

**Характеристика условий и безопасности труда операторов
на объектах сортировки столовых корнеплодов и картофеля**

**Владимир Фёдорович Богатырёв¹, Светлана Вячеславовна Данилова², Роман Владимирович Шкрабак³,
Елена Ивановна Гаврикова⁴, Владимир Степанович Шкрабак³**

¹ ПК «Шушары», г. Санкт-Петербург- Шушары, Россия.

² Больница им. Семашко, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Россия.

³ Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, г. Санкт-Петербург-Пушкин, Россия.

⁴ Орловский государственный аграрный университет, г. Орёл, Россия.

e-mail: shkrabakrv@mail.ru

Аннотация. В статье отмечается влияние производственных факторов на операторов при сортировке корнеклубнеплодов. Выявлены наиболее вредные производственные факторы, действующие на человека, так как это важнейший барометр состояния работоспособности и профилактики производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний. Установлено, что содержание почвенной пыли зависит от многих факторов (погодные условия при уборке, тип почвы, количество поступающего вороха корнеклубнеплодов на сортировку). Приводятся сведения о гранулометрическом составе почвы, поступающей вместе с корнеклубнеплодами от уборочных машин на линию доработки. Отмечено, что с точки зрения охраны труда особую тревогу вызывает запыленность воздушной среды в зоне доработки корнеклубнеплодов, превышающая нормативные требования в 2 и более раза. Обращено внимание на то, что выбросы системой вентиляции в окружающую среду из овощехранилища, где производится разгрузка плодоовощной продукции из убираемых полевых площадей, загрязняют внешнее (как и внутреннее) воздушное пространство не только пылью, но и вредностями повреждённой при уборке портящейся продукции и завозимых с ней остатков растительности и большого количества прилипшей к продукции земли в связи с уборкой урожая картофеля и столовых корнеплодов в период повышенной влажности; это характерно для Северо-Западной зоны в период уборки (сентябрь-октябрь). В помещении овощехранилища попадает налипшая в зазорах протекторов колёс тракторов, автомобилей и прицепов почва в период выгрузки полевой продукции. В связи с обработкой посевов агрохимикатами в период развития растений, с почвой в помещения попадают и остатки агрохимикатов, вредно влияющих на условия труда операторов на объектах сортировки столовых корнеплодов и картофеля. Результатами исследований, приведенных в статье, обеспечены нормируемые условия и безопасность труда операторов участка сортировки продукции. Решения реализованы авторским запатентованным устройством путём гидроподавления пыли и содержащихся в ней примесей мелко дисперсным распылом воды. Патентное решение внедрено в производство на рабочем месте операторов, обеспечивая снижение запылённости в 1,5–2,0 раза ниже предельно допустимых концентраций.

Ключевые слова: условия труда; безопасность; безвредность; корнеклубнеплоды; почва; гидроподавление.

Для цитирования: Богатырёв В. Ф., Данилова С. В., Шкрабак Р. В., Гаврикова Е. И., Шкрабак В. С. Характеристика условий и безопасности труда операторов на объектах сортировки столовых корнеплодов и картофеля // Аграрный научный журнал. 2023. № 7. С. 125–135. <http://10.28983/asj.y2023i7pp125-135>.

AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

**Characteristics of safety and harmless conditions labor
of operators at the sorting facilities of table root crops and potatoes**

Vladimir F. Bogaturev¹, Svetlana V. Danilova², Roman V. Shkrabak³, Elena I. Gavrikova⁴, Vladimir S. Shkrabak³

¹ PC “Shushary”, Saint-Petersburg, Russia.

² Hospital named after Semashko, St. Petersburg – Pushkin, Russia.

³ St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg – Pushkin, Russia.

⁴ Orel State Agrarian University, Orel, Russia.

e-mail: shkrabakrv@mail.ru





Abstract. The article notes the influence of production factors on operators when sorting table root crops. The most harmful production factors acting on a person have been identified, as this is the most important barometer of the state of working capacity and prevention of production-related and occupational diseases. It is established that the content of soil dust depends on many factors (weather conditions during harvesting, soil type, the amount of incoming pile of root crops for sorting). Information is given on the granulometric composition of the soil coming together with root crops from harvesting machines to the refinement line. It is noted that from the point of view of labor protection the dustiness of the air in the zone of refinement of root crops, exceeding the regulatory requirements by 2 or more times, is of particular concern. Attention is drawn to the fact that the emissions of the ventilation system into the environment from the vegetable store, where fruit and vegetable products are unloaded from the harvested field areas, pollute the external (as well as internal) air space not only with dust, but also with harmful substances damaged during harvesting of perishable products and imported with it residues of vegetation and a large amount of land stuck to the products in connection with the harvesting of potatoes and table root crops during a period of high humidity; this is typical for the Northwestern zone during the harvesting period (September-October). The soil stuck in the gaps of the treads of the wheels of tractors, cars and trailers gets into the vegetable storage room during the unloading of field products. In connection with the treatment of crops with agrochemicals during the period of plant development, the remains of agrochemicals, which adversely affect the working conditions of operators at the objects of sorting table root crops and potatoes, also enter the premises with the soil. product sorting. The patent solution has been introduced into production at the workplace of operators, providing a reduction in dust content by 1.5–2.0 times below the maximum allowable concentrations.

