

ДИНАМИЧЕСКОЕ РАССЕЯНИЕ СВЕТА ДЛЯ АНАЛИЗА НАНЕСЕННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КАТАЛИЗАТОРОВ

© 2021 г. Ю. В. Ларичев^{a, b, *}

^aФГБУН ФИЦ “Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН”,
просп. Акад. Лаврентьева, 5, Новосибирск, 630090 Россия

^bФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет,
ул. Пирогова, 1, Новосибирск, 630090 Россия

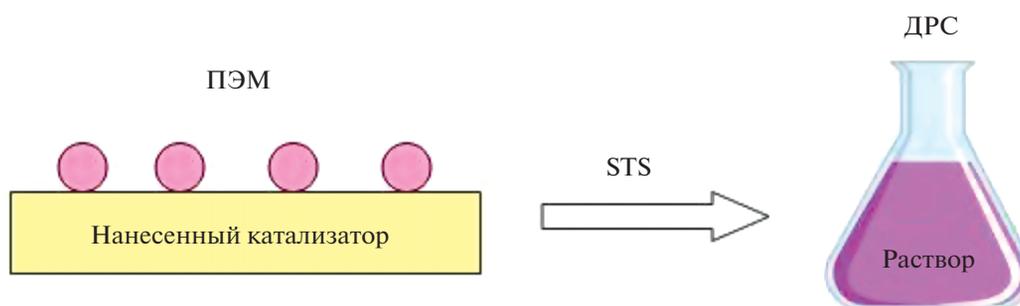
*e-mail: ylarichev@gmail.com

Поступила в редакцию 24.11.2020 г.

После доработки 24.02.2021 г.

Принята к публикации 20.03.2021 г.

В работе предложена новая методика, позволяющая использовать метод динамического светорассеяния для анализа размеров металлических наночастиц в нанесенных катализаторах. Для набора различных нанесенных металлических катализаторов, предварительно изученных ПЭМ и РФА, показана возможность применения метода динамического светорассеяния для определения размеров частиц активного компонента. Продемонстрировано хорошее совпадение между данными различных методов. Применение нового подхода позволяет надежно проводить идентификацию крупных наночастиц, которые зачастую трудно надежно идентифицировать стандартными методами вследствие их малого количества в образцах. Для предложенной методики характерна высокая экспрессность, позволяющая получать информацию о размерах частиц через 20–30 мин после начала анализа.



Ключевые слова: динамическое рассеяние света, нанесенные металлические катализаторы, золи, наночастицы

DOI: 10.31857/S0453881121040079

ВВЕДЕНИЕ

Определение размеров частиц активного компонента является важной задачей при создании нанесенных металлических катализаторов, поскольку от их размера может существенно зависеть активность и селективность катализатора [1–4]. Кроме того, в ходе каталитической реак-

ции частицы активного компонента имеют склонность к спеканию, поэтому представляет интерес возможность оперативно отслеживать изменение дисперсности нанесенных катализаторов [5]. Принципиальный вопрос определения размеров частиц для нанесенных катализаторов был решен достаточно давно, и в настоящее время просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) и рентгеновская дифрактометрия (РФА) широко применяются для рутинных задач по определению размеров частиц [6, 7]. К значимым недостаткам этих методов можно отнести очень высокую стоимость соответствующего оборудования и его обслуживания. Кроме того, с помощью

Сокращения и обозначения: ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия; РФА – рентгеновская дифрактометрия; ДРС – динамическое рассеяние света; STS – методика перевода твердых веществ в раствор (solid to sol); ОКР – область когерентного рассеяния; $S_{\text{ВЕТ}}$ – удельная поверхность, определенная по методу Брунауэра–Эммета–Теллера.

ПЭМ затруднительно анализировать частицы, относящиеся к “хвостам” распределений по размерам в силу их низкой статистической значимости. Однако такие недооцененные крупные частицы могут содержать существенное количество активного компонента по массе и исказить полученные зависимости активности катализатора от размера частиц. Для катализаторов с низким содержанием активного компонента (~0.1 вес. %) чувствительности этих методов, как правило, не достаточно для надежного определения размеров частиц. Более простой и доступный способ, например, хемосорбция CO, не всегда применим по ряду других причин (поверхностное загрязнение, блокировка пор, эффекты сильного взаимодействия металл–носитель и др.) [6]. Поэтому для решения некоторых задач возникает потребность в более быстрых, дешевых и чувствительных методах определения размеров частиц. Кроме того, сама по себе возможность быстрого получения большого набора данных по размерам частиц для каталитической системы, приготовленной различными способами, позволит применять современные методы анализа (в том числе, машинное обучение) [8–10] для поиска и интерпретации новых эмпирических закономерностей в процессе формирования и/или эксплуатации нанесенных катализаторов.

