

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ И КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЛЬТРАЗВУКА**

**Дорохов Алексей Семёнович**, доктор технических наук, член-корреспондент РАН  
**Аксенов Александр Геннадьевич**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник  
**Сибирёв Алексей Викторович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»  
109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5, тел. 8 (499)-174-89-11  
E – mail: sibirev2011@yandex.ru

**Ключевые слова:** картофель, корнеплод, морковь, очистка, ультразвук, многофакторный эксперимент, исследования, частота, интенсивность, установка.

Наиболее перспективным из известных способов снижения содержания почвенных комков при машинной уборке корнеклубнеплодов следует считать предуборочное увлажнение почвенного слоя, в котором расположены корнеклубнеплоды. Это значительно снижает содержание почвенных примесей в убранных корнеклубнеплодах. Однако мелкодисперсионный распыл воды, даже под давлением, не способен обеспечить ее мгновенное поступление на глубину залегания корнеклубнеплодов и, тем более, увлажнить почву до состояния, обеспечивающего в дальнейшем интенсификацию процесса разделения корнеклубнеплодов от соизмеримых с ними почвенных комков. Для устранения данного недостатка необходимо обеспечить интенсификацию процесса распыления воды одним из способов физического воздействия, обеспечивающую мгновенное увлажнение почвы на глубину залегания корнеклубнеплодов. В статье представлено приборное обеспечение для проведения исследований технологических параметров ультразвукового воздействия на качество процесса очистки корнеплодов от почвенных примесей, приведены методика и результаты лабораторных исследований воздействия ультразвука на процесс очистки клубней картофеля сорта «РедСкарлет» и корнеплодов моркови сорта «Шантанэ». Определены оптимальные параметры воздействия ультразвука, интенсифицирующего процесс очистки корнеклубнеплодов от почвенных примесей. Результаты проведенных сравнительных лабораторных исследований очистки клубней картофеля и корнеплодов моркови от различных по физико-механическому составу почвенных примесей (супесчаные и суглинистые почвы) позволяют сделать вывод о том, что наилучшие показатели интенсификации ультразвукового воздействия с повышением полноты очистки независимо от массы и вида загрязнений отмечаются при обработке корнеплодов моркови, полнота очистки которых в среднем выше на 13...20 %.

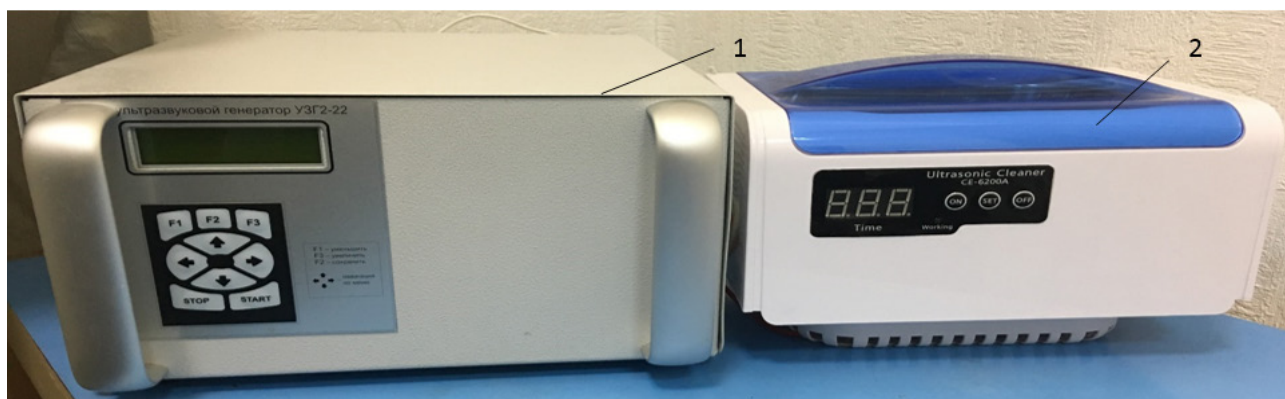
**Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-316-90068**

### **Введение**

Установлено, что при промышленном производстве овощной продукции механизация технологических процессов уборки находится на более низком уровне в сравнении с операционными технологиями выращивания овощных культур [1, 2, 3, 4]. Несовершенство конструкции рабочих органов уборочных машин, извлекающих корнеплоды из почвы, связано, прежде всего, с отсутствием эффективных приемов разрушающего воздействия на почвенные комки

[5, 6, 7], что характеризует данное обстоятельство определяющим, сдерживающим широкое применение машин для уборки корнеплодов и лука.

Если рассматривать почву как один из основных факторов, оказывающих влияние на качество уборки корнеплодов [8, 9, 10], то каждый вид убираемого корнеплода предъявляет индивидуальные требования к конструктивным и режимно-технологическим параметрам элементов уборочной машины [11, 12].



**Рис. 1.** – Стенд для исследования интенсификации очистки корнеплодов ультразвуковым воздействием: 1 – ультразвуковой генератор УЗГ-2К; 2 – ультразвуковая ванна

К одним из способов, способствующих уменьшению поступления почвенных и различных механических примесей при механизированной технологии уборки корнеклубнеплодов, следует отнести увлажнение поверхностного слоя почвы на глубину расположения корнеклубнеплода с подземным плодоношением. Данное обстоятельство обусловлено, прежде всего, отсутствием прочных комков минерального происхождения [4, 13, 14].

Однако в настоящее время широкое распространение данного способа при производстве овощных культур с подземным плодоношением сдерживается наличием существенного недостатка. Он заключается в том, что интенсификация процесса очистки корнеклубнеплодов распылением воды над поверхностным слоем почвы под определенным давлением не в полной мере способствует достижению требуемого уровня их очистки.

Так как известно, что при ультразвуковом воздействии энергия, передаваемая в жидкость, тратится на кавитационные процессы, приводящие к измельчению частиц материалов [15, 16], то для повышения качества очистки корнеклубнеплодов от почвенных примесей необходимо выполнить исследования, направленные на определение параметров ультразвукового воздействия, обеспечивающие интенсификацию исследуемого процесса.

