействие водного раствора кислоты.

Для придания стабильности жидкостям, полученным при водно-кислотном гидролизе ДЭДЭОС, их обрабатывали концентрированной серной кислотой. При этом выяснили, что наряду с полным или частичным устранением оксигрупп, в зависимости от количественного соотношения реагентов, могут быть полностью устранены этоксигруппы в виде этилсерной кислоты. Выдвинуто предположение, что прямое взаимодействие с серной кислотой приведет к образованию ПЭС, свободных от функциональных групп, благодаря проведению реакции практически в безводной среде и дегидратирующему действию серной и образующейся этилсерной кислот согласно следующей схеме:



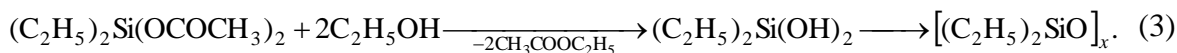
Проведенные эксперименты полностью подтвердили это предположение. Установлено влияние соотношения исходных реагентов, температуры, концентрации кислоты, продолжительности процесса и выбранного растворителя на выход полученных ПЭС, а также на их качественный и фракционный составы. Исследованы реакции ДЭДЭОС с другими кислотами: фосфорной, борной, рядом монокарбоновых (муравьиной, уксусной, пропионовой, н-масляной и хлоруксусной) и дикарбоновых кислот (щавелевой, янтарной, малеиновой и адипиновой), а также со многими альдегидами, фенолом, эпихлоргидрином и гликолями типа хлоральгидрата.

Для взаимодействия ДЭДЭОС с уксусной кислотой Н.С. Лезнов предложил следующую схему, состоящую из двух стадий:

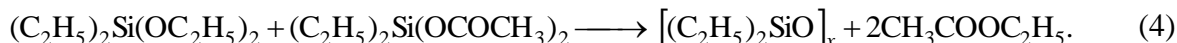
– первая стадия проходит с расщеплением Si–O-связи и образованием промежуточного соединения – диэтилдиацетоксисилана (ДЭДАС):



– вторая стадия проходит с расщеплением C–O-связи:



Выдвинуто также предположение, что образование ПЭС на второй стадии может быть результатом гетерофункциональной конденсации непосредственно из ДЭДЭОС и образующегося на первой стадии ДЭДАС:



Установлено, что введение в реакционную смесь 0,1–0,2 % (по массе) серной кислоты приводит к резкому увеличению скорости реакции; при этом разница в длительности процесса, зависящей от силы карбоновой кислоты, сводится к минимуму. Одновременное введение указанного катализатора позволяет снизить избыток кислоты, необходимый для предупреждения образования полимеров, содержащих в макромолекуле этоксигруппы [11].

Из уравнения (3) видно, что при действии спиртов на ДЭДАС должны получаться уксусноэтиловые эфиры соответствующих спиртов и ПЭС. Действительно, при действии осушенных метанола или этанола на ДЭДАС получены соответствующие алкилацетаты и ПЭС. Последние содержали 3–5 % алкоксигрупп. Это указывает на то, что наряду с расщеплением связи C–O в ДЭДАС под действием спирта, приводящим к образованию эфира уксусной кислоты и ПЭС, свободных от этоксигрупп, происходит разрыв по Si–O-связи, в результате которого образуются этоксипроизводные и уксусная кислота. Последующее омыление этоксигрупп разбавленным раствором уксусной кислоты приводит к получению ПЭС, содержащих этоксигруппы.

В результате проведенных Н.С. Лезновым и его коллегами исследований [12–16] получены следующие результаты:

– изучено взаимодействие ДЭДЭОС с водой, водными растворами кислот, концентрированными минеральными кислотами, моно- и дикарбоновыми кислотами, альдегидами, фенолом и гликолями;

– установлено, что ПЭС, свободные от функциональных групп, могут быть получены при реакциях ДЭДЭОС с минеральными и карбоновыми кислотами. Показана зависимость качественного и фракционного составов ПЭС от природы действующего вещества и условий реакции;

– изучены реакции перегруппировок ПЭС, позволяющие изменять их качественный и фракционный составы;

