

Аспекты производства и контроля микрокапсулированных инсектицидных композиций I. Определение размера частиц

Львовский А. И.¹, Носикова Л. А.^{1,2}, Кочетов А. Н.¹

¹МИРЭА – Российский технологический университет (Институт тонких химических технологий имени М. В. Ломоносова), 119571, Россия, Москва, пр. Вернадского, 86.

²ФГБУН Институт физической химии и электрохимии им. А. Н. Фрумкина (ИФХЭ) РАН, 119991, Россия, г. Москва, Ленинский пр., 31.

Рассмотрены возможности определения размера частиц в коммерческих и опытной композициях, произведенных с использованием технологии микрокапсулирования инсектицидных субстанций. В качестве капсулообразователей фигурировали различные строительные блоки – природные липиды (животного и растительного происхождения) и синтетические полимерные материалы, при этом в качестве инкапсулированных инсектицидных субстанций рассматривались синтетические пиретроидные и фосфорорганические производные. Рассмотрены несколько вариантов проведения оценки размеров частиц в растворах инсектицидных микрокапсулированных средств. Установлено, что для корректного определения размера частиц необходимо проводить разбавление исходных композиций до концентраций ниже установленных значений для рабочих растворов. Диапазон размера частиц, выявленный в процессе исследования, позволяет отнести все рассмотренные композиции к микрокапсулированным.

Ключевые слова: микрокапсулированные средства, инсектицидные субстанции, определение размера частиц, pest control, действующее вещество.

Введение

Микрокапсулированная форма применения инсектицидных субстанций обладает рядом значительных преимуществ по сравнению с другими препаративными формами: длительное остаточное действие на различных поверхностях, низкая токсичность для теплокровных и человека, слабые репеллентные свойства [1–4]. Это стимулирует производителей осуществлять разработку и выводить на рынок новые микрокапсулированные инсектицидные композиции (МИК) на основе средств различных классов органических соединений. Следует отметить, что в регламентирующих документах не предъявляется жестких требований к размеру частиц в таких препаративных формах, а акцент при исследовании МИК смещен в сторону оценки эффективности (длительность остаточного действия [5]). Вместе с тем далеко не очевидно, что имеющиеся на рынке препаративные формы, называемые микрокапсулированными, являются таковыми в действительности.

Возникают подозрения о возможном введении потребителей в заблуждение декларированием производителями соответствующей размерности частиц. Примером такой подмены дорогостоящих в производстве микрокапсулированных форм могут служить отчасти инсектицидные покрытия, а при определенном аспекте рассмотрения инсектициды, нанесенные на твердые носители с добавлением «приклеивателей», способных удерживать частицы на поверхности.

Существуют несколько различных подходов к классификации микрокапсулированных форм [6, 7]. Условно их можно разделить на микрокапсулированные эмульсии и микрокапсулированные суспензии, которые различаются как использованием «жидких» или «твердых» капсулообразователей, так и перераспределением инкапсулированного вещества между внутренней частью, материалом стенок и поверхностью строительных блоков микрокапсул. Важно отметить, что через «стенки» микрокапсул (например ли-

пидный бислой или полимерная матрица) осуществляется транспорт инсектицидной субстанции во внешнюю сферу.

По-видимому, различие в размерах микрокапсул может приводить к изменению не только целевых инсектицидных свойств, но и к различию токсикологических характеристик микрокапсулянтов как микро- или наноразмерных объектов. Являются ли достигнутые в существующих МИК размеры микрокапсул оптимальными – это спорный вопрос. При этом на размер частиц, их однородность и прочие характеристики во многом влияют технологические аспекты получения препаративной формы и выбор капсулообразователя. На современном этапе развития технологии инкапсулирования возможно воспроизведение рецептурной составляющей рассматриваемой препаративной формы, однако сложность соблюдения полной технологической карты того или иного производства приведет, скорее всего, к уникальному фракционному составу микрочастиц. Последнее обстоятельство может служить дополнительной оценкой подлинности МИК при организации соответствующего мониторинга. Данная статья посвящена результатам скрининговых исследований промышленных и модельной МИК, приготовленной в лабораторных условиях.