Keywords: working conditions; safety; safety; root crops; soil; hydromodule.

For citation: Bogaturev V. F., Danilova S. V., Shkrabak R. V., Gavrikova E. I., Shkrabak V. S. Characteristics of safety and harmlessness conditions labor of operators at the sorting facilities of table root crops and potatoes. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(7):125–135. (In Russ.). [http: 10.28983/asj.y2023i7pp125-135](http://10.28983/asj.y2023i7pp125-135).

Введение. Как известно, сельскохозяйственное производство, являясь базой агропромышленного комплекса (АПК) в целом, характеризуется многоотраслевым видом деятельности (в соответствии с ОКВЭД 2017). Типичными видами деятельности в нём представлены животноводством, растениеводством, птицеводством, плодоовощеводством, пчеловодством, звероводством и частично участками переработки сельскохозяйственной продукции и др.. Каждый из видов деятельности имеет множество видов работ, выполняемых в соответствии с профессиональными технологическими картами с учётом объектов труда, агrobiоэкологических требований, требований техносферной безопасности, уровня электромеханизации технологических процессов и производств, сезонности работ и других обстоятельств. Все эти виды работ ориентированы на достижение результативности конечного вида деятельности в виде урожаев, надоев молока, яйценоскости птицы, мясообеспечения, обеспечения плодоовощеводческой продукцией, мёдом, семенами и другими плодами труда для внутренних (текущих) потребностей, экспорта, другими словами, для продовольственного обеспечения населения.

Характерной отличительной особенностью сельскохозяйственного производства является не только его всесезонность, но и сжатые сроки выполнения работ, диктуемые агrobiологическими составляющими предмета труда – растений, животных, птицы и требуемых биологией потребностей в данных обстоятельствах. Неполный учёт этого не гарантирует результативности труда, а не учёт гарантирует голод. В связи с этим там, где обеспечивается полный учёт этих особенностей (требований), гарантируется высокая результативность.

Производственные процессы по выращиванию и доведению до реализационного вида столовых корнеплодов и картофеля разнообразны. В специализированных залах овощехранилищ сортируют столовые корнеплоды и картофель, поступающие во время уборки от уборочных машин и непосредственно из холодильных камер, до товарного вида. Известно, что большинство технологических процессов сопровождаются воздействием вредных и опасных производственных факторов на работающих людей.

Касательно осуществления сортировки необходимо отметить, что операторы подвергаются воздействию в виде температурных факторов, влажности, подвижности и запыленности воздуха, шума, недостаточной освещённости, сквозняков, вынужденным положением организма при выполнении технологических операций и другим воздействиям. Многообразие воздействий, бла-



годаря множеству параметров, приводит к интегрированному (комбинированному) воздействию. Это значит, что неблагоприятному воздействию подвергаются все органы и системы человека в целом: органы дыхания, слуха, зрения, обоняния, опорно-двигательный аппарат, сердечно-сосудистая система, мышечная, нервная и интеллектуальная системы и др.

Кроме того, образовавшаяся при разгрузке в пространстве овощехранилища масса запылённого воздуха вентиляционными установками выбрасывается в окружающее пространство, загрязняя его. Аналогичная ситуация имеет место и с запахами портящейся повреждённой при уборке продукции (загнивание). Изложенное вынуждает принимать меры для оздоровления условий труда работников таких овощехранилищ большой кубатуры с практически постоянно открытыми въездными и выездными воротами для приёма продукции из полей и непрерывной отправки отсортированной части её в объекты реализации (продажи).

Целью исследований являлась характеристика условий труда операторов объектов сортировки столовых корнеплодов и картофеля и разработка инновационных мероприятий по их улучшению. Цель достигалась решением следующих задач: анализом запылённости воздушного пространства поступающей из полей продукцией и влияние её на безопасность и безвредность труда операторов; анализом выбросов загрязнённого воздуха из овощехранилища на здоровье населения, теоретическим обоснованием путей эффективного решения проблемы; разработкой на патентном уровне устройства для достижения цели исследований; изготовлением и производственными испытаниями предложенного инновационного решения.