– предложен механизм реакции ДЭДЭОС с карбоновыми кислотами;

– найден способ получения гексаалкилполифенилалкилсилоксанов, основанный на реакции фенилэтилдиэтоксисилана с триалкилсилилфосфатом;

– исследованы физико-химические и технические свойства синтезированных жидкостей и их смесей с минеральными маслами и показана зависимость их характеристик от состава и строения. Индивидуальные олигомерные соединения линейного и циклического строения (с $n = 3-8$) выделены путем многократного фракционирования смеси полимеров, полученных перегруппировкой циклических ПЭС в присутствии гексаэтилдисилоксана под влиянием серной кислоты. Исследованы их (индивидуальных олигомерных соединений) температуры застывания, плотности, коэффициенты преломления, зависимость вязкости от температуры в интервале от -70 до $+50$ °С, упругость паров и др.

Следует отметить, что во время проведения работ в распоряжении исследователей не было современных методов – таких как гель-проникающая хроматография и метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Как известно, профессор Гарвардского университета Э.М. Перселл приблизительно в это же время только открыл принцип ЯМР в жидкостях и твердых телах и разработал прибор для изучения структуры вещества, за что и получил вместе с Ф. Блохом в 1952 г. Нобелевскую премию по физике [17].

Таким образом, в результате проведенных Н.С. Лезновым исследований получены новые реакции образования полидиорганосилоксанов, необходимые при выборе способа производства ПЭС-жидкостей и внедрения его в промышленность.

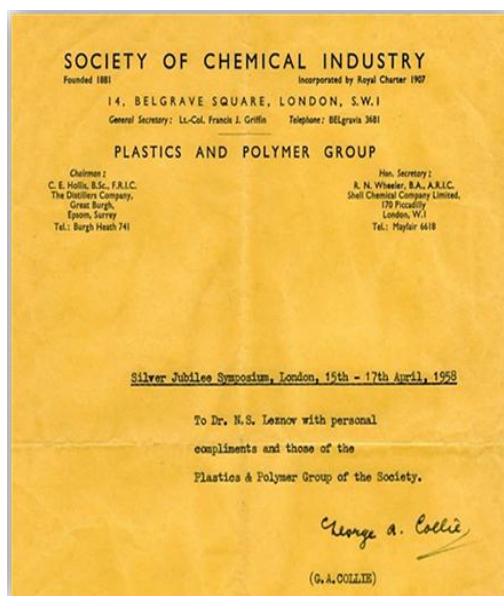
Исследования свойств синтезированных жидкостей, сведения о которых на тот момент в мировой научно-технической литературе и практике отсутствовали, способствовали выбору областей применения ПЭС в технике.

В 1947–1955 гг. Н.С. Лезновым разработаны и внедрены в промышленность 22 марки полиэтилсилоксановых жидкостей, нашедших широкое применение в авиационной и других отраслях промышленности.

За эту работу Николай Семенович с коллегами К.А. Андриановым и Л.А. Сабун в 1950 г. удостоен Сталинской премии 3-й степени.

В 1953 г. он был прикомандирован в докторантуру Института нефти АН СССР (ныне Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН), где в 1955–1956 гг. выполнил докторскую диссертацию на тему «Изучение реакции образования полиорганосилоксановых жидкостей из алкил(алкиларил)этоксисиланов и разработка промышленного метода производства» (научный консультант – академик А.В. Топчиев). Защита диссертации с присуждением Н.С. Лезнову ученой степени доктора технических наук состоялась 29 марта 1956 г. [18].

Следует отметить, что по сложившейся в те годы практике, как у нас в стране, так и за рубежом, значимые работы по высокотермостойким полисилоксанам и другим полимерам, представлявшие интерес для разработки материалов авиакосмического применения, не подлежали опубликованию в открытой печати. Поэтому у Николая Семеновича более 50 авторских свидетельств, а работ, опубликованных в открытой печати, немного [19–24] – разрешали публиковать только свойства материалов без упоминания каких-либо деталей. Тем не менее имя Н.С. Лезнова было хорошо известно в кругах специалистов, занимающихся как кремнийорганическими соединениями, так и высокомолекулярными полимерами, поскольку исследователь участвовал в работе многих конференций, в том числе зарубежных.