Материалы и методы

Для проведения исследований использовали следующие аналитические стандарты и реагенты: Циперметрин 96.4% (ГСО 7736-99, НПК «Блок-1», Россия), Хлорпирифос 99.5% (ГСО 7418-97, НПК «Блок-1», Россия), Лямбдацигалотрин 97.5% (ГСО 7732-99, НПК «Блок-1», Россия), изопропанол (х. ч., ГОСТ 18300-87), хлороформ (х. ч., ТУ 6-09-06-4263), вода дистиллированная ГОСТ 6709-72 использовалась без предварительной очистки.

Для приготовления модельной МИК, содержащей 10% циперметрина, использовали яичные липиды, которые экстрагировались из яичного порошка (ГОСТ 2858-82); далее приготовление осуществлялось по ранее предложенному методу [8].

В процессе исследования на первом этапе методом ГЖХ [4] оценивали содержание действующих веществ в микрокапсулированных средствах, прошедших обязательную государственную регистрацию: «Экстермин-Ц» (ООО НПЦ «Родемос», Россия), «Лекарь м. к. э.» (ООО «Алина Нова Проф», Россия), «Латэ» (ООО «Алина Нова Проф», Россия), – и модельную МИК, приготовленную в лабораторных условиях (см. выше).

После подтверждения заявленного содержания инсектицидных субстанций на втором эта-

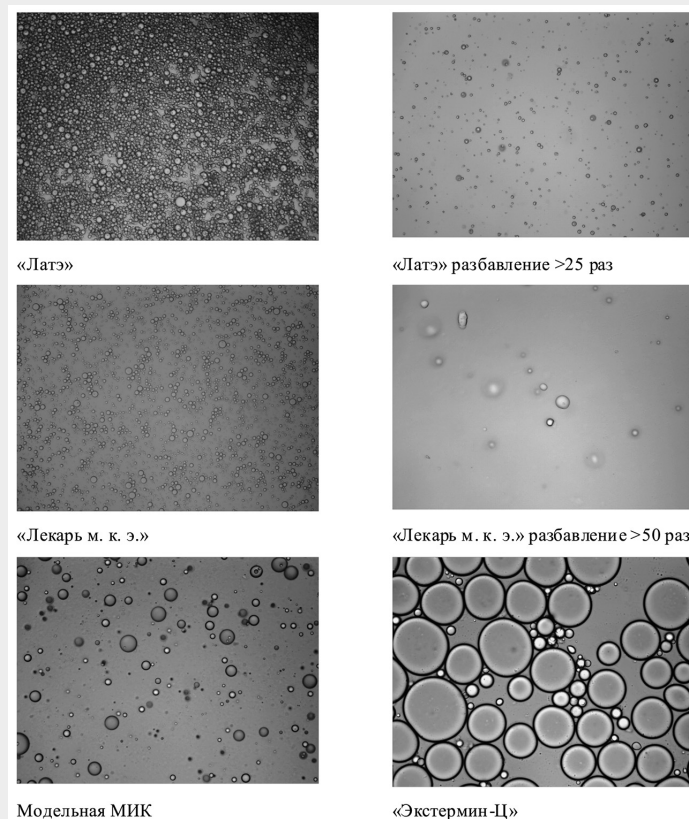


Рис. 1. Фотографии микрокапсулированных концентратов и разбавленных растворов при увеличении $\times 40$ «Экстермин-Ц» (ООО НПЦ «Родемос», Россия), «Лекарь м. к. э.» (ООО «Алина Нова Проф», Россия), «Латэ» (ООО «Алина Нова Проф», Россия) и модельная МИК, приготовленная в лабораторных условиях (см. выше).

пе перешли к сбору сведений о размерах частиц. Сначала визуально подтверждали сохранение формы и размера микрочастиц при помощи оптического микроскопа (с увеличениями $\times 10$, $\times 40$ и $\times 100$), для чего последовательно помещали каплю концентрата и разбавленных растворов на предметное стекло. Изображения частиц суспензии МИК получены при помощи биологического микроскопа Olympus CX-31 в проходящем свете (регистрация изображений осуществлена фотоаппаратом Nikon Coolpix L320), приведены на рис. 1. Наблюдаемые сферические частицы МИК (определены как суспензии липидных микросфер (микрокапсул)) являются очень удобным объектом для измерения их размеров методом лазерной дифракции. Математическая модель расчета размеров основана на предположении, что измеряемые частицы имеют сферическую форму. Дальнейшие измерения проводили методом лазерной дифракции на лазерном анализаторе раз-

