

О поверке, калибровке приборов, аттестации методик и достоверности результатов химико-аналитических измерений

А. И. Крылов, д. х. н.^{1,2}, Е. Р. Лазаренко³

УДК 53.089.6

Основные пути достижения достоверности (единства) результатов измерений, согласно существующим регламентам, связаны, в основном, с поверкой приборов, их калибровкой или воспроизведением метрологически аттестованных методик измерений. В части, касающейся измерений количества вещества, не всегда традиционные подходы являются оптимальными. Так, для специфических анализаторов, ряда электрохимических приборов и т. п. выполнение поверки является вполне оправданным и необходимым элементом получения достоверных результатов измерений. При воспроизведении (или разработке) методик, реализуемых на «универсальных» приборах, в первую очередь, речь должна идти о построении градуировочных характеристик (специфичных для каждого конкретного вещества), соблюдении режимов пробоподготовки и т. п. В этом случае целесообразность выполнения поверки прибора становится по крайней мере сомнительной. На получение адекватных результатов в большей мере влияют наличие и применение соответствующих средств градуировки: стандартных образцов – СО (чистые вещества или их растворы), средств контроля полученных данных – СО «матричного» типа, а также аттестованных методик измерений. Таким образом, в области химико-аналитических измерений возникает необходимость пересмотра перечня приборов, подлежащих обязательной поверке, и одновременно целесообразность более активного развития направления работ по существенному расширению списка СО, включая СО матричного типа.

Ключевые слова: единство измерений, достоверность результатов измерений, химико-аналитические измерения, моль вещества, поверка, калибровка, градуировка, методики измерений, стандартные образцы

Измерения тех или иных величин являются неотъемлемой частью современной деятельности человека. С каждым годом перечень величин, подлежащих

измерению, возрастает, можно сказать, в геометрической прогрессии. Таким образом, «мир измерений» имеет тенденцию к неуклонному расширению. При этом сопоставимость и достоверность получаемых результатов приобретает первостепенное значение.

Основным законодательным актом в России в этой области является Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» (далее по тексту – Закон [1]). Существует широкий спектр других нормативных

¹ ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д. И. Менделеева», Санкт-Петербург, Россия.

² a.i.krylov@vniim.ru.

³ Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (РОССТАНДАРТ), Москва, Россия.

документов, регламентирующих различные аспекты применения указанного Закона, например [2, 3]. Появляются различные публикации, в которых обсуждаются недостатки, недоработки и противоречия, зафиксированные во многих нормативных актах (в частности, работы И. В. Болдырева [4, 5], Е. А. Новикова [6, 7]).

В настоящей работе рассматриваются и обсуждаются проблемы метрологического обеспечения, связанные с физико-химическими измерениями, в первую очередь, с измерениями количества вещества. Принципы обеспечения единства измерений других физических величин (массы, длины, температуры и т. д.) мы не обсуждаем и далее подразумеваем, что там (в химическом анализе), где эти измерения проводятся, выполняются все необходимые процедуры (поверки весов, термометров и т. п.).

Традиционно, под физико-химическими измерениями подразумевали измерения состава и свойств систем, включая вещества, материалы, объекты окружающей среды, биологические объекты и т. п. Что касается свойств систем – это те или иные показатели, характеризующие систему в целом, к настоящему времени перечень этих показателей составляет несколько десятков наименований (выраженных в разных единицах измерений, связанных или несвязанных напрямую с единицами СИ). В России также молчаливо предполагается, что измерения количества вещества входят в сферу физико-химических измерений. Однако, как было справедливо отмечено в работе [8], уже давно на мировом уровне сложилось понимание, что измерения свойств системы и измерения количества вещества – это существенно разные виды измерений. Достаточно сказать, что в рамках Международного бюро мер и весов (МБМВ) в 1999 году был создан отдельный Консультативный Комитет по количеству вещества (КККВ), занимающийся проблемами измерений количества вещества (или, как иногда говорят, вопросами метрологии в химии). На рис. 1 представлена схема, в которой отражены основные аспекты, связанные с физико-химическими измерениями свойств системы, с одной стороны, и измерениями количества вещества – с другой.