Методика исследований. В качестве объекта исследований использовались уборочные площади столовых корнеплодов и картофеля ПК «Шушары» (Ленинградская область, Тосненский район) и его овощехранилище вместимостью 5 тыс. т плодоовощеводческой продукции с развитыми секциями и холодильными камерами для целевого использования. Методика исследований базировалась на анализе и оценке убираемой с полей плодоовощеводческой продукции в различных погодных условиях, обзора и доставки в овощехранилище для предварительно естественной просушки, определением весовым способом налипшей земли, дальнейшей очистки от почвенных остатков и пыли предложенным способом и устройством, сортировке продукции штатной технологией.

Результаты исследований. Специфика отрасли такова, что особую тревогу с точки зрения охраны труда, вызывает запыленность воздушной среды. Наиболее распространены вредные вещества, загрязняющие воздух – это пыли органического и неорганического происхождения. Использование в сельскохозяйственной практике различных по химическому составу пестицидов и их применение совместно с минеральными удобрениями, стимуляторами роста и другими химическими веществами повышает риск интоксикаций в связи с суммацией. Запыленность воздуха в рабочей зоне линий доработки корнеклубнеплодов может превышать нормативные требования в 2 и более раза [1]. По данным Роспотребнадзора, в структуре заболеваемости ведущими являются заболевания органов дыхания – 40 % от общего числа [2].

Условия, безопасность и безвредность труда при сортировке корнеклубнеплодов зависят не только от конструктивно-технологических особенностей машин и оборудования, но и во многом определяются составом и состоянием фракций в ворохе корнеклубнеплодов, поступающих на сортировку (корнеплоды, почва, растительные примеси и др.). Размерно-массовые характеристики столовых корнеплодов и картофеля предопределены сортовым качеством семян и качеством их подготовки к посеву. Далее состав и состояние фракций в ворохе корнеклубнеплодов будут зависеть от агротехнического состояния посевов столовых корнеплодов и картофеля, метеорологических условий, физико-механических свойств почвы, конструктивно-технологических особенностей машин, профессионализма операторов, управляющих этими машинами при последовательном выполнении технологических операций – от посева до поступления корнеплодов на сортировку.

Содержание почвенной пыли при сортировке столовых корнеплодов и картофеля в разные периоды времени года различное и зависит от количества, влажности и гранулометрического состава почвы. В ворохе корнеклубнеплодов почва содержится всегда. Если принять ворох корнеклубнеплодов за единицу, то долевое содержание корнеклубнеплодов в нем будет от 0,95 до 0,76,



содержание почвы – до 0,22 и свободной ботвы – от 0,04 до 0,25. Средняя влажность почвы может изменяться от 23 до 36 %. Содержание земли в ворохе корнеклубнеплодов (G_b), в зависимости от влажности почвы (W_n), аппроксимируется выражением:

$$G_b = -10,580 + 2,496W_n + 359,414 / W_n, \% \quad (1)$$

Процентное значение содержания почвы в ворохе корнеклубнеплодов Q_b в зависимости от календарных сроков уборки $t_{\text{дн.}}$, аппроксимируется выражением:

$$G_b = 8,182 + 0,447t, \quad (2)$$

где $t_{\text{дн.}} = 1 \dots 60$ дней.

Гранулометрический состав почвы, поступающей вместе со столовыми корнеплодами и картофелем от уборочных машин на линию доработки, представлен в таблице.

Гранулометрический состав почвы, поступающей вместе с корнеклубнеплодами от уборочных машин на линию доработки

Показатель	Содержание фракций, %							
	Крупные фракции, мм				Мелкие фракции (пыль), мм			
	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	Всего	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	Всего
Среднее значение	49,86	26,35	9,53	85,74	3,56	4,97	5,74	14,26
Стандартное отклонение	0,51	1,93	0,09	–	0,62	1,28	0,54	–
Коэффициент вариации, %	1,02	7,0	0,94	–	17	13	9	–

Почва, налипшая при уборке на столовые корнеплоды и картофель, засыхает и трудно поддается отделению от них на линиях уборки и затем поступает в овощехранилище. Кроме этого, налипшая почва закрывает повреждения на поверхности корнеклубнеплодов, что приводит к затруднению выбраковки. Почва, находящаяся в свободном состоянии, со временем снижает влажность. В сухой почве много мелкодисперсной пыли, которая при выполнении различных погрузочных и разгрузочных операций поднимается вверх, заполняя окружающее пространство, при этом содержание пыли в воздухе значительно превышает значения ПДК [3]. Для снижения запыленности воздуха рабочей зоны операторов на линиях при сортировке столовых корнеплодов и картофеля используют пылеуловители, но они малоэффективны. Также широко используется аэродинамический способ удаления пыли. Однако, как показали наблюдения, этот способ не в полной мере обеспечивает снижение запыленности воздуха рабочей зоны в пределах ПДК.