#### **Объекты и методы исследований**

Для проведения исследований по интенсификации процесса очистки корнеплодов с подземным плодоношением и определения оптимальных параметров воздействия ультразвука изготовлен стенд, состоящий из генератора УЗГ-2К для пьезокерамического излучателя ПИ-1,4-2.2 (кольцевого) и погружной ванны, выполненной из радиопрозрачного материала (рис. 1).

На основании результатов проведения поисковых опытов и отсеивающих экспериментов были выявлены наиболее значимые факторы, способствующие повышению очистки корнеплодов, а именно: частота колебаний, кГц; интенсивность колебаний  $S$ , Вт/см<sup>2</sup>; время воздействия  $t$ , с.

Оценочным критерием воздействия ультразвука на интенсификацию процесса очистки корнеплода выбрана полнота очистки, % [2, 3, 4]:

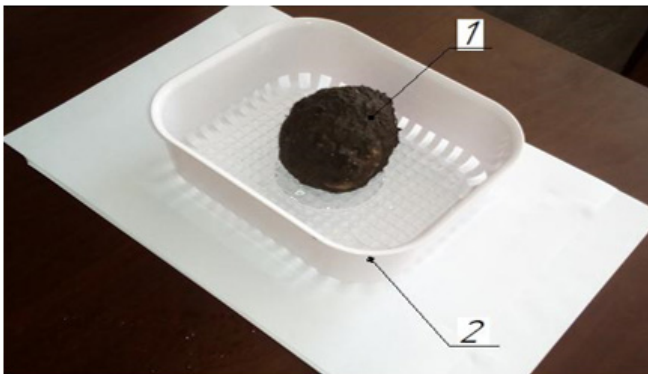
$$v = \left(1 - \frac{m_1 - m_2}{m_1}\right) \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где масса загрязненного корнеклубнеплода, кг; остаточная масса корнеклубнеплода, кг.

Из результатов ранее проведенных исследований следует, что при воздействии ультразвука на исследуемый объект необходимо обеспечить постоянную температуру рабочей жидкости при варьировании частоты колебаний в интервале значений: 22, 30, 35, 44, 130 кГц. Это даст возможность установить эмпирическую зависимость качества очистки корнеклубнеплода от исследуемых факторов.

Кроме того, для достоверности эксперимента необходимо обеспечить режимы работы стенда для ультразвукового исследования в соответствии с требуемыми условиями проведения опытов.

Исследование влияния интенсификации ультразвукового воздействия на процесс очистки корнеклубнеплодов проведен на картофеле сорта «РедСкарлет» и на моркови сорта «Шантанэ». Исследуемый корнеклубнеплод взвешивали на весах модели M-ER 122ACFJR-300.01 LCD. После этого наносили на поверхность исследуемого клубня почвенные примеси в соответствии с установленным значением массы загрязнения, следующие по физико-механическому составу почвы: супесчаные и суглинистые.



а) б)

Рис. 2 – Клубень картофеля на подставке (а – до ультразвукового воздействия; б – после ультразвукового воздействия): 1 – клубень с нанесенными почвенными примесями; 2 – подставка



а) б)

Рис. 3 – Корнеплод моркови на подставке (а – до ультразвукового воздействия; б – после ультразвукового воздействия): 1 – корнеплоды с нанесенными почвенными примесями; 2 – подставка

Таблица 1

Полнота очистки корнеплодов моркови от супесчаной почвы в зависимости от времени ультразвукового воздействия и массы примесей

Время воздействия t, с (f = 48 кГц, = 42 Вт/см <sup>2</sup> )	Полнота очистки, %, при массе почвенных примесей m, г				
	50	100	150	200	250
90	96,2	95,1	94,6	94,5	93,2
180	97,7	96,9	96,4	95,8	95,1
280	97,4	97,7	97,0	96,8	95,8
380	98,3	98,1	97,8	98,2	98,4
480	98,5	98,4	98,1	97,9	97,5

Таблица 2

Полнота очистки корнеплодов моркови от суглинистой почвы в зависимости от времени ультразвукового воздействия и массы примесей

Время воздействия t, с (f = 48 кГц, = 42 Вт/см <sup>2</sup> )	Полнота очистки, %, при массе почвенных примесей m, г				
	50	100	150	200	250
90	82,3	79,6	76,3	72,9	71,8
180	83,8	81,0	78,5	75,1	73,2
280	83,1	83,2	81,4	79,1	77,2
380	86,5	85,4	81,1	82,1	80,7
480	87,3	86,3	82,4	82,9	81,8

Таблица 3

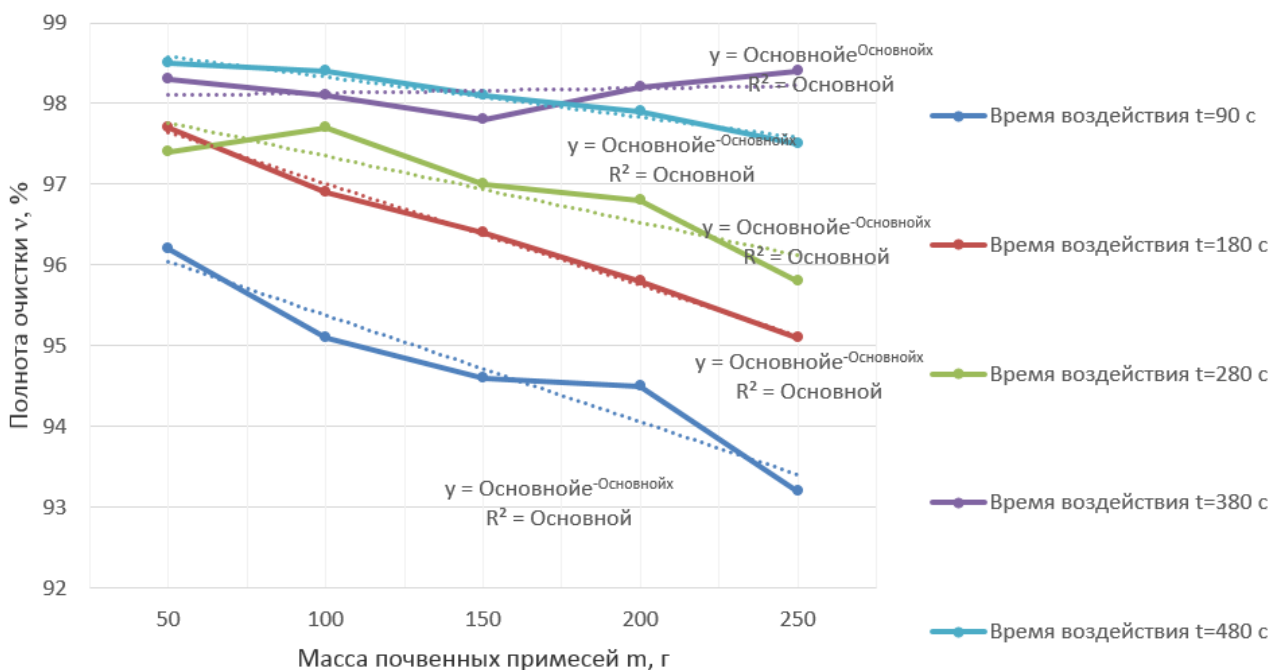
Полнота очистки клубней картофеля от супесчаной почвы в зависимости от времени ультразвукового воздействия и массы примесей