Перечень величин, характеризующих систему как таковую, достаточно широк, в то же время основной (и единственной) величиной – характеристикой количества вещества – является моль. В целом,

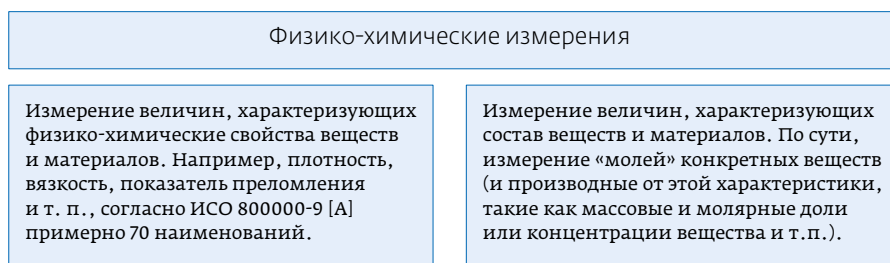


Рис. 1. Основные структурные элементы физико-химических измерений. ISO 80000-9 [A]. Quantities and units – Part 9; Physical chemistry and molecular physics

измерение количества вещества (или числа молей вещества) относится к области аналитической химии, а метрологическое обеспечение для такого типа измерений имеет ряд существенных особенностей.

Согласно принятой новой системе определения единиц СИ, выделены шесть главных единиц, связанных к фундаментальным физическим константам. Одной из таких единиц является «моль». Новое определение: «Моль – количество вещества, содержащее $6,02214076 \cdot 10^{23}$ структурных элементов вещества – атомов, молекул или соответствующих комбинаций ионов» [9–11]. То есть моль не является универсальной величиной и для каждого вещества он свой, соответствующий элементарному составу и структуре данной молекулы, иона, комплекса и т. д. Таким образом, можно говорить, что, сколько конкретных веществ на сегодня известно, столько типов молей и необходимо измерять, а перечень измерительных задач в области химического анализа при этом становится почти безграничным.

Традиционная метрология имеет дело, как правило, с подходами, связанными с оценением неопределенности измерений конкретных количественных характеристик систем. Такие же принципы в основном применяются и при измерениях количества вещества. Если мы обратимся к процедурам метрологической аттестации методик химического анализа, то увидим всю схему оценивания составляющих неопределенности измерения массовой доли или концентрации конкретного вещества в конкретном объекте. Остановимся подробнее на другой особенности задач, связанных с измерением содержания моля. Здесь еще раз важно подчеркнуть то, что количество измеряемых типов единиц величин (с учетом количества веществ известных в настоящее время человечеству – более 10 млн) на порядки превышает число воспроизводимых и измеряемых единиц величин всех остальных вместе взятых.

Сложившаяся в России система метрологического обеспечения измерения количества вещества до сих пор остается такой же, как и при измерении физико-химических характеристик системы. В целом, она предполагает выполнение поверки приборов (средств измерений, включенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений), в определенных случаях калибровки средств измерений, и наконец, создание методик измерений – МИ (ранее методик выполнения измерений – МВИ), прошедших метрологическую аттестацию и внесенных в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Рассмотрим подробнее каждое из перечисленных направлений.

Поверка и калибровка средств измерений

Согласно п. 17 Ст. 2 Закона об обеспечении единства измерений [1] «поверка средств измерений (далее – поверка) – совокупность операций, выполняемых в целях подтверждения соответствия средств измерений метрологическим требованиям».

Важно отметить, что и само понятие «средство измерений», казалось бы, очевидное, имеет неоднозначное толкование и порождает дискуссии [7]. Тем не менее, необходимость выполнения процедуры поверки для многих средств измерений не вызывает сомнения. Так, поверка весов, газовых и электрических счетчиков предполагает, что в рамках межповерочного интервала эти приборы будут демонстрировать адекватные измеряемые величины. Переходя к поверке приборов, выполняющих измерения физико-химических параметров (свойств системы), таких как оптическая плотность, показатель преломления, плотность, вязкость, можно полагать, что вышеприведенное утверждение применимо и к ним. Когда мы переходим в категорию измерения количества вещества (моля) далеко не всегда (скорее исключение, чем правило) реализация такого подхода становится оправданной.