Кроме того, удаление пылезагрязнённого воздуха в окружающее пространство нарушает его экологию. Учитывая множество аналогичных объектов не только на Северо-Западе России, в типичном регионе которого проводились исследования, но и в других регионах, аналогичные выбросы существенно осложняют и без того сложные экологические проблемы. По данным наших исследований и анализа сведений Росприроднадзора, по данной проблеме одним из источников их является вид деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» (СЛХОРР). Так, в 2021 г. выбросы загрязнённых веществ в суммарном исчислении составили 17202,7 тыс. т, что превышает значение выбросов 2020 года на 1,5 %. Доля вида деятельности (СЛХОРР), в соответствии с (ОКВЭД 2017), в 2021 году составили 441,5 тыс. т, превышая значение 2020 года из стационарных объектов, к которым относятся и овощехранилища со своими пылевыми выбросами, на 6,2 %. С целью уменьшения влияния этих выбросов на атмосферный воздух осуществляется нейтрализация их; ей в 2021 г. были подвергнуты 47214,3 тыс. т (в том числе из сохранённых в прошлом году). На вид деятельности (СЛХОРР) пришлось практически 400 тыс. т (9,4 %).



В освещаемой ситуации важнейшим является вопрос обеспечения экологической безопасности. Значимость проблемы отмечена Указом Президента страны от 19.04. 2017 г. № 176 «О стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [4]. Содержание Стратегии отражено в семи разделах: 1 – общие положения; 2 – оценка текущего состояния экологической безопасности; 3 – вызовы и угрозы экологической безопасности; 4 – цели, основные задачи, приоритетные направления и механизмы реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности; 5 – результаты реализации настоящей Стратегии, источники и механизмы её внутреннего обеспечения; 7 – задачи, функции и порядок взаимодействия органов государственной власти Российской Федерации в целях реализации настоящей Стратегии. В авторских исследованиях учитывались положения названной Стратегии в части цели, задач и механизмов реализации государственной политики в обеспечении экологической безопасности на рассматриваемых в статье объектах. При этом вопросы решались на правовой основе, названной в Стратегии. Векторов в достижении нормируемых параметров окружающей среды при эксплуатации рассматриваемых объектов являлись результаты НИР по устранению запылённости рабочих мест и уменьшения за этот счёт запылённых выбросов в окружающую среду. Необходимость в этом вынуждает состояние экологической безопасности: 15 % территории регионов страны (по причине функционирования там производственных мощностей и продуктивных сельскохозяйственных угодий) по экологическим параметрам оцениваются, как неблагоприятные. Несмотря на меры по снижению воздействия на окружающую среду физико- химико-биологических и других факторов, ЧС техногенного и природного характера, сохраняются угрозы экологической опасности, влияя на изменение климата. Объекты промышленности, транспорта, АПК, энергетики, капитального строительства являются источниками загрязнения в городах и прилегающих к ним территорий, где проживает около 74 % населения. Около 17,1 млн человек проживают в городах с высоким и очень высоким загрязнением воздуха. Имеют место проблемы с качеством воды в водных объектах по причине сброса промышленных, сельскохозяйственных и бытовых сточных вод (только 11 % сбросов очищаются до установленных норм, 19 % сбрасываются без очистки и 70 % не достаточно очищенных). В итоге около 35 % населения пользуется не соответствующей нормативам водой, 70 % -недостаточно очищенной водой. Последствиями этих фактов являются увеличенные риски смертности (ежегодно 70 осреднённо на 11 тыс. человек) и заболеваний (осреднённо на 3 млн в год). Имеет место тенденция ухудшения состояния земель и почв (в обороте находится около 75 млн га загрязнённых земель), более 1 млн га утратили хозяйственную ценность или отрицательно влияют на окружающую среду. Для 27 объектов страны (около 100 млн га) характерно опустынивание земель. Из 4 млрд т отходов производства и потребления около 55 млн т приходится на твёрдые коммунальные отходы. На площади около 4 млн га размещены 15 тыс. несанкционированных объектов отходов; имеет место тенденция увеличения их осреднённо на 350 тыс. ежегодно. Сохраняется повышенное радиоактивное заражение территорий. Представляют опасность разливы нефти и нефтепродуктов. Практически ежегодно на территории страны происходит около 950 опасных гидромелиоративных событий (засухи, сильный ветер, обильные осадки, наводнения и др.), что практически в 80 % случаев приводит к чрезвычайным ситуациям. Опасные геологические явления практически ежегодно сопровождаются травмированием около 150 тыс. человек. Отрицательно сказывается на обсуждаемой проблеме и составляющий около 60 % износ основных фондов. Следствием изложенного является ухудшение здоровья и повышенная смертность населения. Имеют место и экономические потери, составляющие около 5 % ВВП (без учёта ущерба здоровью населения). Следствием ухудшения экологической безопасности являются глобальные угрозы (изменение климата, сокращение запасов ресурсов по причине роста их потребления, сокращение биологического разнообразия и др.). Наряду с этим имеют место и внутренние проблемы: густонаселённые территории, загрязнение водных ресурсов; увеличение объёмов отходов производства и потребления при низком уровне их утилизации; деградация земель и почв; наличие объектов накопленных вредностей; сокращение видового многообразия животного и растительного мира; высокий износ основных фондов и недостаточные темпы модернизации; несоответствующие требованиям времени темпы разра-