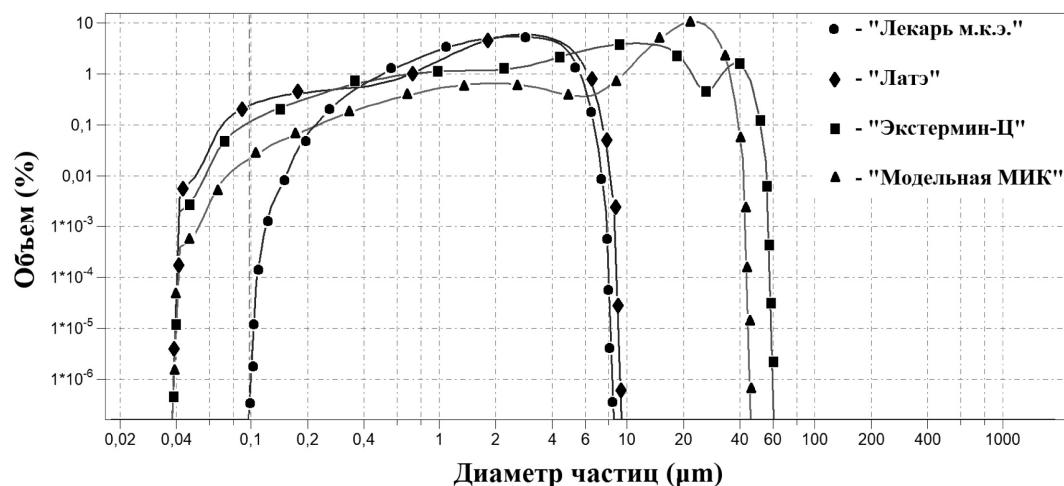


Рис. 2. Объемное распределение частиц (МИК). Логарифмическая шкала вертикальной оси. Растянут диапазон от 0 до 1 для более четкого разграничения пределов диапазонов размеров.

меров частиц Beckman-Coulter LS 13320 MW. Данный анализатор дополнительно использует метод дифференциальной оценки интенсивности рассеивания поляризованного света при разных длинах волн (PIDS-методология), что позволяет получить непрерывное распределение частиц по размерам в том числе и для микрокапсулированных объектов [9, 10].

Для проведения измерений были применены следующие параметры работы лазерного анализатора:

- дисперсионная среда – вода;
- затемнение по лазерному лучу $12 \pm 3\%$;
- скорость перемешивания 50%;
- количество последовательных прогонов с одной пробой – от 3 до 5;
- применение PIDS-технологии (рассеяние поляризованного света) – да;
- продолжительность одного измерения – 90 секунд;
- предварительная подготовка пробы – не требуется;
- способ ввода пробы в измерительную ячейку анализатора – по каплям из пластиковой пипетки Пастера объемом 5 см³.

Затемнение по лазерному лучу определяется концентрацией образца в измерительной ячейке анализатора. Подходящий объем пробы определяли экспериментально в соответствии с рекомендациями [11].

Результаты и их обсуждение

Контролируемое высвобождение инкапсулированного содержимого через стенки капсул подразумевает кинетическое описание процесса диффузии, которое невозможно без определения размеров капсул, их поверхности. Таким образом, определение размеров частиц приобретает первостепенное значение в микромире в целом и в технологии микрокапсулирования в частности [12].

Определение размеров частиц в МИК методически можно разбить на несколько этапов, при этом сложно обойтись без определенных допусков, о которых речь пойдет ниже. Поскольку проведение измерений в концентратах средств в неразбавленном виде невозможно, то важно понять, остаются ли при разбавлении микрокапсулы в неизменном виде. На первом этапе с использованием оптического микроскопа с подобранным увеличением (в нашем случае оптимальное увеличение для всех образцов составило $\times 40$) осуществлялась визуальная оценка размера частиц в концентратах и в разбавленных растворах средств (рис. 1). Мы исходили из допусков, что при разбавлении размер микрокапсул сохраняется, а их форма остается сферической. Последнее обстоятельство необходимо принимать безоговорочно, поскольку математический аппарат, использующийся для расчета размеров частиц, работает только со сферической формой исследуемых объектов.