Время воздействия t, с (f = 48 кГц, = 42 Вт/см <sup>2</sup> )	Полнота очистки, %, при массе почвенных примесей m, г				
	50	100	150	200	250
90	97,4	96,6	96,1	95,8	94,7
180	98,6	98,1	97,7	97,1	96,8
280	98,9	98,8	98,3	98,1	97,3
380	99,6	99,4	99,1	98,2	98,4
480	99,8	99,6	99,4	99,4	99,2

Таблица 4

Полнота очистки клубней картофеля от суглинистой почвы в зависимости от времени ультразвукового воздействия и массы примесей

Время воздействия t, с (f = 48 кГц, = 42 Вт/см <sup>2</sup> )	Полнота очистки, %, при массе почвенных примесей m, г				
	50	100	150	200	250
90	83,6	80,9	77,6	73,2	72,1
180	84,8	82,3	79,8	76,4	74,5
280	86,4	84,3	82,7	80,4	78,5
380	87,8	86,3	84,4	83,4	81,8
480	88,3	87,7	85,5	84,2	82,1



**Рис. 5 – Зависимость полноты очистки моркови от супесчаной почвы ультразвуком с параметрами  $f=48$  кГц,  $E=42$  Вт/см<sup>2</sup> от времени действия  $t$  при различной исходной загрязненности корнеплодов**

После покрытия корнеклубнеплода механическими загрязнениями, представленными смесью воды в зависимости от плана проведения эксперимента с супесчаной или суглинистой почвой, образец корнеклубнеплода подвергали сушке в естественных условиях при температуре окружающего воздуха 20...25 С до полного высыхания, что определяли визуально, затем производили взвешивание.

После подготовки корнеклубнеплода к ультразвуковой обработке наполняли ультразвуковую ванну рабочей жидкостью, погружали корнеплод 1 на подставке 2 в рабочее пространство ванны и включали ее в электрическую сеть (рис. 2 и 3).

#### Результаты исследований

Результаты исследований по определению зависимости полноты очистки корнеплодов моркови и клубней картофеля от массы нанесенных на корнеклубнеплод почвенных примесей и времени ультразвукового воздействия представлены в таблицах 1-4.

Данные, представленные в таблицах 1 - 4, свидетельствуют о том, что наилучшие показатели очистки корнеплодов моркови от почвенных примесей при ультразвуковом воздействии с указанными выше параметрами обеспечиваются при большем времени воздействия  $t$  в интервале исследуемых значений массы почвенных примесей  $m$ .

Данные проведенных исследований обработаны на ПЭВМ и представлены в виде гра-

фиков (рис. 5 - 7), которые наилучшим образом отражают перспективность дальнейших исследований ультразвукового воздействия на процесс очистки корнеплодов моркови, обеспечивающий наиболее качественный процесс сепарации.

Анализ графиков ультразвукового воздействия на процесс очистки корнеплодов моркови при ее загрязнении различными по механическому составу (супесчаными и суглинистыми) почвами позволяет констатировать следующее.

На супесчаных почвах при времени ультразвукового воздействия на исследуемый корнеплод моркови - 90 с обеспечивается минимальная полнота очистки - 93,2 % при массе загрязняющих корнеплод почвенных примесей 250 г.

Максимальная полнота очистки корнеплодов моркови обеспечивается при времени ультразвукового воздействия 480 с. В пределах одного временного интервала ультразвукового воздействия полнота очистки корнеплода моркови в зависимости от увеличения массы загрязняющих корнеплоды почвенных примесей ухудшается на 1,1 %.

Противоположная тенденция наблюдается при очистке корнеплодов моркови от тяжелых по физико-механическому составу почв. Так, при минимальном времени воздействия 90 с и массе почвенных примесей на корнеплоде  $m = 50$  г полнота очистки корнеплода 82,3 %, что на 13,8 % ниже, чем при аналогичном време-