Поскольку, как уже было отмечено, измеряемой величиной является моль конкретного вещества, количество создаваемых для этих целей специфичных анализаторов должно стремиться, в первом приближении, к количеству веществ, подлежащих измерению (десятки и сотни тысяч). В большинстве случаев, в особенности в отношении сложных по составу объектов, создание таких анализаторов становится в принципе невозможным.

Рассмотрим некоторые случаи успешного применения процедур поверки в химическом анализе. Это

приборы для выполнения различных типов газового анализа, например газоанализаторы, измеряющие содержание (массовую или молярную долю или концентрацию в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны или промвыбросах) приоритетных токсикантов, таких как окислы азота, окись углерода, диоксид серы и т. п. Сюда же можно отнести целый ряд электрохимических приборов, включая рН-метры, иономеры и ряд других устройств. Важно подчеркнуть, что во всех перечисленных случаях и измеряемые величины (концентрации конкретных веществ), и наименования объектов измерений (воздух или раствор) определены и зафиксированы.

Следует отметить, что вплотную к термину поверка примыкает термин калибровка. В зарубежной литературе именно этот термин и применяется для реализации метрологического обеспечения в измерениях количества вещества. Согласно существующей в России терминологии, «калибровка средств измерений – совокупность операций, выполняемых в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений» (п. 10 Ст. 2 Закона об обеспечении единства измерений [1]).

Разберем варианты применения процедур поверки и калибровки на примере ртутных анализаторов. Так для измерения содержания ртути в газовой фазе используют различные модификации устройств, которые поверяют по парам ртути, согласно Приложению к описанию типа средств измерений, например для анализаторов ртути РА-915М [12]. Средством поверки являются растворы солей ртути, которая далее в специальном устройстве восстанавливается до элементарного состояния и в газообразной фазе попадает в кювету прибора. Таким образом, устанавливаются реальные характеристики прибора, включая диапазон измерений, предел допускаемой основной относительной погрешности и т. п., которые зафиксированы на весь межповерочный интервал и в рамках этого достигается достоверность результатов измерений. Но это все относится только к измерению ртути в газовых средах.

Указанный выше прибор в определенных случаях также может быть использован для измерения содержания ртути в жидких или твердых матрицах. Однако, для решения этих задач более эффективен специализированный анализатор ртути лабораторный РА-915Лаб [13]. Этот прибор предназначен для измерения массы ртути в почвах, пищевых продуктах, кормах, воде, углеводородах, биосредах с применением методик измерений, аттестованных в установленном порядке. В категории метрологических

характеристик его указаны только диапазон измерения массы ртути в пробе (от 0,5 до 500 нг) и пределы допускаемой относительной погрешности. То есть, основные характеристики, связанные с достоверностью результатов измерений, регламентируются в соответствующих методиках измерений. В этом случае возникает вопрос: насколько важным элементом является поверка, может быть это вариант калибровки, или все метрологические характеристики измерений целесообразно свести к тем, которые зафиксированы в методике измерений?

Важно подчеркнуть, что во всех рассмотренных выше случаях средствами поверки или калибровки являются те же вещества (их пары или растворы), для измерения которых и предназначены соответствующие средства измерений.

Методики измерений

Пожалуй, наиболее важное направление в области измерения количества вещества – реализация методик измерений. В России разработаны тысячи МИ самых разных химических веществ во всевозможных объектах, начиная от воздуха и кончая продуктами питания, предметами быта и биологическими материалами. Только метрологически аттестованных методик измерений в национальном реестре зафиксировано более 1000 [14]. Кроме них существуют и ведомственные методики, например действующие МУК (Роспотребнадзор), различные ГОСТы и т. п.