Приглашение на симпозиум. Лондон, 1958 г.



Н.С. Лезнов с академиком АН СССР, доктором химических наук К.А. Андриановым на конференции в Лондоне в 1958 г.



Группа ученых ВИАМ на совещании по кремнийорганическим соединениям в Академии наук СССР (Н.С. Лезнов слева вверх). 1959 г.

Интерес к высокотермостойким полимерам и потребность в них конструкторов – создателей авиационной техники определили область дальнейших работ Н.С. Лезнова и возглавляемой им с 1959 г. лаборатории в ВИАМ.

В 1955–1965 гг. Н.С. Лезнов разработал уникальный и неизвестный до этого в мировой практике метод получения твердых и жидких кремнийорганических олигомеров разного строения, а также осуществил его промышленное внедрение. Данный способ является универсальным, поскольку позволяет вводить практически любые радикалы в обрамление силоксановых цепей.

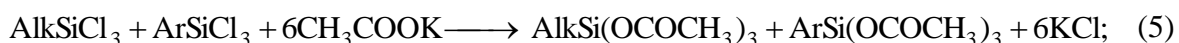
В отличие от продуктов, получаемых методом гидролитической поликонденсации, в таких полиорганосилоксанах сохраняется то соотношение алкильных, арильных, карборанильных и других заместителей при атомах кремния, которое задано соотношением органохлорсиланов в исходной смеси мономеров. Кроме того, возможно получение стабильных при хранении смол с функциональностью от 2,5 до 3,1, в том числе с соотношением C/Si меньше 1, что исключено при методе гидролитической поликонденсации [25–27].

Эти олигоорганосилесквиоксаны представляют собой твердые термореактивные олигомеры («смолы»), сохраняющие физико-химические и технологические свойства при длительном хранении (в течение нескольких лет) и обладающие хорошей растворимостью практически во всех используемых в перерабатывающей промышленности растворителях. Характеризуются среднечисловой молекулярной массой 900–4000 и достаточно узким молекулярно-массовым распределением. Содержат небольшое количество (до 6 % в сумме) гидроксид- и метоксигрупп.

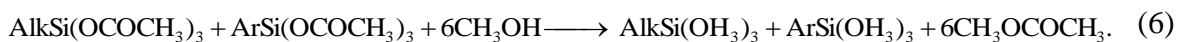
Суть метода Н.С. Лезнова заключается в реакции органохлорсилана или смеси органохлорсиланов с ацетилирующим агентом, которым может быть ацетат калия, уксусный ангидрид или (что хуже) уксусная кислота. Полученные ацетоксипроизводные без выделения из толуольного раствора подвергаются алкоголизу метиловым (реже этиловым) спиртом в контролируемых температурных условиях. Направление реакции зависит от pH среды и задается заранее соотношением исходных реагентов (органохлорсилан и ацетилирующий агент) [28].

Синтез полиалкил(арил)силесквиоксана лестничной структуры включает три основные стадии:

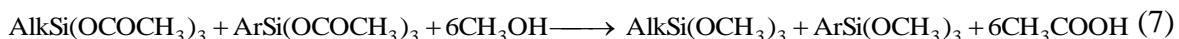
1) ацетилирование алкил- и арилтрихлорсиланов ацетатом калия:



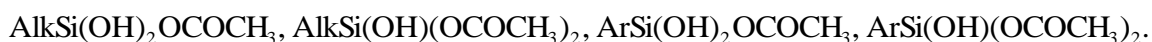
2) алкоголиз ацетоксипроизводных кремния метиловым спиртом, приводящий к образованию алкил- и арилтрисиланов:



Направление реакции алкоголиза зависит от среды. Кислая среда приводит к получению тригидроксисиланов, тогда как при нейтральной среде протекает обменная реакция, приводящая к образованию органометоксисиланов:



или продуктов неполного алкоголиза типа



Следовательно, при получении алкил(арил)силесквиоксана на стадии алкоголиза важно постоянно поддерживать pH среды, равный ~2;

3) конденсация тригидроксиалкил- и тригидроксиарилсиланов, протекающая при отгонке толуола, в котором осуществляется синтез. В результате образуется полиалкил(арил)силсексвиоксан лестничного строения. Однако поскольку на стадии алкоголиза формируется некоторое количество продуктов неполного гидролиза, то образуется сополимер лестничного строения, но с дефектной структурой, содержащий в цепи определенное число разветвленных и линейных звеньев.