Одним из перспективных с этой точки зрения является метод динамического рассеяния света (ДРС), базовые принципы которого изложены в работах [11, 12]. Метод ДРС характеризуется высокой чувствительностью, экспрессностью и низкой стоимостью оборудования, а результаты, полученные с его помощью, хорошо согласуются с данными ПЭМ [13–16]. Основная трудность, препятствующая применению метода ДРС для анализа нанесенных катализаторов, заключается в том, что он подходит только для исследования жидких образцов. Броуновское движение наночастиц в коллоидных растворах вызывает колебания интенсивности рассеянного света. Из изменений интенсивности определяют как коэффициенты диффузии наночастиц в растворах, так и сами размеры частиц. Очевидно, что такой принцип измерения размеров частиц не позволяет использовать ДРС для анализа твердых пористых систем напрямую, однако это ограничение вполне возможно обойти. Для начала отметим, что при получении нанесенных катализаторов зачастую применяются методы коллоидного синтеза наночастиц металлов в растворе с последующим закреплением заранее приготовленных наночастиц на носителе [17–21]. На первой стадии синтезируют коллоидный раствор, содержащий стабили-

зированные наночастицы металлов определенного размера. На второй стадии осуществляется пропитка пористого носителя коллоидным раствором с последующей отмывкой полученного образца от стабилизатора и сушкой. Считается, что при такой процедуре размер нанесенных частиц на носителе практически не отличается от размера частиц, присутствовавших в заранее приготовленном коллоидном растворе [17, 18]. В рамках настоящей работы изучена принципиальная возможность проведения обратного процесса. То есть из предварительно синтезированного нанесенного катализатора (способ приготовления катализатора при этом не важен), получают коллоидный раствор, содержащий нанесенные металлические частицы от исходного катализатора тех же размеров. Самым простым способом для осуществления предложенного является селективное растворение пористого носителя. Образующийся после растворения носителя раствор содержит искомые наночастицы активного компонента и может быть изучен как методом ДРС, так и любым другим методом исследования, пригодным для анализа коллоидных растворов. Для обозначения такой методики будем использовать аббревиатуру STS (solid to sol). Успешное ее применение предполагает выполнение двух условий: 1) нанесенные наночастицы металлов не должны растворяться при растворении носителя; 2) после растворения носителя наночастицы металла не должны выпадать в осадок или агрегировать хотя бы некоторое время, необходимое для проведения измерений. Безусловно, соблюдены эти условия в общем случае вряд ли возможно, однако для ряда частных, но при этом важных случаев (наночастицы благородных металлов на оксидных пористых носителях) это вполне осуществимо.

Таким образом, целью настоящей работы является разработка методики STS и проверка принципиальной возможности ее использования для определения размеров частиц активного компонента в нанесенных катализаторах методом ДРС.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Приготовление образцов

Для проверки предлагаемого подхода были взяты 6 различных нанесенных металлических катализаторов с различными размерами частиц на разных носителях:

Ru/ γ -Al₂O₃. Образец приготовлен пропиткой по влагоемкости носителя γ -Al₂O₃ с удельной поверхностью ($S_{\text{ВЕТ}}$) 220 м²/г раствором ацетилаце-

тоната рутения в ацетоне с последующей сушкой и восстановлением в токе водорода при $T = 450^\circ\text{C}$ в течение 6 ч. Содержание Ru в образце было 4.8 вес. %.

Pt/ γ - Al_2O_3 . Образец получен пропиткой по влагоемкости носителя γ - Al_2O_3 с удельной поверхностью 198 $\text{m}^2/\text{г}$ водным раствором нитрата платины, стабилизированным тетраметиламмонием до pH 7.0, с последующей сушкой и прокалкой на воздухе при $T = 600^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. В состав образца входило 2.0 вес. % Pt.

Pd/ β - Ga_2O_3 . Образец приготовлен пропиткой носителя β - Ga_2O_3 ($S_{\text{ВЕТ}} = 14 \text{ m}^2/\text{г}$) водным раствором $\text{Pd}(\text{NO}_3)_2$, после просушки проведено восстановление в токе водорода при 200°C в течение 3 ч. По данным элементного анализа содержание Pd в образце составило 1.0 вес. %.

Pt/целлюлоза. Образец получен пропиткой микрокристаллической целлюлозы (ЗАО “Вектон”, Санкт-Петербург, РФ) по влагоемкости водным раствором нитрата платины, стабилизированным тетраметиламмонием до pH 7.0, с последующей просушкой и восстановлением водным раствором NaBH_4 . В состав образца входило 2.0 вес. % Pt.