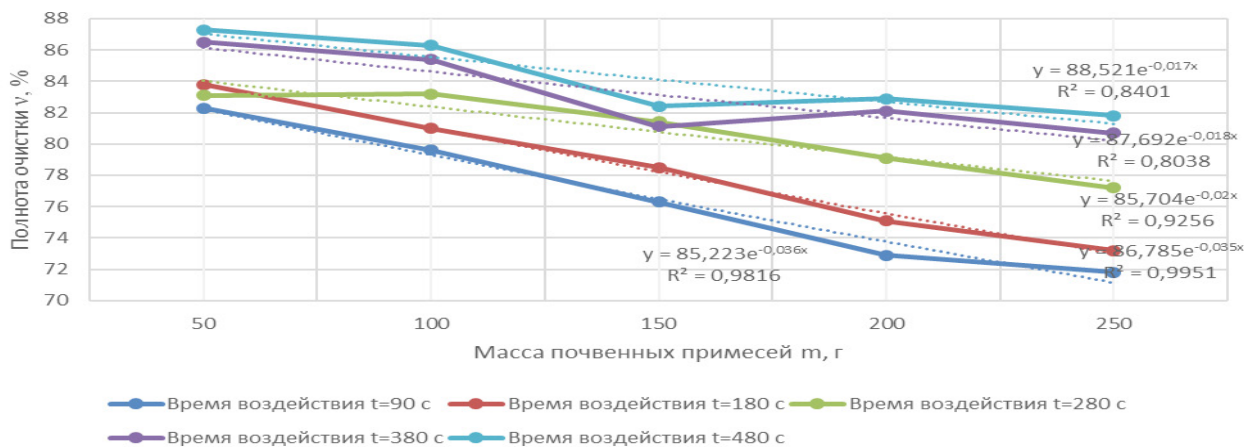


Рис. 6 – Зависимость полноты очистки моркови от суглинистой почвы ультразвуком с параметрами  $f = 48$  кГц,  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> от времени действия  $t$  при различной исходной загрязненности корнеплодов

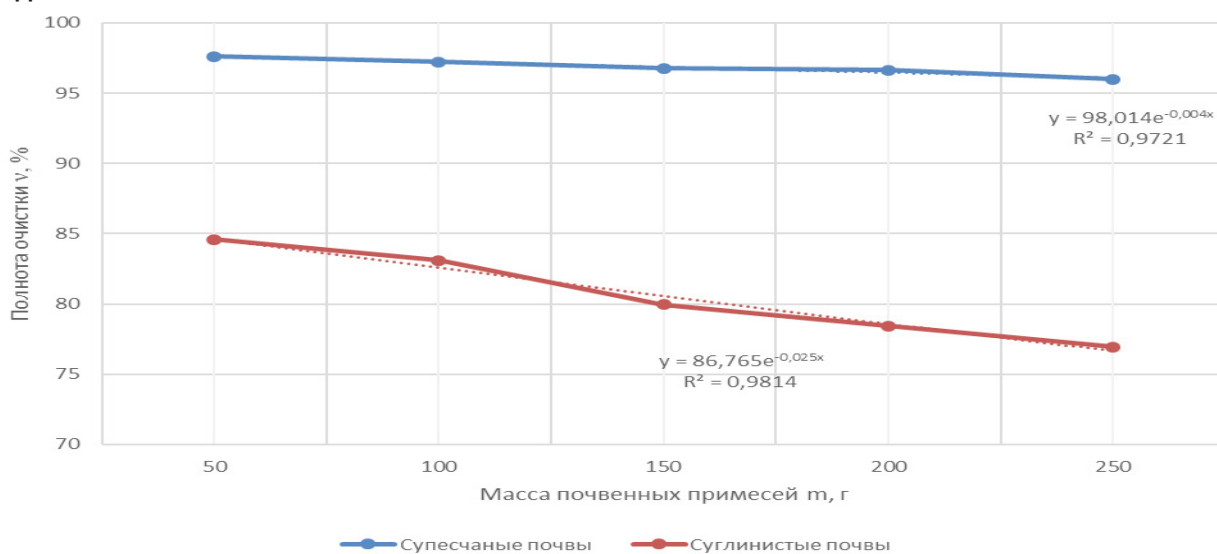


Рис. 7 – Зависимость полноты очистки моркови ультразвуком с параметрами  $f=48$  кГц,  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> от типа почвы и массы загрязнений

ни ультразвукового воздействия и одинаковой массе загрязняющей клубень супесчаной почвы. Время ультразвукового воздействия 480 с при минимальной  $m = 50$  г и максимальной  $m = 250$  г массе загрязняющей корнеплод суглинистой почвы обеспечивает полноту очистки 87,3 % и 81,8 % соответственно, что ниже качественного показателя очистки корнеплодов от супесчаных почвенных примесей на 11,2 % и 15,3 %.

Полнота очистки корнеплодов моркови при увеличении их загрязнения суглинистыми почвами от 50 до 250 г в едином интервале времени ухудшается: при 90 с - на 10,5 %; при 180 с - на 10,6 %; при 280 с - на 5,9 %; при 380 с - на 5,8 %; при 480 с - на 5,5 %.

Повышение времени ультразвукового воздействия в пределах постоянной величины

загрязнения корнеплодов моркови почвенными примесями способствует увеличению критерия очистки:

- при  $m = 50$  г на 5,0 %;
- при  $m = 100$  г на 6,7 %;
- при  $m = 150$  г на 6,1 %;
- при  $m = 200$  г на 10,0 %;
- при  $m = 250$  г на 9,8 %.

Анализ результатов сравнительных лабораторных исследований ультразвукового воздействия на качество очистки корнеплодов моркови сорта «Шантанэ» в зависимости от типа почвы подтверждает результаты исследований по очистке клубней картофеля, а именно: процесс очистки корнеплодов моркови от супесчаных почв происходит интенсивнее, чем от суглинистых почв на 6,3 % при  $m = 50$  г и на 21,4 % при