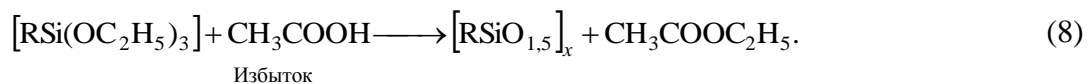
При более высоком рН продуктами реакций являются жидкие смеси линейных и циклических олигоалкил(арил)силоксанов с $n = 2-10$, содержащие не менее одной алкоксигруппы при каждом атоме кремния. Эти олигомеры благодаря их низкой вязкости и большому количеству метоксильных групп нашли применение в качестве структурирующих агентов при вулканизации полидиалкил(арил)силоксановых герметиков и компаундов холодного отверждения, а также в качестве активных разбавителей кремнийорганических смол (связующие К-9-70, БК-9-0 и др.) [29–35].

В 1965–1976 гг. Н.С. Лезнов с коллегами поэтапно организовали промышленное серийное производство твердых смол К-4, К-9, К-10, К-2105, К-81 и К-4, лаков КО-554 и КО-039 на заводе «Кремнийполимер» (г. Запорожье Украинской ССР) с масштабом выпуска до 20 тонн в год, жидких олигомеров К-101-0 и К-9-0, а позднее – опытно-промышленное производство олигокарборансилоксановых смол К-2104, К-2103 и олигомера К-2104-0, содержащих карборановые группировки в обрамлении силоксановых цепей [36].

На основе этих продуктов в ВИАМ создан широкий ряд термостойких авиационных материалов: стеклотекстолиты СК-101, СК-9ФА, СК-9Х, СК-10, СТКМ, СТКМ-С и СК-9-70; клей ВК-2; пресс-материалы ПК-101, ПК-10, ПКО-2-2-6, ПКО-2-2-7, ПКО-2-2-8, ПКО-2-2-9 и ПКО-2-2-10; герметики ВГФ-4-10 и ВГФ-7-10; компаунд ВИКСИНТ ППК-21; уплотнительный материал 18ВК-2Г и др.).

Путем химической модификации разработанных полиорганосилоксанов органическими и элементоорганическими полимерами созданы связующие К-9-Э, КАН-9, БК-9-0 и др. для стеклопластиков и клеев, а на основе модифицированных связующих – стеклопластики СКАН-9, СК-9Х и СК-9ХК; пресс-материал АК-9Ф; клеи ВК-6, ВК-8, ВК-38, ВК-48, ВК-48М, ВК-54 и ВК-54М; грунтовочное покрытие КО-0140; напыляемые эрозионностойкие покрытия ВТЗ-80, ВТЗ-87 и ВТЗ-9.

В развитие возможностей метода Н.С. Лезнова в 1982–1989 гг. в ВИАМ совместно с ГНИИХТЭОС разработан синтез твердых олигоалкил(арил)силсексвиоксанов (смол) ацидолизом с помощью ледяной уксусной кислоты предварительно этерифицированной смеси органохлорсиланов в присутствии соляной кислоты:



В настоящее время такая модификация метода Н.С. Лезнова активно развивается академиком А.М. Музафаровым под названием «Синтез полиорганосилоксанов в активной среде» [37–41].

Круг научных интересов Н.С. Лезнова не ограничивался только полиорганосилоксанами. Под его руководством Л.И. Волковой и Е.М. Понитковой разработан ряд эпоксидных связующих для стекло-, угле- и органопластиков: связующие ЭДТ-10 и ЭДТ-10П, до сих пор с успехом применяемые в промышленности; связующие смешанного типа К-9-Э, ЭДНМ, 5-211Б, 5-211БН, ЭНФБ, ЭБСМ, ЭДИ-2 и многие другие. Наиболее широкое применение нашли связующие ЭДТ-10 и ЭДТ-10П, которые используются для

изготовления деталей внешнего обвода самолетов, антенных обтекателей, корпусов твердотопливных ракетных двигателей, баллонов и ряда изделий авиационной и других отраслей техники. Связующее ЭДТ-10 получило массовое применение благодаря своей высокой технологичности, позволяющей перерабатывать его в изделия методами пропитки под давлением, мокрой и сухой намотки и по препреговой технологии.