Кардинальное отличие системы поверки и калибровки от системы, использующей методики измерений, заключается в том, что в первом случае результат измерений непосредственно опирается на правильность или достоверность полученных данных при поверке или калибровке и привязан к конкретному веществу и конкретному объекту анализа. При реализации МИ результат измерений напрямую зависит от построения градуировочной характеристики, правильности выполнения всех этапов процедуры, регламентированной в методике и адекватного выбора стандартных образцов конкретных измеряемых веществ, для которых разработана методика. Для того чтобы продемонстрировать вышеизложенный тезис, рассмотрим два примера алгоритмов выполнения измерений для одного вещества и для группы веществ.

До сих пор широко распространены фотометрические (или спектрофотометрические) методики измерения одного компонента в разных объектах. Рассмотрим алгоритм выполнения измерений по «Методике измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе

морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера» ПНД Ф 14.1:2:4.262-10 [15]. Предполагаем, что используемый прибор – фотометр, находится в исправном состоянии (проверена работоспособность прибора в соответствии с инструкцией по эксплуатации). В разделе средства измерений, вспомогательное оборудование, материалы и реактивы приведены (частичное цитирование):

- фотоэлектроколориметр или спектрофотометр любого типа, позволяющий измерять оптическую плотность при $\lambda = 425$ нм;
- весы технические лабораторные;
- рН-метр любого типа;
- ГСО с аттестованным содержанием ионов аммония 1 мг/см^3 с погрешностью не более 1%.

Понятно, что рН-метр и весы хотя и являются средствами измерений (подлежащими поверке), они выполняют важную, но вспомогательную функцию. Так от чего же напрямую зависит достоверность измерений ионов аммония? Ответ кажется очевидным – от ГСО. Фотоэлектроколориметр или спектрофотометр – всего лишь компараторы, необходимые для построения градуировочной характеристики. Таким образом, результат измерений не зависит от проведения поверки указанных приборов.

Еще более парадоксальная ситуация связана с применением универсальных приборов (средств измерений), на которых выполняется мультикомпонентный анализ. В эту группу методов входит атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия, все варианты хроматографии (газовая, жидкостная, ионообменная), ее сочетания с масс-спектрометрией, капиллярный электрофорез и др. На сегодняшний день все приборы, реализующие перечисленные методы, также отнесены к средствам измерений и подлежат обязательной поверке. Для этого созданы специальные методики поверки и определен перечень стандартных образцов, по которым эта поверка осуществляется. Как правило (практически всегда), наименования веществ – средств поверки, и веществ, подлежащих анализу (измерению) с использованием указанных приборов, не пересекаются. Таким образом, поверка выполняется по неким веществам или растворам (в соответствии с методикой поверки), а реальные измерения выполняются для широкого спектра веществ с применением утвержденных метрологически аттестованных методик измерений. Как следствие, результаты поверки не оказывают никакого влияния на результаты конкретных измерений, полученных с помощью конкретных МИ.

Рассмотрим подробнее это на примере наиболее полно метрологически исследованной

Таблица 1. Составляющие неопределенности измерений массовой доли фталатов [14, 16]

Источник неопределенности	Тип	u_c
Разброс результатов измерений в условиях промежуточной прецизионности с варьируемыми факторами (время, оператор)	A	3,00
Измерение массы навески	B	0,052
Измерение массы внутреннего стандарта	B	0,57
Установление и применение фактора отклика (одноточечная градуировка), в том числе:	–	1,55
разброс значений фактора отклика	A	0,82
Измерение массы аналита в градуировочном растворе	B	1,17
Измерение массы внутреннего стандарта в градуировочном растворе	B	0,17
Возможная нестабильность фактора отклика	B	0,58
Возможные искажения результатов измерений при пробоподготовке	B	1,50
Относительная суммарная стандартная неопределенность $u_c = 3,74\%$		
Относительная расширенная неопределенность ($k = 2$) $U_p = 7,48\%$		

и охарактеризованной «Референтной методики измерений массовой доли шести приоритетных фталатов (диметилфталата, диэтилфталата, ди(*n*-бутил)фталата, бензилбутилфталата, ди(2-этилгексил)фталата и ди(*n*-октил)фталата в объектах на основе поливинилхлорида методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии с изотопным разбавлением» (РМИ ВНИИМ-243-01-2019) [14, 16]. Как это следует уже из названия методики, в основу положен метод газовой хроматографии/масс-спектрометрии, градуировки строили с использованием СО раствора всей совокупности фталатов, а в качестве внутренних стандартов применяли D_4 изотопно меченые фталаты. Исследованы и оптимизированы все этапы процедуры выполнения измерений. Как результат всей совокупности работы сформирован бюджет неопределенности методики (см. табл. 1).