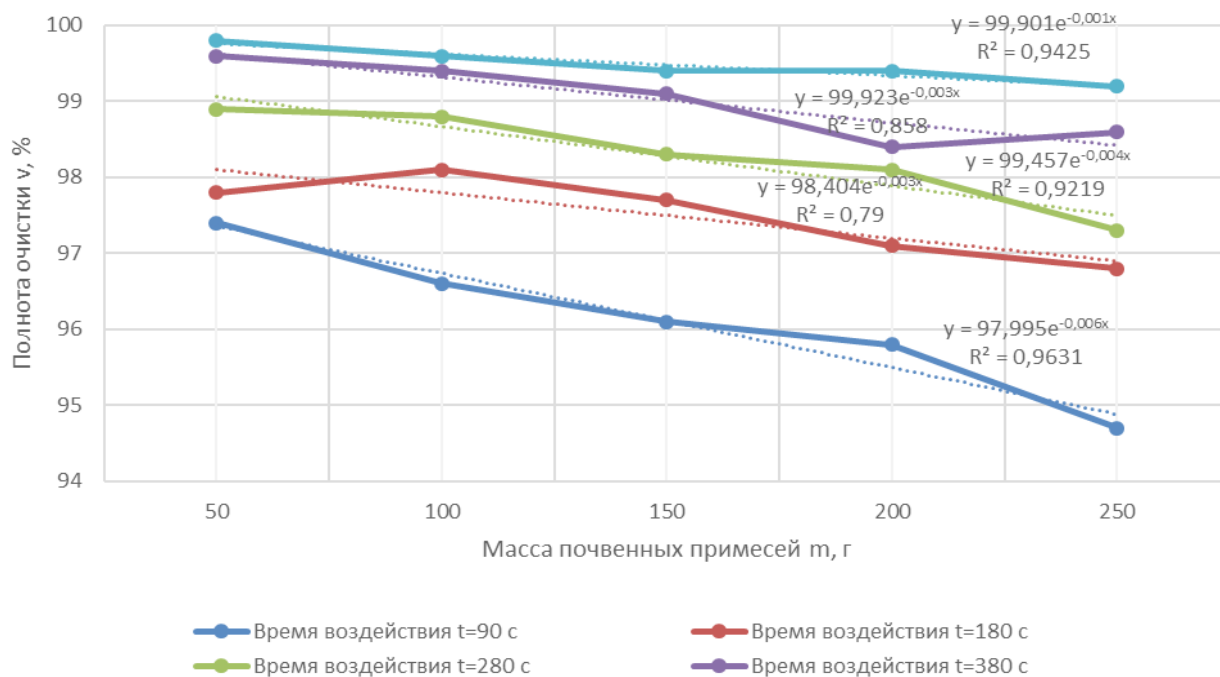


Рис. 8 – Зависимость полноты очистки картофеля от супесчаной почвы ультразвуком с параметрами  $f = 48$  кГц,  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> от времени действия  $t$  при различной исходной загрязненности клубней

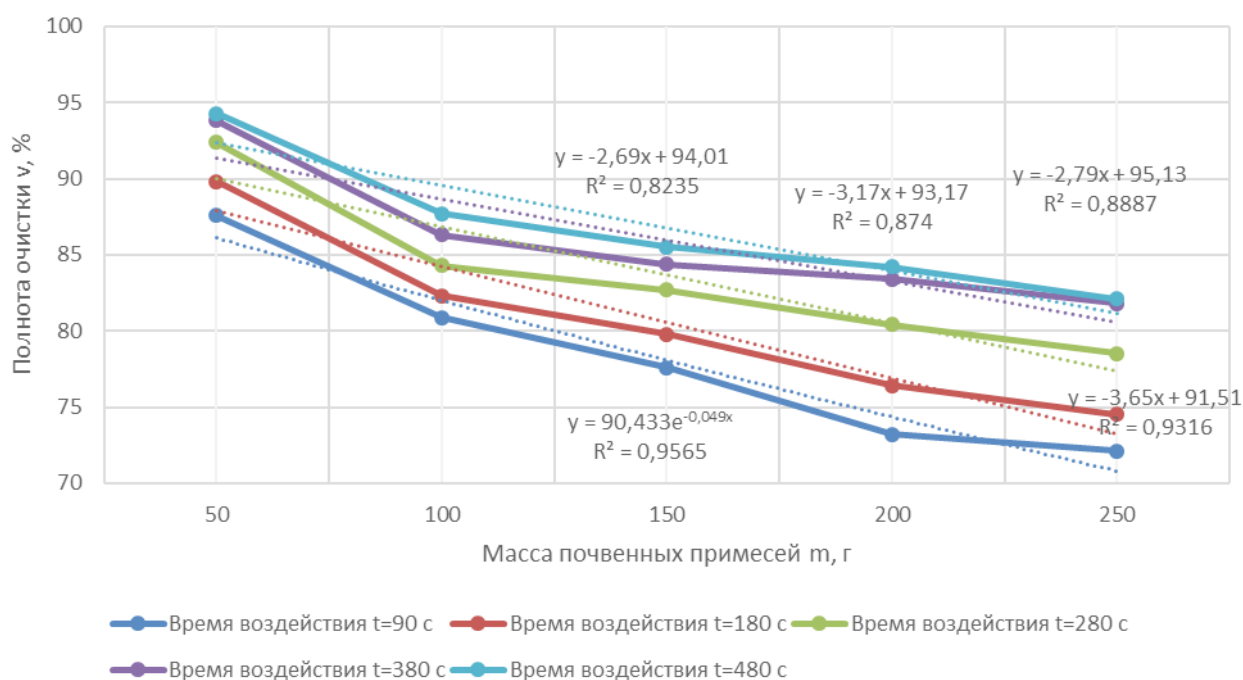


Рис. 9 – Зависимость полноты очистки картофеля от суглинистой почвы ультразвуком с параметрами  $f = 48$  кГц,  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> от времени действия  $t$  при различной исходной загрязненности клубней

$m = 250$  г со средним шагом повышения полноты очистки 3,1 %.

Результаты исследований по влиянию ультразвука на процесс очистки клубней картофеля представлены на рисунках 8 – 10.

На легких по физико-механическому составу почвах полнота очистки клубня картофеля минимальна -94,7 % при массе почвенных за-

грязнений 250 г и времени воздействия 90 с.

Повышение полноты очистки клубней картофеля до максимально возможного происходит при предельном значении ультразвукового воздействия в 480 с.