Ag/MgO. Образец приготовлен пропиткой по влагоемкости носителя MgO с удельной поверхностью 210 $\text{m}^2/\text{г}$ раствором нитрата серебра в ацетонитриле с последующей сушкой и восстановлением образца в токе водорода при $T = 300^\circ\text{C}$ в течение 2 ч. Содержание Ag в образце составило 12.5 вес. %.

Ru/MgO. Образец получен пропиткой по влагоемкости носителя MgO с удельной поверхностью 200 $\text{m}^2/\text{г}$ раствором ацетилацетоната рутения в ацетоне, после чего его сушили и восстанавливали в токе водорода при $T = 450^\circ\text{C}$ в течение 6 ч. В состав образца входило 5.0 вес. % Ru.

Процедура селективного растворения носителя (STS)

Для каждого образца способ селективного растворения носителя подбирали индивидуально. В типовом эксперименте проводили растворение навески 40–50 мг катализатора в 2.0 мл концентрированной серной кислоты, при необходимости нагревали до полного визуального растворения образца. Для ряда отдельных катализаторов навеску растворяли в концентрированной (85%) фосфорной кислоте либо в разбавленной соляной кислоте (1.0 M раствор). При использовании серной или фосфорной кислот для дальнейшего анализа методом ДРС образец дополнительно разбав-

ляли соответствующими концентрированными кислотами. При применении соляной кислоты дальнейшее разбавление раствора осуществляли дистиллированной водой.

Методы исследования

Электронная микроскопия. Снимки просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) получали на приборе JEM-2010 (“JEOL”, Япония) с максимальным разрешением по решетке 0.14 нм и ускоряющим напряжением 200 кВ. При расчете распределения частиц по размерам для каждого образца измеряли линейный размер не менее 500 частиц.

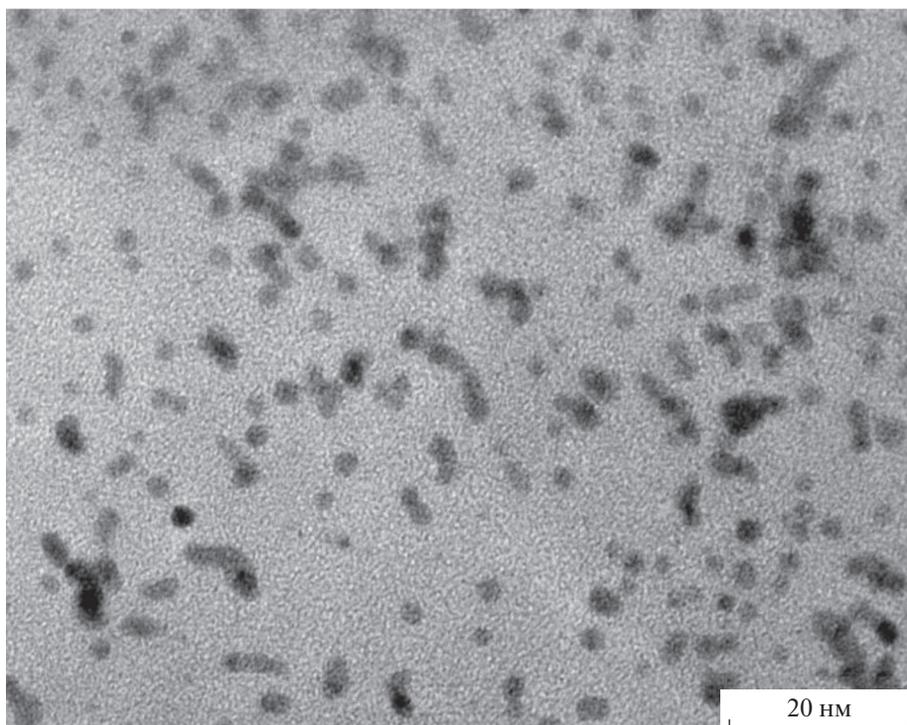
Рентгеновская дифрактометрия. Дифракционные измерения были проведены с помощью дифрактометра ARLX’TRA (“Thermo Fisher Scientific”, США) с использованием $\text{CuK}\alpha$ -излучения (длина волны 1.5418 Å). Измерения осуществляли в интервале углов $2\theta = 10^\circ$ – 90° с шагом 0.05° , время накопления в точке – 5 с. Величины ОКР (область когерентного рассеяния) для нанесенных металлов определяли по формуле Шеррера.