Из представленных в таблице данных видно, что ни одна позиция (за исключением взвешивания) не связана с данными о поверке прибора. Из этого следует вопрос: «Для чего поверка выполнялась и кому она нужна?». Можно заключить, что с точки зрения достоверности результатов измерений в случае использования методик измерений, как простых, так и сложных, требование о необходимости

поверки используемых приборов является абсолютно избыточным. Единственным поводом, связанным с поверкой прибора, может быть проверка соответствия его реальных характеристик характеристикам, заявленным производителем. В этом случае речь может идти исключительно о первичной поверке, целью которой является, по сути, защита прав потребителей.

Важнейшей характеристикой, влияющей на достоверность результатов, является качество используемых средств градуировки – стандартных образцов (в англоязычной литературе Certified Reference Materials – CRM). Именно этому направлению уделяется особое внимание, как сообществом химиков, так и сообществом метрологов (включая КККВ). Главный этап – характеристика чистых веществ (по сути, воспроизведение единицы количества вещества – моля), которые и являются основой всех средств выполнения градуировки в химическом анализе. Например, основные принятые международным сообществом подходы к решению этой задачи в области органического анализа обобщены и сформулированы в недавно вышедшей брошюре UPAC[17].

Указанные работы и, как следствие, СО чистых веществ становятся основой для создания СО в виде моно- или мультикомпонентных растворов – средств построения градуировочных характеристик при воспроизведении соответствующих методик измерений. Также следует отметить важность создания стандартных образцов матричного типа. Указанные образцы могут быть использованы для валидации и верификации методик измерений, выполнения контрольных анализов при аккредитации лаборатории, а также при проведении межлабораторных сравнительных испытаний. Это направление занимает существенное место в деятельности рабочих групп КККВ, а выполненные в разных категориях сличения позволяют продемонстрировать измерительные возможности на национальном уровне каждого из государств-участников и обеспечить их последующее взаимное признание. В качестве примера можно сослаться на сведения, обобщенные за последние 20 лет о стратегии исследований в области органического анализа, выполненных международных сличениях и достигнутых в этом направлении результатах, закрепленных за РФ, представленные в работе [18].

Заключение

Химико-аналитические измерения – отдельная самостоятельная и специфичная область измерений как таковых. Абсолютное копирование алгоритмов,

обеспечивающих достоверность, принятых в физических или физико-химических измерениях свойства, может приводить к непредсказуемым результатам. Выполнение принятых процедур поверки и калибровки, в случае определения количества вещества (моля), рационально только для специализированных приборов, когда структура (формула) вещества – средства поверки, и вещества подлежащего измерению (аналита) тождественны. В случае выполнения измерений с использованием МИ необходимость поверки приборов становится абсолютно излишней. Важнейшим условием получения достоверных результатов в этом случае становится применение адекватных СО, используемых для построения градуировочных характеристик. В качестве средств оценки правильности используемых МИ, выполнения их валидации и верификации следует рассматривать СО матричного типа. С учетом того, что измерения подавляющего количества веществ выполняются с использованием МИ (а это тысячи наименований), развитие и расширение перечня типов СО, повышение их качества (включая обеспечение их прослеживаемости) становится приоритетной задачей в области химико-аналитических измерений и их метрологического обеспечения.