В пределах одного временного интервала ультразвукового воздействия полнота очистки клубней при увеличении массы загрязняющих

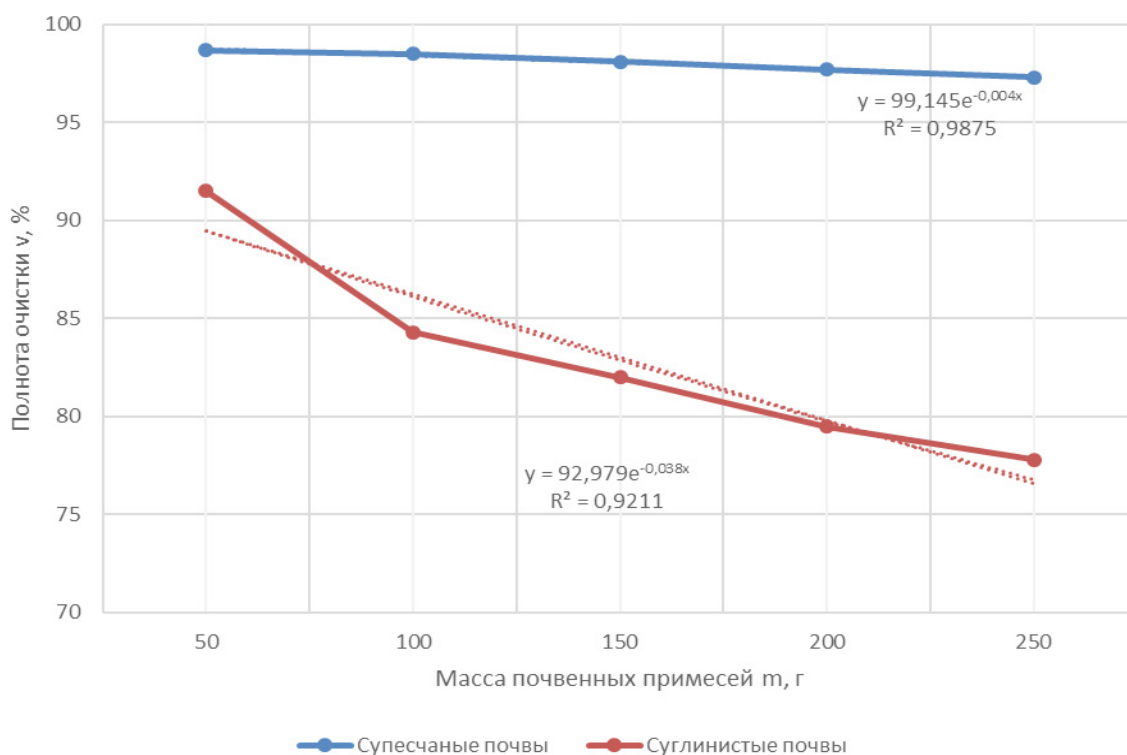


Рис. 10 – Зависимость полноты очистки картофеля ультразвуком с параметрами  $f = 48$  кГц,  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> от типа почвы при различной исходной загрязненности клубней

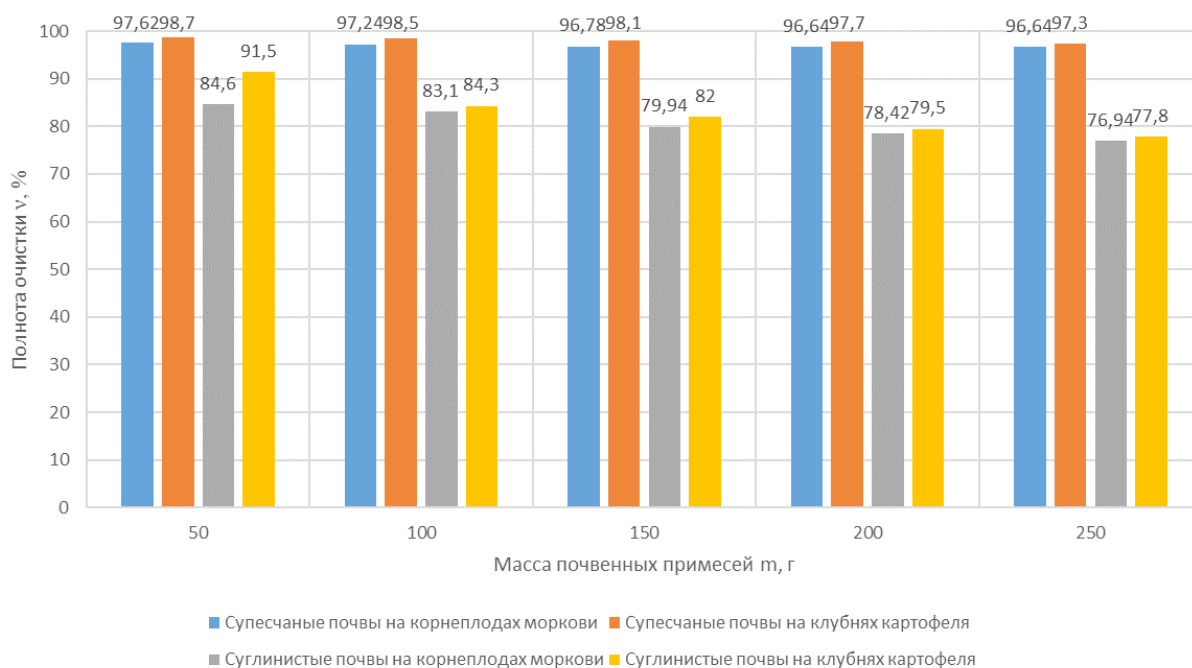


Рис. 11 – Зависимость полноты очистки картофеля и моркови в течение 90 с ультразвуком с параметрами  $f = 48$  кГц,  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup>,  $t = 90$  с от типа почвы при различной исходной загрязненности клубней и корнеплодов

их почвенных примесей ухудшается на 1,3 %.

Противоположная тенденция наблюдается при очистке клубней картофеля от тяжелых по физико-механическому составу почв. Так, при

времени воздействия 90 с и массе почвенных примесей на клубне 50 г полнота очистки клубня составляет 87,6 %, что при одинаковом времени ультразвукового воздействия и равной массе су-

песчаной почвы на клубне ниже на 9,8%.