В процессе исследования было установлено, что проведение измерения размера частиц

Таблица 1

Числовые характеристики объемного распределения в МИК частиц по размерам

Образец	Общий диапазон мкм	Средний диаметр мкм	D_{10}^* , мкм	D_{50}^* , мкм	D_{90}^* , мкм	$(D_{90}-D_{10})/D_{50}$
«Лекарь м.к.э.»	0,1–7,5	1,87	0,737	2,04	4,17	1,68
«Латэ»	0,04–8,15	1,90	0,596	2,31	4,51	1,69
«Экстермин-Ц»	0,04–57,5	4,99	0,647	6,99	19,9	2,75
Модельная композиция	0,04–43	13,1	2,13	19,4	28,3	1,34

* параметры D_{10} , D_{50} и D_{90} характеризуют ширину диапазона размеров распределения и являются общепринятой характеристикой при описании результатов дисперсионного анализа. В данном случае обсуждается распределение объемного типа. Например, для образца «Лекарь» следует читать: D_{10} – 10% объема от общего объема частиц образца занимают частицы мельче 0,737 мкм. Аналогично читаются параметры D_{50} и D_{90} .

Таблица 2

Приблизительный объем фракций в образцах МИК

Образец	Приблизительный объем фракций, %					
	0,04–0,10 мкм	0,1–1,0 мкм	1,0–3,0 мкм	3–8 мкм	8–25 мкм	25–55 мкм
«Лекарь м.к.э.»	0	17,8	54,5	27,7	0	0
«Латэ»	0,83	15,87	50,0	33,29	0,002	0
«Экстермин-Ц»	0,36	14,54	14,3	25,8	37,7	7,29
Модельная МИК	0,069	4,97	7,25	4,60	61,50	21,60

для рабочих растворов средств не представляется возможным ввиду высокой концентрации частиц. Более того, поскольку размер частиц варьировался в достаточно широком диапазоне, не удалось подобрать одной универсальной концентрации композиций, при которой возможно было бы провести корректные измерения размера частиц всех МИК. По этой причине концентрация МИК, пригодная для получения достоверных и воспроизводимых значений, подбиралась исходя из показателя затемнения лазерного луча в диапазоне $12 \pm 3\%$, при этом проводились многократные повторы серий измерений в соответствии с известными общепринятыми процедурами для данного вида анализа [11, 13]. Концентрации, пригодные для измерения размера частиц, оказались в 5–30 раз ниже рекомендованных рабочих концентраций МИК.

Распределение частиц МИК по размерам всех исследованных образцов представлено на графике рис. 2. Горизонтальная ось диаметров имеет логарифмическую шкалу, вертикальная ось относительного объема (%) линейна. Для большей наглядности и выделения пределов диапазонов применили логарифмическую шкалу и для вертикальной оси, растянув таким образом диапазон от 0 до 1 (см. рис. 2). Числовые характеристики размеров частиц для каждого образца представлены в табл. 1. В табл. 2 суммированы объемы нескольких поддиапазонов размеров. Эти поддиапазоны выбирали в соответствии с рас-

положением и шириной отдельных пиков и долин между ними.

Кривые распределения по размерам на рис. 3 и табл. 1 показывают, что наибольший диапазон размеров частиц (0,04–57,5 мкм) имеет образец «Экстермин-Ц». Самый узкий диапазон у образца «Лекарь м.к.э.»: от 0,1 до 7,5 мкм.

Образцы «Экстермин-Ц» и модельная МИК на распределении частиц по объему «Латэ», имеют длинные «хвосты» (рис. 3). Кроме того, в образце «Экстермин-Ц» обнаружена дополнительная фракция крупных частиц в диапазоне размеров 25–55 мкм (визуально отличающая данный образец от остальных, рис. 1), однако относительная доля их не превышает 20% (табл. 1), при этом средний размер всех частиц не максимальный (табл. 2) из всех исследованных МИК.

Наибольшую долю крупных частиц имеет модельный образец МИК, что иллюстрируется пиком на кривой распределения в области 8–40 мкм и максимальным значением D_{90} – 28,3 мкм в табл. 1. Однако именно модельный образец МИК продемонстрировал самый узкий диапазон ширины распределения (параметр – $(D_{90}-D_{10})/D_{50}$ в табл. 1). Чем уже распределение, тем меньше значение этого параметра.