По инициативе и под руководством Николая Семеновича И.Н. Ляминой разработаны высокотермостойкие полиимиды марок ПМДИ и БФДИ и на их основе созданы жесткие негорючие пенопласты марок ППИ-1 и ППИ-2. Пенопласт ППИ-1 использовали в качестве теплозащитного материала на космических летательных аппаратах «Венера-9» и «Венера-10».

На основании работ Н.С. Лезнова разработано не менее 15 наименований материалов теплозащитного и радиотехнического назначения, которые нашли применение в ответственных изделиях ведущих отечественных заводов и конструкторских бюро.

За разработку и изготовление материала марки ПК-10, используемого в конструкциях космического корабля «Восток», Н.С. Лезнову приказом по институту объявлена благодарность.

Николай Семенович вел не только активную научно-исследовательскую, но и педагогическую деятельность. При его непосредственном участии в качестве научного руководителя подготовлены и защищены диссертационные работы сотрудниками ВИАМ и других отраслевых институтов. Много лет Н.С. Лезнов читал курс лекций студентам МХТИ им. Д.И. Менделеева по химии высокомолекулярных соединений на кафедре переработки пластмасс, в котором он также был членом ученого совета. В 1968 г. ему присвоено ученое звание профессора.

Деятельность Н.С. Лезнова высоко оценена. В 1965 г. ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР», а в 1966 г. он награжден орденом Ленина. Имеет также медали «За доблестный труд в годы Великой Отечественной войны 1941–1945 гг.», «В память 800-летия Москвы» и «За доблестный труд. В ознаменование 100-летия со дня рождения В.И. Ленина».



Николай Семенович Лезнов за своим рабочим столом. ВИАМ, 1976 г.

Николай Семенович Лезнов обладал такими значимыми для ученого качествами, как эрудиция и способность доводить научные знания до практического применения.

Он был открыт новым идеям и приветствовал инициативу своих сотрудников. Это исключительно добросовестный и принципиальный человек как в научных, так и в общественных вопросах, который не терпел неточности, халтуры и поверхностного отношения к делу. Он даже цветы на своей даче выращивал со свойственным ему научным подходом. С весны и до осени его сотрудники и коллеги уносили домой охапки чудесных и необыкновенных роз, ирисов, тюльпанов, гладиолусов и сирени редчайших сортов.