Максимальное время ультразвукового воздействия 480 с при минимальной  $m = 50$  г и максимальной  $m = 250$  г массе загрязнений на клубне обеспечивает полноту очистки 94,3 % и 82,1 % соответственно, что ниже качественного показателя очистки клубней от супесчаных почвенных примесей на 5,5 % и 17,1 %.

При увеличении времени ультразвукового воздействия при одинаковой массе загрязнений на клубнях картофеля полнота очистки увеличивается:

- при  $m = 50$  г на 7,6 %;
- при  $m = 100$  г на 1,9 %;
- при  $m = 150$  г на 2,1 %;
- при  $m = 200$  г на 1,8 %;
- при  $m = 250$  г на 2,3 %.

Повышение времени ультразвукового воздействия ухудшает равномерность подачи обрабатываемого вороха и нарушает непрерывность технологического процесса уборки. Таким образом, для интенсификации процесса очистки корнеплодов от супесчаных почв при уборке и их послеуборочной обработке необходимо обеспечить действие на загрязнения ультразвука с частотой колебаний  $f = 48$  кГц и интенсивностью колебаний  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> в течение 90 с. Результаты сравнительных исследований по определению влияния ультразвукового воздействия с указанными выше параметрами длительностью 90 с на полноту очистки корнеплодов моркови и клубней картофеля в зависимости от типа почвы и различной массы загрязнений на клубнях представлены на рисунке 11.

Диаграмма подтверждает, что независимо от исходной массы загрязнений и типа почв наибольший положительный эффект отмечается при очистке с использованием ультразвука клубней картофеля. Полнота их очистки в среднем на 1,3...2 % выше, чем полнота очистки корнеплодов моркови.

#### **Обсуждение**

Предлагаемый способ очистки корнеклубнеплодов с использованием ультразвукового воздействия способствует интенсификации отделения механических примесей от товарной продукции, однако для окончательного принятия решений о перспективности использования данного способа необходимо проведение дальнейших как теоретических, так и экспериментальных исследований о влиянии ультразвуковых колебаний на качественные характеристики корнеклубнеплодов в условиях их товарного производства или хранения, при дальнейшем

использовании в качестве посадочного материала.

#### **Заключение**

Анализ результатов сравнительных исследований по очистке корнеплодов моркови и клубней картофеля с использованием ультразвука с частотой колебаний  $f = 48$  кГц и интенсивностью колебаний  $= 42$  Вт/см<sup>2</sup> показал возможность значительной интенсификации этого процесса уже при действии ультразвука в течение 90 с. Независимо от типа почв при исходной массе загрязнений 50 г и применение ультразвука с указанными выше параметрами обеспечивает полноту очистки корнеплодов моркови не менее 84,6 %, а клубней картофеля – не менее 91,5 %.

#### **Библиографический список**

1. Башкирцев, В. И. Обеспечение качества механизированных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники / В. И. Башкирцев, Н. В. Алдошин. – Москва : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2017. – 96 с.
2. Машинная технология производства лука : монография / Я. П. Лобачевский, П. А. Емельянов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирёв. – Москва : ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, 2016. – 168 с.
3. Сорокин, А. А. Теория и расчет картофелеуборочных машин : монография / А. А. Сорокин. – Москва : ВИМ, 2006. – 159 с.
4. Хвостов, В. А. Машины для уборки корнеплодов и лука (теория, конструкция, расчет) // В. А. Хвостов, Э. С. Рейнгарт. – Москва, 1995. – 391 с.
5. Soil-cutting simulation and parameter optimization of handheld tiller's rotary blade by Smoothed Particle Hydrodynamics modeling and Taguchi method / S. T. Li, X. B. Chen, W. Chen, S. P. Zhu, Y. W. Li, L. Yang // Journal of Cleaner Production. – 2018. - № 179. - P. 55–61.
6. Subsoiling and surface tillage effects on soil physical properties and forage oat stand and yield / R. E. Sojka, D. J. Horne, C. W. Ross, C. J. Baker // Soil and Tillage Research. – 1997. - № 40 (3-4). - P. 25 – 144.
7. Nappe Mordi N. Al-Dosary. Potato harvester performance on tubers damage at the eastern of Saudi Arabia / Nappe Mordi N. Al-Dosary // CIGR Journal. – 2016. - № 18(2). - P. 32 – 42.
8. A review on multi-seed sowing machine / Amol B. Rohokale, Pavan D. Shewale, Sumit B. Pokharkar, Keshav K. Sanap // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – 2014. - № 5. - P. 180-186.
9. Sun, D. X. Design and experiment on 1SZL-250A type subsoiling rotary tillage fertilizer combined



soil working machine / D. X. Sun, A. M. Zhang, J. X. Gong // Journal of Chinese Agricultural Mechanization. – 2016. - № 37(4). - P. 1 – 6.

10. Brewster, James L. Onions and Other Vegetable Alliums / James L. Brewster. - 2-nd edition. – CABI, 2008. – 432 pp. – (Crop Production Science in Horticulture, 15), Cambridge / England.

11. Design modification and field testing of groundnut digger / M. Tauseef Asghar, Abdul Ghafoor, Anjum Munir, Muhammad Iqbal, Manzoor Ahmad // Asian Journal of Science and Technology. – 2014. - № 5. - P. 389 – 394.

12. Development of Potato Harvesting Model / Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2017. - № 4. - P. 1567 – 1570.

13. Farhadi, R. Design and construction of rotary potato grader / R. Farhadi, N. Sakenian, P. Azizi

// Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2012. - № 18. - P. 304 – 314.

14. Haverkort, A. J. Potato in progress: science meets practice / A. J. Haverkort, P. C. Struik. – Netherlands : Wageningen Academic Publishers, 2005. - 365 p.

15. Лузгин, В. И. Ультразвуковое оборудование и методы получения нанодисперсных эмульсий и суспензий / В. И. Лузгин, А. Е. Шестовских, Б. А. Кандалинцев // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии : сборник трудов 3-ей Международной научно-практической конференции. - Екатеринбург, 2014. – С. 101 – 105.