Образцы «Лекарь м. к. э.» и «Латэ» имеют близкие параметры распределения, с тем отличием, что у образца «Латэ» есть фракция мельче 0,1 мкм.

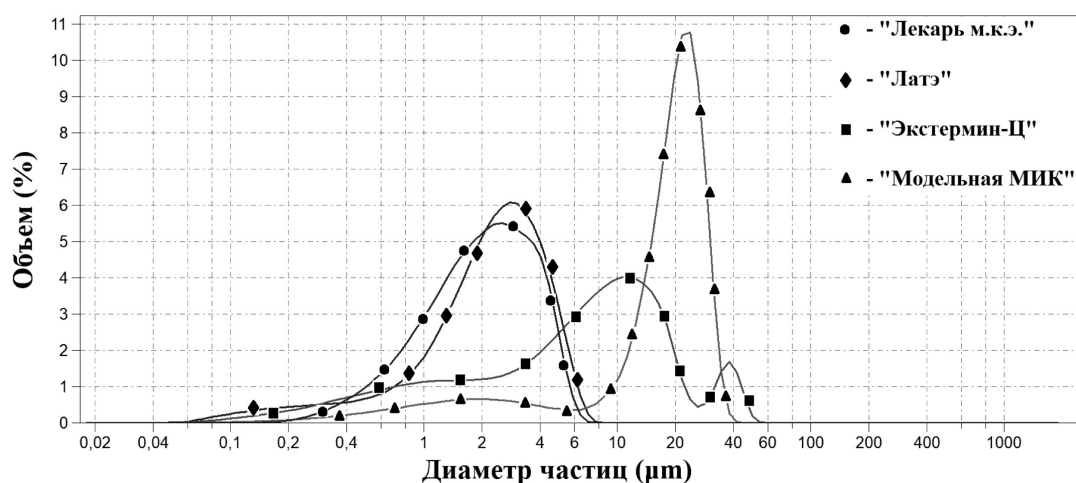


Рис. 3. Объемное распределение частиц (МИК).

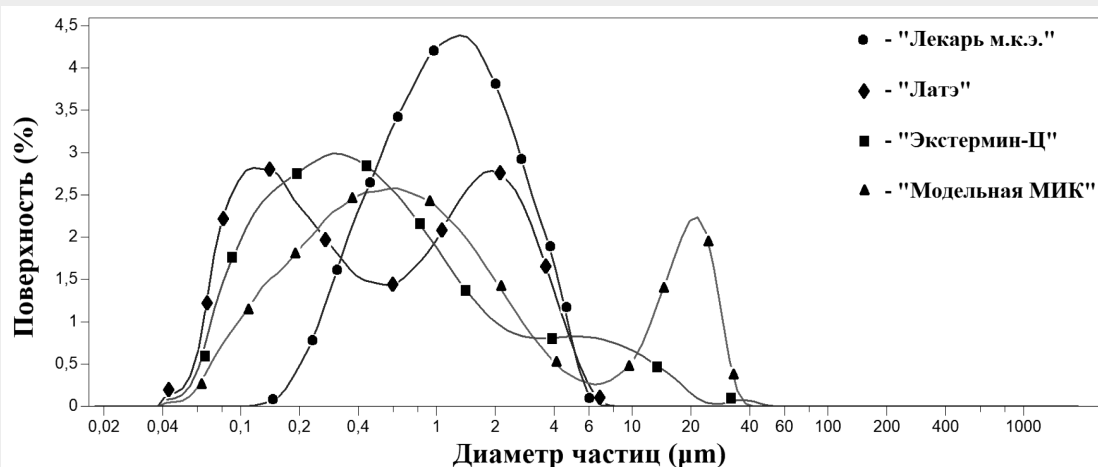


Рис. 4. Распределение частиц (МИК) по площади поверхности.