Библиографический список

1. Каблов Е.Н. Тенденции и ориентиры инновационного развития России // Сб. науч.-информ. материалов. 3-е изд. М.: ВИАМ, 2015. 720 с.
2. Каблов Е.Н. Россия на рынке интеллектуальных ресурсов // Эксперт. 2015. № 28 (951). С. 48–51.
3. Павлюк Б.Ф. Основные направления в области разработки полимерных функциональных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 5. С. 388–392. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-388-392.
4. Раскутин А.Е. Российские полимерные композиционные материалы нового поколения, их освоение и внедрение в перспективных разрабатываемых конструкциях // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 5. С. 349–367. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-S-349-367.
5. Курс М.Г., Николаев Е.В., Абрамов Д.В. Натурно-ускоренные испытания металлических и неметаллических материалов: ключевые факторы и специализированные стенды // Авиационные материалы и технологии. 2019. № 1. С. 66–73. DOI: 10.18577/2071-9140-2019-0-1-66-73.
6. Перов Н.С., Гуляев А.И. О необходимости учета эволюции структуры полимерных композиционных материалов с микрогетерогенной матрицей при прогнозировании срока их службы // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 1. С. 75–85. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-1-75-85.
7. Перов Н.С. Конструирование полимерных материалов на молекулярных принципах. II. Молекулярная подвижность в сложных сшитых системах // Авиационные материалы и технологии. 2017. № 4. С. 30–36. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-4-30-36.
8. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33.
9. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди / под общ. ред. Е.Н. Каблова М.: ВИАМ, 2012. 520 с.
10. Китаева Н.С., Минаков В.Т., Швец Н.И., Деев И.С., Бабин А.Н., Пониткова Е.М. 50 лет лаборатории «Полимерные связующие для неметаллических материалов и специальные жидкости» / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2010. 29 с.
11. Андрианов К.А. Методы элементоорганической химии. Кремний. М.: Наука, 1968. 699 с.
12. Лезнов Н.С., Сабун Л.А., Андрианов К.А. Полидиэтилсилоксановые жидкости. I. Действие серной кислоты на диэтилдиэтоксисилан и его смеси с триэтилэтоксисиланом // Журнал общей химии. 1959. Т. 29. № 4. С. 1270–1276.
13. Лезнов Н.С., Сабун Л.А., Андрианов К.А. Полидиэтилсилоксановые жидкости. II. Действие фосфорной и борной кислот на диэтилдиэтоксисилан и его смеси с триэтилэтоксисиланом // Журнал общей химии. 1959. Т. 29. № 4. С. 1276–1282.
14. Лезнов Н.С., Сабун Л.А., Андрианов К.А. Полидиэтилсилоксановые жидкости. III. Действие карбоновых кислот на диэтилдиэтоксисилан // Журнал общей химии. 1959. Т. 29. № 5. С. 1508–1514.
15. Лезнов Н.С., Сабун Л.А., Андрианов К.А. Полидиэтилсилоксановые жидкости. IV. Действие альдегидов и ацетона на диэтилдиэтоксисилан // Журнал общей химии. 1959. Т. 29. № 5. С. 1514–1518.