16. Ультразвуковые колебательные системы для синтеза полимерных композиционных материалов : монография / Д. А. Негров, Е. Н. Еремин, А. А. Новиков, Л. А. Шестель. – Омск : Ом ГТУ, 2012. – 128 с.

## RESEARCH RESULTS OF THE PROCESS OF CLEANING POTATO TUBERS AND CARROT ROOT CROPS USING ULTRASOUND

**Dorokhov A. S., Aksenov A. G., Sibirev A. V.**

**FSBSI «Federal agricultural research centre ARM»**

**109428, RF, Moscow, 1st Institute passage, 5, tel. 8 (499)-174-89-11**

**E – mail: sibirev2011@yandex.ru**

*Key words: potato, root crop, carrot, cleaning, ultrasound, multi-factor experiment, research, frequency, intensity, installation.*

*The most promising of the known ways to reduce the content of soil bolsters during machine harvesting of tuberous roots should be considered pre-harvest moisturization of the soil layer in which the tuberous root are located. This significantly reduces the content of soil impurities in harvested tuberous roots. However, atomized spray of water, even under pressure, is not able to ensure its instant flow to the depth of tuberous roots and, moreover, to moisten the soil to the state that provides further intensification of the process of separation of tuberous roots from soil bolsters that are comparable to them. To eliminate this defect, it is necessary to provide an intensification of the water spraying process by one of the methods of physical influence, which provides instant soil moisture to the depth of tuberous roots. The article presents instrumentation for research of technological parameters of ultrasonic treatment on the quality of the cleaning roots crops from soil impurities, the method and results of laboratory studies of ultrasound effect on the cleaning process of potato tubers of the “Red Scarlet” variety and carrot root crops of «Shantane» variety. The optimal parameters of ultrasound influence that intensifies the process of cleaning root crops from soil impurities were determined. The results of comparative laboratory studies of cleaning potato tubers and carrot root crops from various root crops on the physical and mechanical composition of soil impurities (sandy loams and loam soils) allow us to conclude that the best indicators of intensification of ultrasonic influence with increase in the completeness of cleaning, despite the weight and type of contamination, are observed when processing carrot root crops, the completeness of cleaning is on average higher by 13...20%.*

### *Bibliography*

1. Bashkirtsev, V. I. Quality assurance of automated work in the operation of agricultural machinery / V. I. Bashkirtsev, N. V. Aldoshin. – Moscow : RSAU-MAA named after K.A. Timiryazev. – 2017. – 96 p.

2. Machine technology of onion production : monograph / Y. P. Lobachevsky, P. A. Emelianov, A. G. Aksenov, A. V. Sibiryov. – Moscow : FSBSI FSAC ARM, 2016. – 168 p.

3. Sorokin, A. A. Theory and calculation of potato harvesters: monograph / A. A. Sorokin. – Moscow : ARM, 2006. – 159 p.

4. Khvostov, V. A. Root crop and onion harvesters (theory, construction, calculation) / V. A. Khvostov, E. S. Reingart. – Moscow, 1995. – 391 p.

5. Soil-cutting simulation and parameter optimization of handheld tiller's rotary blade by Smoothed Particle Hydrodynamics modeling and Taguchi method / S. T. Li, X. B. Chen, W. Chen, S. P. Zhu, Y. W. Li, L. Yang // Journal of Cleaner Production. – 2018. - № 179. - P. 55–61.

6. Subsoiling and surface tillage effects on soil physical properties and forage oat stand and yield / R. E. Sojka, D. J. Horne, C. W. Ross, C. J. Baker // Soil and Tillage Research. – 1997. - № 40 (3-4). - P. 25 – 144.

7. Nappe Mordi N. Al-Dosary. Potato harvester performance on tubers damage at the eastern of Saudi Arabia / Nappe Mordi N. Al-Dosary // CIGR Journal. – 2016. - № 18(2). - P. 32 – 42.

8. A review on multi-seed sowing machine / Amol B. Rohokale, Pavan D. Shewale, Sumit B. Pokharkar, Keshav K. Sanap // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET). – 2014. - № 5. - P. 180-186.

9. Sun, D. X. Design and experiment on 1SZL-250A type subsoiling rotary tillage fertilizer combined soil working machine / D. X. Sun, A. M. Zhang, J. X. Gong // Journal of Chinese Agricultural Mechanization. – 2016. - № 37(4). - P. 1 – 6.

10. Brewster, James L. Onions and Other Vegetable Alliums / James L. Brewster. - 2-nd edition. – CABI, 2008. – 432 pp. – (Crop Production Science in Horticulture, 15), Cambridge / England.

11. Design modification and field testing of groundnut digger / M. Tauseef Asghar, Abdul Ghafoor, Anjum Munir, Muhammad Iqbal, Manzoor Ahmad // Asian Journal of Science and Technology. – 2014. - № 5. - P. 389– 394.

12. Development of Potato Harvesting Model / Aniket U. Dongre, Rahul Battase, Sarthak Dudhale, Vipul R. Patil, Deepak Chavan // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). – 2017. - № 4. - P. 1567 – 1570.

13. Farhadi, R. Design and construction of rotary potato grader / R. Farhadi, N. Sakenian, P. Azizi // Bulgarian Journal of Agricultural Science. – 2012. - № 18. - P. 304 – 314.

14. Haverkort, A. J. Potato in progress: science meets practice / A. J. Haverkort, P. C. Struik. – Netherlands : Wageningen Academic Publishers, 2005. - 365 p.

15. Лузгин, В. И. Ультразвуковое оборудование и методы для получения нанодисперсных эмульсий и суспензий / В. И. Лузгин, А. Е. Шестовских, В. А. Кандалинцев // Эффективное и высокое качество снабжения и использование электроэнергии : собранные труды 3-ей Международной научно-практической конференции. - Екатеринбург, 2014. – С. 101 – 105.

16. Ультразвуковые колебательные системы для синтеза полимерных композиционных материалов : монография / Д. А. Негров, Е. Н. Еремин, А. А. Новиков, Л. А. Шестель. – Омск : Ом ГТУ, 2012. – 128 с.