Анализируя полученные результаты, можно констатировать, что все рассмотренные образцы – это дисперсные системы с отчетливо выраженной дисперсной фазой – сферическими частицами. Оказалось, что полимерные «твердые» микрокапсулы (МИК «Латэ») имеют почти такой же узкий диапазон размеров частиц, что и «жидкие» строительные блоки МИК «Лекарь м.к.э.», предположительно на фракции яичных липидов (анализ данных ГЖХ по составу липидов ранее приведен в [4]), т. е. технологически возможно производство высокооднородных образцов МИК из «жидких» капсулообразователей. Однако приготовленная нами модельная МИК на яичных фосфолипидах не была аналогична препарату «Ле-

карь м. к. э.» по однородности и размеру частиц. Последние обстоятельства можно, по-видимому, объяснить особенностями технологий получения МИК, возможно отчасти иллюстрируя влияние масштабного фактора на конечные характеристики при лабораторном (до 100 г) получении и промышленном производстве (десятки и сотни кг). Препаративная форма «Экстермин-Ц» продемонстрировала самый большой диапазон по размерам частиц, включая несколько «фракций» крупных частиц. Хорошо это или плохо, можно сказать только после проведения всесторонних биологических испытаний нескольких МИК с фракционно-однородными частицами на одном и том же действующем веществе, для достоверности осуществ-

Таблица 3

Числовые характеристики распределения по площади поверхности частиц в МИК

Образец	Общий диапазон мкм	Средний диаметр мкм	D_{10}^* , мкм	D_{50}^* , мкм	D_{90}^* , мкм	$(D_{90}-D_{10})/D_{50}$
«Лекарь м.к.э.»	0,1–7,5	1,46	0,385	1,14	3,05	2,33
«Латэ»	0,04–8,15	1,09	0,095	0,520	2,89	5,375
«Экстермин-Ц»	0,04–57,5	1,67	0,111	0,432	4,74	10,72
Модельная композиция	0,04–43	4,57	0,153	0,793	18,8	23,51

вленных на разных видах насекомых. Легко предположить, что более фракционно-неоднородная МИК будет более универсальна, тогда как поиск оптимального размера микрокапсул потенциально приведет к увеличению эффективности МИК. Следует констатировать, что в процессе исследования не удалось установить корреляционных зависимостей между классом инсектицидных субстанций и размером частиц в композиции. Возможно, подобного рода зависимость существует, но для правильной и корректной интерпретации получаемых результатов потребуется строгая стандартизация процедур получения и исследования МИК.

Информация о размере и фракционном составе МИК крайне важна для описания инкапсулирования субстанций, однако вряд ли можно считать ее достаточной для описания инсектицидного действия без дополнительного рассмотрения площади поверхности частиц. На рис. 4 представлена относительная величина поверхности, образуемая частицами во всем диапазоне размеров. Даже беглый взгляд на такое распределение площади поверхности частиц по их размерам обнаруживает визуальное отличие, поскольку поверхность очень сильно зависит от размера частиц. По этой причине даже небольшая доля «крупных» фракций частиц может привести к значительному сокращению поверхности для конкретного поддиапазона (большая частица единичного объема имеет поверхность несравнимо меньшую, чем множество мелких частиц, суммарно занимающих такой же объем). Наиболее ярко различия в образцах передает параметр $(D_{90}-D_{10})/D_{50}$ (табл. 1, 3). Он как раз и демонстрирует относительную «стабильность» площади частиц для «жидких» (предположительно яичные фосфолипиды «Лекарь м. к. э.») и полимерных строительных блоков («Латэ») МИК с неожиданным более узким значением ширины распределения не в пользу полимерных микрокапсулообразователей (табл. 3). Напротив, максимально «крупноразмерная» модельная композиция продемонстрировала как самую высокую

«однородность» по размерам, так и максимальную неоднородность по площади поверхности.

Таким образом, получение помимо данных физико-химического анализа характеристик распределения частиц по размерам и площади поверхности может снабдить исследователей, технологов и контролирующие органы важным инструментом подтверждения подлинности МИК, что становится чрезвычайно важно в случае арбитражных исследований. Отдельно стоит упомянуть о погрешностях измеренных величин. По ширине диапазона размеров распределения погрешность не превышает 10% (для D_{50}) и 15% (D_{10} и D_{90}) в соответствии с утвержденными методическими документами [13–15]. Безусловно, можно разрабатывать и внедрять на производстве методы входного контроля сырья (оценки поставщиков) строительных блоков МИК в условиях, имитирующих производственный цикл с использованием инсектицидной субстанции или без нее, с целью оценки их пригодности для производства, включая и методы определения размера частиц.