Литература

1. Федеральный закон от 26 июня 2008 года № 103 – ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями на 11 июня 2021 года).
2. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 4091 от 15 декабря 2015 года «Об утверждении Порядка аттестации первичных референтных методик (методов) измерений, референтных методик (методов) измерений и методик (методов) измерений и их применения».
3. Приказ Министерства промышленности и торговли Российской Федерации № 2905 от 28 августа 2020 года «Об утверждении порядка проведения испытаний стандартных образцов для средств измерений в целях утверждения типа, порядка утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений, внесения изменений в сведения о них порядка выдачи сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, формы сертификатов об утверждении типа стандартных образцов или типа средств измерений, требования к знакам утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений и порядка их нанесения».
4. **Болдырев И. В.** Проект нового кодекса РФ об административных правонарушениях. Кто виноват и что делать? *Аналитика*. 2020; 10 (3): 244–250.
5. **Болдырев И. В.** Аккредитация – объективный путь к надежным и достоверным результатам испытаний, *Аналитика*. 2022; 12 (2): 96–101.
6. **Новиков Е. А.** Как обеспечить единство измерений. *Журнал аналитической химии*. 2012; 67 (12): 1091–1096.
7. **Новиков Е. А.** Так что же такое «средство измерений»? *Аналитика*. 2021; 11 (5): 396–400.
8. **Конопелько Л. А., Кадис Р. Л.** Химико-аналитические измерения – новые вызовы. В сб. *Современная метрология физико-химических измерений* (под общ. редакцией А. Н. Пронина). СПб, 2022. С. 29–56.
9. General Conference for Weights and Measures (CGPM), Resolution 1 of 26 meeting of CGPM (13–16 November 2018), available at: <https://www.bipm.org/en/committees/cg/cgpm/26-2018/resolution-1> (accessed: 23.06.21).
10. **Marquardt R., Meija J., Mester Z., et. al.** Definition of the mole (IU-PAC Recommendation 2017), *Pure Appl. Chem.*, 2018; 90 (1): 175–180.
11. **Bernd Guttler, Horst Bettin, Richard J. C. Brown, et.al.** Amount of substance and the mole in the SI, *Metrologia*. 2019; 56 (044002). 14p. doi.org/10.1088/1681-7575/ab1fae
12. Описание типа средств измерений. Анализаторы ртути лабораторные РА-915М. ФГИС «Аршин». <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/372534>. Дата обращения 24.04.2023.
13. Описание типа средств измерений. Анализаторы ртути лабораторные РА-915Лаб. ФГИС «Аршин». <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1388370>. Дата обращения 24.04.2023.
14. РМИ ВНИИМ-243-01-2019. Референтная методика измерений массовой доли шести приоритетных фталатов (диметилфталата, диэтилфталата, ди(н-бутил)фталата, бензилбутилфталата, ди(2-этилгексил)фталата и ди(н-октил)фталата) в объектах на основе поливинилхлорида методом газовой хроматографии/масс-спектрометрии с изотопным разбавлением <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/8/items/834820>. Дата обращения: 12.07.2023.
15. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. ПНД Ф 14.1.2:4.262-10 (ФР.1.31.2010.07603) ФГИС «Аршин». <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/288047>. Дата обращения 24.04.2023.
16. **Крылов А. И., Будко А. Г., Михеева А. Ю., Ткачегко И. Ю., Нежиховский Г. Р.** Референтная методика измерений содержания фталатов в полимерных матрицах: аналитические и метрологические подходы, *Измерительная техника*. 2022; (10): 64–72. doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-10-64-72.
17. **Westwood S., Lipka K., Shimuzu Yo., et.al.** Methods for the SI-traceable value assignment of the purity of organic compounds (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.* 2023; 95 (1): 1–77. doi.org/10.1515/pac-2020-0804.
18. **Михеева А. Ю., Крылов А. И.** Прослеживаемость в органическом анализе. Ч. 1: Эквивалентность национальных и международных эталонов, Эталоны и стандартные образцы. 2020; 16 (3): 5–21. doi:10.20915/2687-0886-2020-16-3-5-21.