Динамическое рассеяние света (ДРС). Эксперименты по динамическому светорассеянию были выполнены с применением спектрометра Photocor (ООО “Фотокор”, Россия) с цифровым коррелятором (288 каналов). Измерения проводили при рассеивающем угле 160° и температуре 24°C . Длина волны используемого лазерного излучения составляла 638 нм. Первичные данные динамического светорассеяния обрабатывали с помощью программы DynaLS [22]. Из автокорреляционных функций рассчитывали распределения по интенсивности. Для определения размеров частиц применяли стандартные величины вязкости и коэффициентов преломления используемых кислот либо воды. Средний размер частиц рассчитывали по формуле Стокса–Эйнштейна для сферических частиц [11]. Каждый образец анализировали не менее 5 раз с последующим усреднением полученных результатов. Время накопления для одного измерения составляло 2 мин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы были определены размеры нанесенных металлических частиц в приготовленных катализаторах с помощью методов РФА и ПЭМ. На рис. 1 в качестве примера показано изображение ПЭМ и соответствующая дифрактограмма для образца Pt/целлюлоза. Из микроснимков ПЭМ для всех образцов рассчитаны распределения по размерам для частиц нанесен-

(a)



(б)

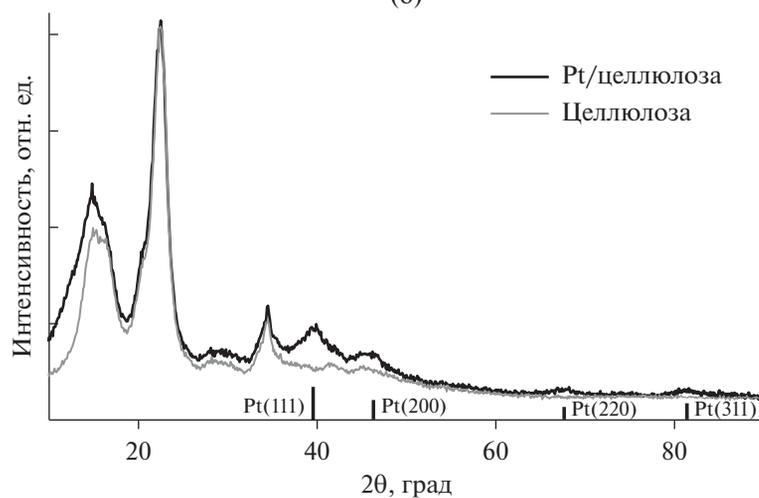


Рис. 1. Микроизображение ПЭМ для наночастиц Pt, нанесенных на целлюлозу (а). Данные рентгеновской дифракции для образцов Pt/целлюлоза и исходной целлюлозы (б). Для сравнения приведены штрих-диаграммы рефлексов металлической Pt (JCPDS 04-0802).

ных металлов (рис. 2), а из них найдены средние размеры частиц (табл. 1). Также в табл. 1 приведены величины областей когерентного рассеяния (ОКР) для различных металлических частиц. Как видно из рис. 2 и табл. 1, все полученные распределения являются мономодальными, однако в зависимости от типа образца наблюдается различная ширина распределений, обусловленная наличием

“хвоста”, относящегося к крупным частицам. Присутствие даже небольшого количества крупных частиц приводит к росту величин высших моментов распределений ($\langle d_m \rangle$ и $\langle d_{6/5} \rangle$), тогда как среднелинейные размеры частиц меняются при этом не так заметно. Отмечаемое различие в вычисленных моментах распределений обуславливает достаточно высокую степень полидисперс-