Заключение

В работе были рассмотрены методические подходы к определению размера частиц в МИК. Для модельной и коммерчески доступной группы препаратов предложены условия проведения и результаты эксперимента. Выявлено, что природа капсулообразователя и, возможно, технология получения микрокапсулированной препаративной формы, способны повлиять на размер получаемых частиц. Последнее обстоятельство может быть использовано для дополнительной оценки подлинности композиции при наличии у производителя референсного образца или же при включении в нормативно-техническую документацию соответствующих характеристик микрокапсул в качестве сведений, подлежащих регламентированию для данного образца выпускаемой продукции. Определение размеров частиц дополнительно открывает возможность оптимизации технологических аспектов получения микрокапсулированных композиций с максималь-

ными показателями эффективности и минимизации производственных затрат.

Список использованной литературы References

1. Леви М. И., Богданова Е. Н., Шестаков К. А. Эффективность «Микроприма» (микрокапсулированный перметрин) по отношению к насекомым, имеющим медицинское значение // Дезинфекционное дело. – 1993. – №2–3. – С. 52–54. [Levi M. I., Bogdanova E. N., Shestakov K. A. Efficacy of Microprim (microcapsulated permethrin) in relation to insects of medical importance // Disinfection affairs (ISSN 2076-457X). – 1993 – (2–3): 52–54] [In Russian].

2. Шестаков К. А., Расницын С. П. Эффективность композиции циперметрина и хлорпирифоса, микрокапсулированных в липосомы, против рыжих тараканов // Дезинфекционное дело. – 2005. – №4. – С. 51–52. [Shestakov K. A., Rasnitsyn S. P. Efficiency of the composition of cypermethrin and chlorpyrifos microencapsulated in liposomes against red cockroaches // Disinfection affairs (ISSN 2076-457X). – 2005 – (4): 51–52] [In Russian].

3. Шестаков К. А., Кочетов А. Н., Войчишина Д. В. Современные микрокапсулированные инсектицидные средства «Микроцин+» и «Микрофос+»: основные характеристики и опыт применения // Дезинфекционное дело. – 2009. – №2. – С. 58–59. [Shestakov K. A., Kochetov A. N., Vojchishina D. V. Modern microencapsulated insecticidal agents Microcyn+ and Microfos+: main features and application experience // Disinfection affairs (ISSN 2076-457X). – 2009 – (2): 58–59] [In Russian].

4. Носикова Л. А., Кочетов А. Н., Матвеев А. А. Методические подходы к определению инсектицидных субстанций в микрокапсулированных композициях // Пест-менеджмент. – 2018. – №3. – С. 31–39. [Nosikova L. A., Kochetov A. N., Matveev A. A. Methodical approaches to determination of insecticidal substances in microencapsulated compositions // Pest management (ISSN 2076-8462). – 2018 – (3): 31–39.] [In Russian].

5. Р 4.2.2.643–10 Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, – 2010. – С. 381. [R 4.2.2.643-10 Methods of laboratory research and testing of disinfectants to assess their effectiveness and safety. M.: Federal center of hygiene and epidemiology of Rospotrebnadzor, – 2010:381] [In Russian].

6. Елиневская Л. С. Современные препаративные формы пестицидов // Защита и карантин растений. – 2005. – №8. – С. 34–38. [Elinevskaya L. S. Modern formulation forms of pesticides // Plant protection and quarantine (ISSN 1026-8634). – 2005 – (8): 34–38] [In Russian].

7. Шестаков К. А. Биологическое обоснование разработки и применения липосомальных форм инсектицидных средств для подавления численности насекомых, имеющих медико-санитарное значение. Автореферат дис. ... кандидата биологических наук. М., 2007. – 24 с. [Shestakov K. A. Biological substantiation of development and application of liposomal forms of insecticidal agents for suppression of number of the insects having medico-sanitary value. The author's abstract dis. ... candidate of biology. Moscow, 2007. – 24 p.] [In Russian].

8. Носикова Л. А., Кочетов А. Н. Возможности определения лямбда-цигалотрина в микрокапсулированных инсектицидных композициях // Тонкие химические технологии. – 2016. – Т. 11. – №1. – С. 45–52. [Novikova L. A., Kochetov A. N. Possibility of determination of lambda-cyhalothrin in a microencapsulated insecticidal compositions // Fine chemical technology (ISSN 2410-6593). – 2016 – 11(1): 45–52] [In Russian].