References

1. Federal Law № 103-FZ of 26.06.2008 On Ensuring the Uniformity of measurements (as amended on June 11, 2021).
2. Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation № 4091 dated 15.12.2015 On approval of the Procedure for certification of primary reference Measurement Techniques (methods), reference measurement techniques (methods) and measurement techniques (methods) and their application.
3. Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation № 2905 of 28.08.2020 “On Approval of the Procedure for Testing Standard Samples for Measuring Instruments for the Purpose of Type Approval, the Procedure for approving the Type of Standard Samples or the type of Measuring Instruments, Making Changes to the Information about them, the Procedure for Issuing certificates of approval of the type of standard samples or the type of measuring instruments, the form of certificates of approval type of standard samples or type of measuring instruments, requirements for the approval marks of the type of standard samples or the type of measuring instruments and the order of their application.

- Boldyrev I. V.** Draft of the new Code of Administrative Offences of the Russian Federation. Who is to blame and what to do? *Analytics*. 2020; 10 (3): 244–250.
- Boldyrev I. V.** Accreditation is an objective way to reliable and reliable test results. *Analytics*. 2022; 12 (2): 96–101.
- Novikov E. A.** How to ensure the unity of measurements. *Journal of Analytical Chemistry*. 2012; 67 (12): 1091–1096.
- Novikov E. A.** So what is a “measuring instrument”? *Analytics*. 2021; 11 (5): 396–400.
- Konopelko L. A., Kadis R. L.** Chemical analytical measurement – new challenges. In Proceeding *Modern metrology of physical-chemical measurement* (Ed. A. N. Pronin). SPb, 2022. PP. 29–56.
- General Conference for Weights and Measures (CGPM), Resolution 1 of 26 meeting of CGPM (13–16 November 2018), available at: <https://www.bipm.org/en/committees/cg/cgpm/26-2018/resolution-1> (accessed: 23.06.21).
- Marquardt R., Meija J., Mester Z., et. al.** Definition of the mole (IU-PAC Recommendation 2017), *Pure Appl. Chem.*, 2018; 90 (1): 175–180.
- Bernd Guttler, Horst Bettin, Richard J. C. Brown, et. al.** Amount of substance and the mole in the SI, *Metrologia*. 2019; 56 (044002). 14p. doi.org/10.1088/1681-7575/ab1fae
- Description of the type of measuring instruments. Mercury analyzers laboratory RA-915M. FGIS Arshin. <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/372534>. Accessed: 24.04.2023.
- Description of the type of measuring instruments. Mercury analyzers laboratory RA-915 Lab. FGIS Arshin. <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/1388370>. Accessed: 24.04.2023.
- RMI VNIIM-243-01-2019. Reference method for measuring the mass fraction of six priority phthalates (dimethyl phthalate, diethyl phthalate, di(n-butyl)phthalate, benzylbutyl phthalate, di(2-ethylhexyl)phthalate and di(n-octyl)phthalate) in polyvinyl chloride-based objects by gas chromatography/mass spectrometry with isotopic dilution <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/8/items/834820>. Accessed: 12.07.2023.
- Method of measuring the mass concentration of ammonium ions in drinking, natural (including marine) and wastewater by photometric method with Nessler reagent. PND F 14.1:2:4.262–10 (FR.1.31.2010.07603) FGIS Arshin. <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry/4/items/288047>. Accessed: 24.04.2023.
- Krylov A. I., Budko A. G., Mikheeva A. Y., Tkachenko I. Y., Nezhihkovsky G. R.** Reference method for content measurement of phthalates in polymeric matrixes: analytical and metrological approaches. *Measurement technique* 2022; (10): 64–72. doi.org/10.32446/0368-1025it.2022-10-64-72.
- Westwood S., Lippa K., Shimuzu Yo., et.al.** Methods for the SI-traceable value assignment of the purity of organic compounds (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.* 2023; 95 (1): 1–77. doi.org/10.1515/pac-2020-0804.
- Mikheeva A. Y., Krylov A. I.** Traceability in organic analysis. Report 1: Equivalence of national and international measurement standards, *Measurement standards, reference materials*. 2020; 16 (3): 5–21. doi: 10.20915/2687-0886-2020-16-3-5-21.