16. Лезнов Н.С., Сабун Л.А., Андрианов К.А. Полидиэтилсилоксановые жидкости. V. К вопросу о механизме реакции диэтилдиэтоксисилана с уксусной кислотой // Журнал общей химии. 1959. Т. 29. № 5. С. 1518–1522.
17. Сликтер Ч. Основы теории магнитного резонанса. М.: Мир, 1981. 445 с.
18. Лезнов Н.С. Изучение реакции образования полиорганосилоксановых жидкостей из акил(алкиларил)этоксисиланов и разработка промышленного метода производства: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М.: ВИАМ, 1956. 33 с.
19. Клей: а.с. 447425 СССР. № 1876154/23-5; заявл. 19.01.73; опубл. 25.10.74.
20. Герметизирующий состав: а.с. 478855 СССР. № 997215/23-5; заявл. 01.08.68; опубл. 30.07.75.
21. Способ получения фторсилоксанового герметика: а.с. 1811204 СССР. № 1522910/25; заявл. 03.08.70; опубл. 10.10.92.
22. Способ получения оптически прозрачных пространственных полимеров: а.с. 882207 СССР. № 978536/23-05; заявл. 23.11.66; опубл. 14.07.81.
23. Связующее для изготовления крупногабаритных изделий из стеклопластиков на основе эпоксидных смол: а.с. 1688569 СССР. № 4808426/23; заявл. 17.07.64; опубл. 01.07.91.
24. Препрег: а.с. 548039 СССР. № 2315404/05; заявл. 20.01.76; опубл. 28.10.76.
25. Иванов А.П., Чурсова Л.В., Иванов П.В. О метанолизе ацетоксисиланов Лезнова Н.С., Сабун Л.А. и Андрианова К.А. // Тез. докладов XI Андриановской конф. «Кремнийорганические соединения. Синтез, свойства, применение». М.: ИНЭОС РАН, 2010. С. 92.
26. Иванов А.Г., Копылов В.М., Иванова В.Л., Сокольская И.Б., Хазанов И.И. Исследование процесса частичного ацидолиза органотриалкоксисиланов // Тез. докладов XI Андриановской конф. «Кремнийорганические соединения. Синтез, свойства, применение». М.: ИНЭОС РАН, 2010. С. 91.
27. Иванов А.П. Синтез олигоорганосилоксанов алкоголизом органоацетоксисиланов: магистерская дис. М.: МИТХТ им. Ломоносова, 2005. 72 с.
28. Хананашвили Л.М. Химия и технология элементоорганических мономеров и полимеров. М.: Химия, 1998. 528 с.
29. Способ получения полиорганалкоксисиланов: а.с. 274359 СССР. № 1166804/23-5; заявл. 23.06.67; опубл. 24.06.70.
30. Михальский А.И., Киселев Б.А., Никифоров А.В., Тихонова Г.Н., Лезнов Н.С. Термический анализ сшитых полиорганосилоксанов // Пластические массы. 1975. № 9. С. 62–63.
31. Мирошникова И.И., Китаева Н.С., Минаков В.Т. Олигоорганосилоксаны, получаемые в безводной среде. Свойства, строение, возможности модификации, применение // Тез. докладов межотраслевой науч.-техн. конф. «Теплостойкие связующие для неметаллических материалов». М.: ВИАМ, 1987. С. 3–4.
32. Китаева Н.С., Минаков В.Т., Барановская Н.Б., Савенкова А.В. Олигоалкил(арил)-алкоксисилоксаны как структурирующие агенты герметизирующих композиций на основе полидиорганилсилоксанов // Авиационные материалы. Новые связующие для композиционных и других неметаллических материалов. М.: ОНТИ ВИАМ, 1981. С. 30–41.
33. Китаева Н.С., Басов А.А., Минаков В.Т. Синтез жидких терморепактивных кремнийорганических олигомеров и исследование их свойств // Тез. докладов V Всесоюз. конф. по химии и применению кремнийорганических соединений. Тбилиси: ОИХФ АН СССР, 1980. С. 273.
34. Савенкова А.В., Барановская Н.Б., Китаева Н.С. Ненаполненные эластомер-олигомерные компаунды повышенной прочности // Тез. докладов V Всесоюз. конф. по химии и применению кремнийорганических соединений. Тбилиси: ОИХФ АН СССР, 1980. С. 421.
35. Кудишина В.А., Мокшина И.В., Поташова В.Н. Кремнийорганическое олигомерное связующее для композиционных материалов // Авиационные материалы. Новые связующие для композиционных и других неметаллических материалов. М.: ОНТИ ВИАМ, 1983. С. 12–16.
36. Мирошникова И.И., Лезнов Н.С., Минаков В.Т., Басов А.А. Карборансодержащие олигоорганосилоксаны для теплостойких неметаллических материалов // Авиационные материалы. Новые связующие для композиционных и других неметаллических материалов. М.: ОНТИ ВИАМ, 1983. С. 26–30.

37. Иванов А.Г. Управляемая ацидогидролитическая поликонденсация алкокси(органосилоксанов и силоксанов: дис. ... канд. хим. наук. М.: ФГУП «ГНИИХТЭОС», 2013. 141 с.
38. Егорова Е.В., Василенко Н.Г., Демченко Н.В., Татарина Е.А., Музафаров А.М. Поликонденсация алкоксисилоксанов в активной среде – универсальный метод получения полиорганосилоксанов // Доклады академии наук. 2009. Т. 424. № 2. С. 200–204.
39. Калинина А.А., Василенко Н.Г., Демченко Н.В., Демченко А.И., Стороженко П.А., Музафаров А.М. Поликонденсация диорганодиалкоксисилоксанов в активной среде – бесхлорный способ получения полидиорганосилоксанов // Сб. тез. докладов Шестой Всерос. Каргинской конф. «Полимеры-2014» (Москва, 27–31 янв. 2014 г.): в 2 т. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2014. Т. 1. С. 106.
40. Способ получения линейного полиметилфенилсилоксана с концевыми гидроксильными группами поликонденсацией метилфенилдиалкоксисилана в активной среде: пат. 2456307 Рос. Федерация. № 201110560/04; заявл. 22.03.11; опубл. 20.07.12.
41. Способ получения линейных полидиметилсилоксанов с концевыми гидроксильными группами поликонденсацией диметилалкоксисилоксанов в активной среде: пат. 2456308 Рос. Федерация. № 2010130782/04; заявл. 23.07.10; опубл. 20.07.12.