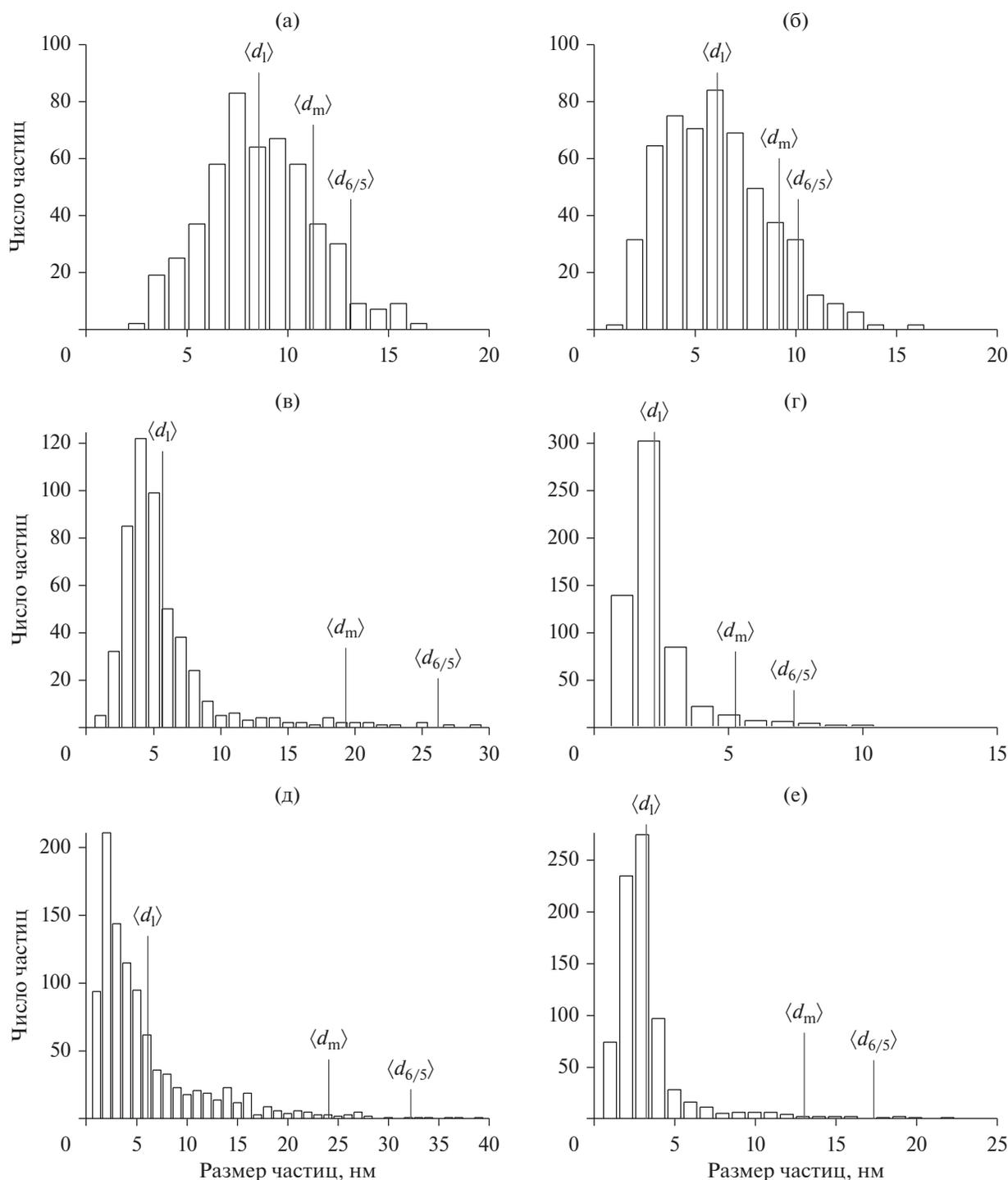


Рис. 2. Распределения частиц нанесенных металлов по размерам, рассчитанные из данных ПЭМ: Ru/Al₂O₃ (а); Pt/Al₂O₃ (б); Pd/Ga₂O₃ (в); Pt/целлюлоза (г); Ag/MgO (д); Ru/MgO (е).

ности нанесенных частиц. Можно отметить довольно неплохое соответствие величин $\langle d_m \rangle$ и $\langle \text{ОКР} \rangle$, что свидетельствует о корректности проведенных измерений размеров частиц в исходных катализаторах методами ПЭМ и РФА.

На втором этапе работы исследованные методами ПЭМ и РФА нанесенные катализаторы были растворены в соответствующих кислотах. Приготовленные из них металлсодержащие золи разбавляли для получения оптимального сигнала

Таблица 1. Средние размеры частиц нанесенных металлов, определенные методами ПЭМ, РФА и ДРС*

Образец	$\langle d_l \rangle$, нм	$\langle d_m \rangle$, нм	$\langle \text{ОКР} \rangle$, нм	$\langle d_{6/5} \rangle$, нм	$\langle d_{\text{ДРС}} \rangle$, нм
Ru/Al ₂ O ₃	8.7 ± 2.3	11.2	11.4	13.1	15.2 ± 1.4
Pt/Al ₂ O ₃	6.1 ± 2.6	9.1	9.3	10.2	11.8 ± 1.6
Pd/Ga ₂ O ₃	5.6 ± 3.9	19.3	12.1	26.3	30.7 ± 2.1
Pt/целлюлоза	2.2 ± 1.0	5.3	4.9	7.4	8.2 ± 0.7
Ag/MgO	6.1 ± 5.8	24.0	17.8	32.3	34.1 ± 2.6
Ru/MgO	3.3 ± 2.8	13.1	10.0	17.4	18.4 ± 1.5

* $\langle d_l \rangle = \sum N_i d_i / \sum N_i$; $\langle d_m \rangle = \sum N_i d_i^4 / \sum N_i d_i^3$; $\langle d_{6/5} \rangle = \sum N_i d_i^6 / \sum N_i d_i^5$, где $\sum N_i$ – число частиц с размерами d_i , измеренными по данным ПЭМ. $\langle \text{ОКР} \rangle$ – размер частиц, определенный из данных РФА по формуле Шеррера. $\langle d_{\text{ДРС}} \rangle$ – размер фракции мелких частиц, определенный из распределений, полученных ДРС после усреднения по нескольким измерениям.