Статья поступила в редакцию 01.09.2023
Принята к публикации 16.10.2023

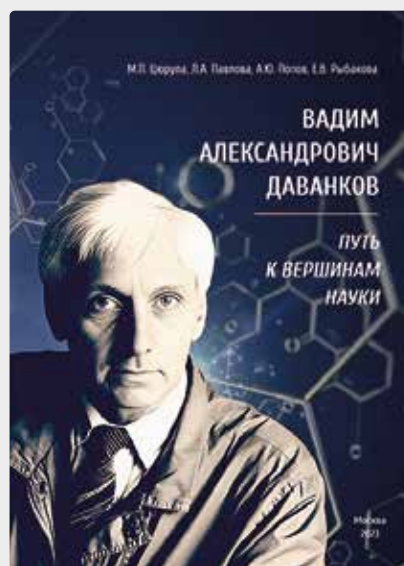
ПАМЯТИ КОЛЛЕГИ, НАСТАВНИКА И ДРУГА. НОВАЯ КНИГА О В. А. ДАВАНКОВЕ

Год назад, 2 октября 2022 года, ушел из жизни выдающийся российский ученый, д. х. н., профессор, заведующий лабораторией стереохимии сорбционных процессов ИНЭОС РАН, лауреат Государственной премии РФ, заслуженный деятель науки РФ, лауреат многочисленных российских и международных премий и наград – Вадим Александрович Даванков. Он прожил яркую, полную творческих поисков, открытий и свершений, жизнь. Его вклад в развитие отечественной и мировой науки отражен в более чем 400 публикациях в научных журналах, книгах и монографиях.

Мировую известность В. А. Даванкову принесло развитие метода лигандообменной хроматографии оптических изомеров. Эта работа отмечена золотой медалью имени А. Мартина, присужденной ему международным хроматографическим сообществом в 2005 году. Однако круг научных интересов В. А. Даванкова не замыкался на развитии только хроматографических методов анализа. Так, в полимерной химии В. А. Даванков предложил новый тип полимерных сеток – сверхсшитых полимеров. Полимеры этого типа обладают уникальными сорбционными свойствами и нашли широкое применение в очистке водных и воздушных

сред, хроматографии, химической технологии, пищевой промышленности, медицине. В области асимметрического металло-комплексного катализа им предложены новые типы стабильных хиральных катализаторов на основе комплексов аминокислот и фосфамидов с металлами, вместо ранее использовавшихся дорогих и нестойких к кислороду и влаге производных триарилфосфинов.

Эти и многие другие области научных интересов Вадима Александровича подробно рассмотрены в новой книге, что позволит читателю составить полное представление о его вкладе в развитие науки. Наряду с рассмотрением чисто химических проблем книга дает представление об увлеченности В. А. Даванкова такими фундаментальными общечеловеческими проблемами, как происхождение кислорода в атмосфере земли или возникновение хиральности как имманентного свойства материи. Не обходит книга стороной и его личные увлечения, а также роль семьи в формировании у Вадима Александровича научных интересов и мировоззрения. Публикация будет, несомненно, интересна всем, кто работал вместе или дружил с Вадимом Александровичем. Она



содержит целый ряд малоизвестных фактов из жизни ученого, позволяющих лучше понять его научное мировоззрение и вклад в развитие науки и будет интересна всем, кто хочет сохранить память об этом замечательном человеке и выдающемся ученом.

А. А. Курганов, д. х. н.



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Шестнадцатая международная специализированная выставка

26 - 28 марта 2024

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильоны 1 и 5



Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: смолы, добавки, термопластики, углеродное волокно и т.д.
- Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик, углепластик, графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК) и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Технологии производства композитных материалов со специальными и заданными свойствами
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Сертификация, технический регламент
- Компьютерное моделирование
- Утилизация



выставка участник системы



независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Пятнадцатая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru



Специальный раздел:
КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд,
дом 7, строение 10, офис 507 | Тел.: 8 495 988-1620
E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

Организатор:



youtube.com/user/compoexporussia



[@compoexporus](https://twitter.com/compoexporus)



[@compo](https://t.me/compo)