9. Pagano A. P. E., Khalid N., Kobayashi I., Nakajima M., Neves M. A., Bastos E. L. Microencapsulation of betanin in monodisperse W/O/W emulsions // Food Research International. – 2018. – V. 109. – P. 489–496. doi:10.1016/j.foodres.2018.04.053.

10. Li C., Tan J., Gu J., Qiao L., Zhang B., Zhang Q. Rapid and efficient synthesis of isocyanate microcapsules via thiolene photopolymerization in Pickering emulsion and its application in selfhealing coating // Composites Science and Technology. – 2016. – V. 123. – P. 250–258. doi:10.1016/j.compscitech.2016.01.001.

11. LS 13 320 Laser Diffraction Particle Size Analyzer Instrument Manual © 2003 Beckman Coulter, Inc. 11800 SW 147th Ave. Miami, FL 33196

12. Hu M., Guo J., Yu Y., Cao L., Xu Y. Research Advances of Microencapsulation and Its Prospects in the Petroleum Industry // Materials. 2017. V. 10. № 4. P. 369 (1–19). doi:10.3390/ma10040369.

13. МИ 2507–98 «Государственная поверочная схема для средств измерений параметров дисперсных сред (размера частиц, счетной и объемной концентраций в аэрозолях и размера частиц в порошкообразных материалах)». [MI 2507-98 State verification scheme for measuring the parameters of dispersed media (particle size, counting and volumetric concentrations in

aerosols and particle size in powdered materials)) [In Russian].

14. Свидетельство об утверждении типа №25276-03 ГЦИ СИ «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева» от 03.07.2003; «Анализаторы размеров частиц лазерные LS 13320, LS 100Q, LS 230». [Certificate of type approval No. 25276-03 GCI SI VNIIM D. I. Mendeleeva from 03.07.2003; Laser particle size Analyzers LS 13320, LS 100Q, LS 230] [In Russian].

15. МИ 2590-2002 «Эталонные материалы ВНИИМ им. Д. И. Менделеева (стандартные образцы (СО) гранулометрического состава порошкообразных материалов; СО гранулометрического состава полистирольного латекса (разделы 04.05 и 07.08))». [MI 2590-2002 Reference materials of VNIIM D. I. Mendeleev (standard samples (SS) of the granulometric composition of powdered materials; SS of the granulometric composition of polystyrene latex (sections 04.05 and 07.08))] [In Russian].

Aspects of production and control of microcapsulated insecticide compositions.

I. Determination of particle size

A. I. Lvovsky, senior researcher K. A. Bolshakov Chair of Chemistry and Technology of Rare and Scattered Elements, Nanoscale and Composite Materials, M. V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University, 86, Vernadskogo Pr., Moscow 119571, Russia

L. A. Nosikova, Ph.D. (Chemistry), senior researcher A. N. Frumkin Institute of Physical Chemistry and Electrochemistry of the Russian Academy of Sciences (IPCE RAS), 31, Leninsky Pr, Moscow, 119991, Russia; associate professor M. V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, Russia Technological University (86, Vernadskogo Pr., Moscow, 119571, Russia)

A. N. Kochetov, Ph.D. (Chemistry), Senior Lecturer, A. N. Reformatsky Chair of Inorganic Chemistry, M. V. Lomonosov Institute of Fine Chemical Technologies, MIREA – Russian Technological University, 86, Vernadskogo Pr., Moscow 119571, Russia

The possibilities of determining the particle size in commercial and experimental compositions produced using the technology of microencapsulation of insecticidal substances are considered. Various building blocks – natural lipids (of animal and plant origin) and synthetic polymeric materials were used

as capsuleformers, while different classes of organic compounds – pyrethroid and organophosphorus derivatives were considered as encapsulated insecticidal substances. The evaluation of particle sizes in the working solutions of microencapsulated insecticidal means. It is established that for the correct determination of the particle size it is necessary to dilute the initial compositions to concentrations below the set values for the working solutions. The range of particle size, revealed in the course of the study, allows us to refer all the considered compositions really to the microcapsulated ones. We believe it is necessary for the registration of new microencapsulated funds to implement not only control their residual effect on different surfaces and, optionally, monitoring of particle size, because their effectiveness and, perhaps, Toxicological characteristics, certainly, will not equally change the size of the capsules, and thus information on the size and fractional composition will serve as an important characteristics of these formulations.

Keywords: microencapsulated agents, insecticidal substances, particle size determination, pest control, active substance.