ДРС. Поскольку метод ДРС достаточно чувствительный, то коллоидные растворы перед проведением экспериментов зачастую приходится разбавлять. Несмотря на то, что непосредственные измерения для катализаторов с малым содержанием металла (0.1–0.2 вес. %) в настоящей работе не проводили, запас по разбавлению приготовленных металлсодержащих золей позволяет предполагать, что этим способом возможно исследовать катализаторы и с существенно меньшим содержанием активного компонента (~0.1 вес. %). Это может быть весьма актуальным для анализа автомобильных катализаторов нейтрализации выхлопных газов.

На рис. 3 приведены найденные методом ДРС распределения частиц по размерам в металлсодержащих золях. Видно, что для распределений, полученных для всех образцов, характерно присутствие двух фракций частиц – мелких и крупных. При холостом опыте по растворению исходных носителей наблюдали только фракцию крупных частиц с размерами ~2000 нм. По всей вероятности, крупную фракцию можно отнести к частицам пыли и/или остаточным частицам нерастворившегося до конца носителя, а мелкую – к искомым наночастицам металлов. Поскольку приготовленные золи содержат в своем составе достаточно агрессивные кислоты, то стандартная процедура фильтрования золей через тканевые фильтры не использовалась. Усредненные размеры частиц мелкой фракции, полученные из распределений ДРС, сравнили с данными ПЭМ и РФА (табл. 1). Поскольку метод ДРС очень чувствителен к наличию крупных частиц, то опреде-

ляемые с его помощью размеры корректно сравнивать с высшими моментами от численного распределения частиц по размерам. Ранее было показано, что средний размер частиц, устанавливаемый методом ДРС, соответствует шестому моменту ($\langle d_{6/5} \rangle = \sum N_i d_i^6 / \sum N_i d_i^5$) в распределении частиц по размерам [12]. При сравнении размеров частиц для исходных катализаторов ($\langle d_{6/5} \rangle$) и для приготовленных из них металлсодержащих золей ($\langle d_{\text{ДРС}} \rangle$), видно, что между ними имеется очень хорошее согласие (табл. 1).

Интересно отметить, что в случае образца с высоким содержанием нанесенного металла (Ag/MgO, рис. 3д) наблюдается дополнительная фракция частиц с размерами ~150 нм, появление которой, по всей вероятности, обусловлено частичной агрегацией исходных наночастиц Ag, происходящей при растворении катализатора с большой концентрацией этого металла. Видимо, для катализаторов, доля металла в которых высока, следует учитывать эффект такой агрегации частиц при получении из них золей.

Согласно данным табл. 1 величина $\langle d_{\text{ДРС}} \rangle$ всегда немного больше, чем $\langle d_{6/5} \rangle$, причем разница составляет от 5 до 15% в зависимости от образца. Можно предположить, что метод ПЭМ из-за его локальности и, вследствие этого, недостаточной статистики приводит к занижению максимально возможного размера частиц, реально присутствующих в образцах. Использование метода РФА для оценки этого показателя также малоэффективно. Из-за дефектности частиц величина ОКР может быть существенно меньше, чем величина $\langle d_m \rangle$ по

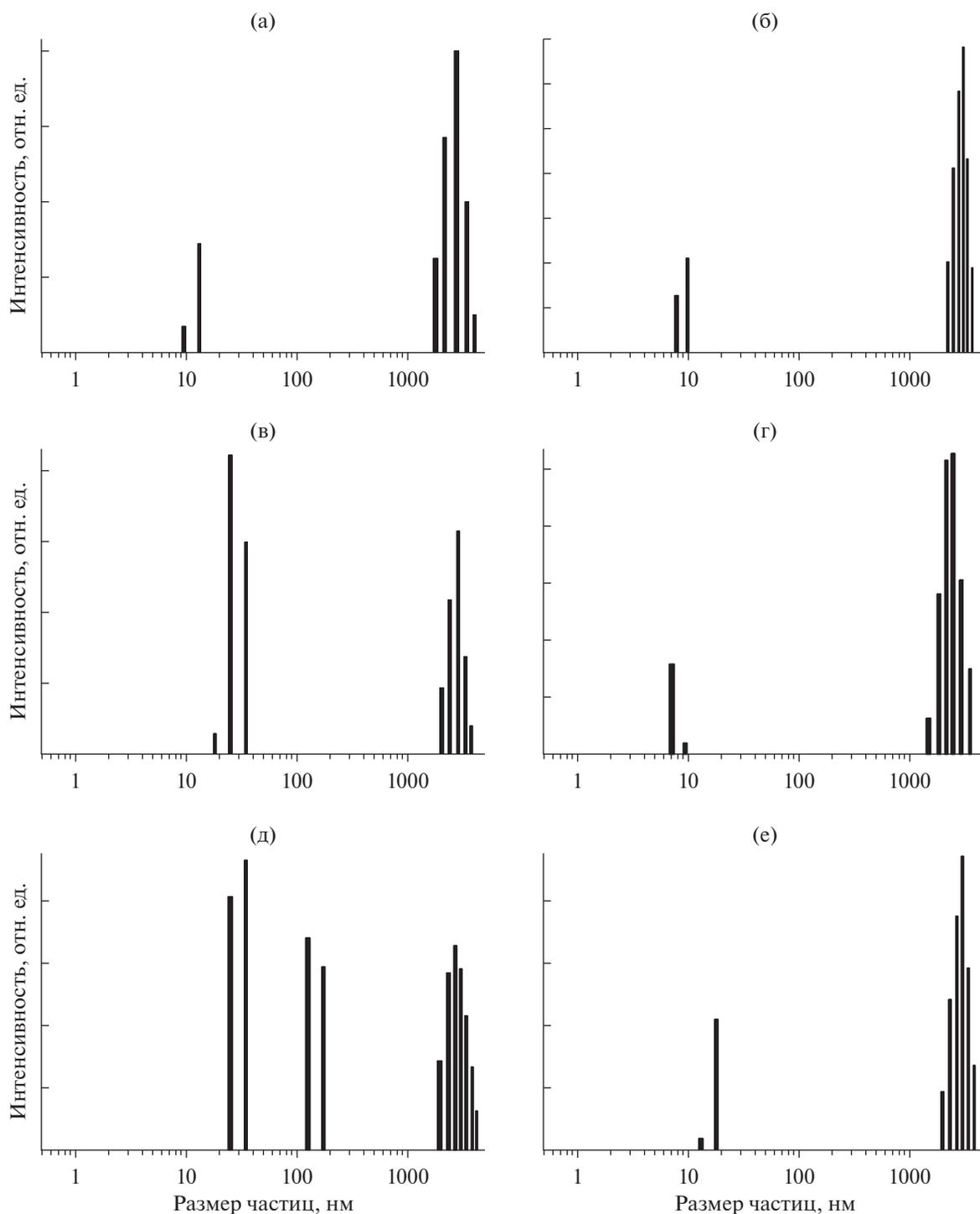


Рис. 3. Распределения частиц по размерам для полученных металлсодержащих золей по данным ДРС (распределения по интенсивности): Ru/Al₂O₃ (а); Pt/Al₂O₃ (б); Pd/Ga₂O₃ (в); Pt/целлюлоза (г); Ag/MgO (д); Ru/MgO (е).

данным ПЭМ. Наложение рефлексов металла на рефлексы носителя также существенно усложняет учет дефектов для проведения корректировки величин ОКР. В пользу нашего предположения о занижении максимально возможных размеров

частиц свидетельствует эксперимент по определению размеров частиц Pt в коллоидном растворе с помощью ПЭМ и масс-спектрометрии [23]. Было показано, что при совпадении размеров основной фракции Pt-наночастиц использование масс-

спектрометра позволило обнаружить более широкий “хвост” в распределении частиц Pt по сравнению с данными ПЭМ. Безусловно это предположение нуждается в дополнительных проверках, тем не менее, предлагаемая методика STS может дать новые возможности для прецизионного измерения размеров частиц в нанесенных катализаторах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Была разработана новая методика STS, позволяющая применять для определения размеров частиц металла в нанесенных катализаторах метод динамического светорассеяния. На примере различных образцов было продемонстрировано хорошее соответствие между данными ПЭМ и РФА для исходных катализаторов, с одной стороны, и данными ДРС для приготовленных металлосодержащих зольей из этих катализаторов, с другой. Основными преимуществами предлагаемого подхода является высокая чувствительность, экспрессность измерений и доступность метода ДРС. Использование новой методики дает возможность идентифицировать крупные частицы на “хвостах” распределений, которые очень трудно анализировать традиционными методами из-за их крайне малого количества в образцах.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор выражает благодарность А.В. Ищенко, Д.А. Зюину, Н.Н. Саньковой и Е.В. Пархомчук за помощь в проведении исследований, а также ЦКП “ВТАН” НГУ за предоставление измерительного оборудования.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (проект № АААА-А21-121011390053-4) и (проект FSUS-2020-0029).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu J.-X., Wang P., Xu W., Hensen E.J.M. // *Engineering*. 2017. V. 3. P. 467.
2. Haruta M. // *Catal. Today*. 1997. V. 36. P. 153.
3. Le Valant A., Drault F., Maleix C., Comminges C., Beauchet R., Batonneau Y., Pirault-Roy L., Especel C., Epron F. // *J. Catal.* 2018. V. 367. P. 234.
4. Tuo Y.X., Shi L.J., Cheng H.Y., Zhu Y.A., Yang M.L., Xu J., Han Y.F., Li P., Yuan W.K. // *J. Catal.* 2018. V. 360. P. 175.
5. Hughes R. *Deactivation of Catalyst*. New York: Academic Press, 1984.
6. Bergeret G., Gallezot P. *Handbook of Heterogeneous Catalysis*. Wiley-VCH, 2008.
7. Matyi R.J., Schwartz L.H., Butt J.B. // *Catal. Rev.* 1987. V. 29. P. 41.
8. Toyao T., Maeno Z., Takakusagi S., Kamachi T., Takigawa I., Shimizu K. // *ACS Catal.* 2020. V. 10. P. 2260.
9. Palkovits S. // *ChemCatChem*. 2020. V. 12(16). P. 3995.
10. Okunev A.G., Mashukov M.Y., Nartova A.V., Matveev A.V. // *Nanomater.* 2020. V. 10. P. 1285.
11. Hassan P.A., Rana S., Verma G. // *Langmuir*. 2015. V. 31. P.3.
12. Thomas J.C. // *J. Colloid Interface Sci.* 1987. V. 117. P. 187.
13. Beketov I.V., Safronov A.P., Medvedev A.I., Alonso J., Kurlyandskaya G.V., Bhagat S.M. // *AIP Adv.* 2012. V. 2. 022154.
14. Fissan H., Ristig S., Kaminski H., Asbach C., Epple M. // *Anal. Methods*. 2014. V. 6. P. 7324.
15. Souza T.G.F., Ciminelli V.S.T., Mohallem N.D.S. // *J. Phys. Conf. Ser.* 2016. V. 733. 012039.
16. Dieckmann Y., Colfen H., Hofmann H., Petri-Fink A. // *Anal. Chem.* 2009. V. 81. P. 3889.
17. Mehrabadi B.A.T., Eskandari S., Khan U., White R.D., Regalbuto J.R. // *Adv. Catal.* 2017. V. 61. P. 1.
18. Losch P., Huang W., Goodman E.D., Wrasman C.J., Holm A., Riscoe A.R., Schwalbe J.A., Cargnello M. // *Nano Today*. 2019. V. 24. P. 15.
19. Okhlopkova L.B., Kerzhentsev M.A., Tuzikov F.V., Larichev Y.V., Prosvirin I.P., Ismagilov Z.R. // *J. Nanopart. Res.* 2012. V. 14. 1089.
20. Okhlopkova L.B., Kerzhentsev M.A., Tuzikov F.V., Larichev Y.V., Ismagilov Z.R. // *J. Nanopart. Res.* 2012. V. 14. 1088.
21. Zhao Y., Liang W., Li Y., Lefferts L. // *Catal. Today*. 2017. V. 297. P. 308.
22. Soft Scientific, DynaLS – software for data analysis in Photon Correlation Spectroscopy, <http://www.softscientific.com/science/WhitePapers/dynals1/dynals100.htm>
23. Lamsal R.P., Hineman A., Stephan C., Tahmasebi S., Baranton S., Coutanceau C., Jerkiewicz G., Beauchemin D. // *Anal. Chim. Acta.* 2020. V. 1139. P. 36.

Advances in Dynamic Light Scattering for the Study of Supported Metal Catalysts

Yu. V. Larichev^{1, 2, *}

¹*Borshkov Institute of Catalysis, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
pr. Akademika Lavrentieva 5, Novosibirsk, 630090 Russia*

²*Novosibirsk State University, Pirogov Street 1, Novosibirsk, 630090 Russia*

**e-mail: ylarichev@gmail.com*

A new way for study of supported metal catalysts by DLS has been proposed. This technique has been checked on the catalysts set with different supported metals, supports and particle sizes. The prepared set of catalysts has been previously studied by TEM and XRD. Then metal-containing sols were prepared from these catalysts and were studied by DLS. It has been found a good agreement between TEM data for supported catalysts and DLS data for prepared sols from it. The proposed way allows determining particle sizes more simple, sensitive and quick methods.

Keywords: DLS, supported catalysts, sols, metal nanoparticles, particle sizes