ботки и внедрения чистых технологий; недостаточный уровень финансирования экологических мероприятий и использования инновационных достижений в области экологии в производстве. Изложенное дополняется внешними угрозами. Такими в области экологии являются трансграничные загрязнения воздуха, лесные пожары, несанкционированная добыча водных биоресурсов, отстрел животных, ограничение доступа к мировым чистым инновационным технологиям, оборудованию, материалам и др.

В связи с изложенным в рассматриваемых авторских исследованиях учитывались цели и задачи названной выше Стратегии в сфере обеспечения экологической безопасности по параметрам запылённости на объектах сортировки столовых корнеплодов и картофеля в структурах АПК. В частности, учитывалось: предотвращение загрязнения атмосферного воздуха и водных объектов; совершенствование уровня утилизации, недопущение накопления вредностей в воздухе пространства овощехранилища; разработка инновационных решений по обсуждаемой проблеме; разработка и внедрение чистых технологий; мероприятия по эффективному использованию отходов; минимизация рисков возникновения аварий, чрезвычайных ситуаций техногенного характера на производственном объекте; активизация НИР в области охраны труда и окружающей среды; развитие и совершенствование системы экологического образования. Из механизмов реализации политики в области обеспечения технической и экологической безопасности авторами получены и использованы: результаты авторских НИР по обоснованию и разработке патентных решений по проблеме; осуществлено внедрение результатов в технологический процесс ПК «Шушары» (Ленинградская область) с достижением поставленной задачи по снижению значений запылённости воздушного пространства объекта сортировки овощехранилищ осреднённо в 2 раза по сравнению с ПДК.

В связи с важностью проблемы значимы вопросы запылённости и вредных выделений отходов данного производства, влияющих на здоровье работников не только непосредственно, но и в процессе потребления населением продукции, содержащей остатки препаратов. Последствия используемых для интенсификации процессов развития растений и животных, борьбы с их вредителями и болезнями, повышения эффективности производства посредством ускорения сроков созревания (потребности рынка), экологизации почвы и других мероприятий с использованием химических, биологических и интегрированных мероприятий в части безопасности нуждаются в существенном улучшении. В пылевом составе обсуждаемых мероприятий не исключается присутствие остатков пестицидов, как и в самом продукте. В стремлениях профессионалов производства и переработки продукции и подготовке к её употреблению присутствуют благие намерения иметь экологически чистую продукцию. Однако желаемый результат является результирующей цепочкой экологического обеспечения фона (почвы) и исходного (семенного, племенного) экологически чистого материала, а также подобных технологий выращивания (производства), переработки и хранения продовольственной продукции. К сожалению, в этом направлении не избежать «борьбы противоположностей» в части благих желаний и противодействия им вредными обстоятельствами (вредными насекомыми, загрязненностью почвы вредной растительностью, нарушениями агротехнических сроков производства, порой бесхозяйственности по различным причинам и другими обстоятельствами). Практика показывает, что для урегулирования этих проблем приходится использовать различные методы, соразмерные обстоятельствам и значимости вредных факторов на всех этапах производства. Практике аграрного производства ведомы результативные мероприятия географического-климатического характера, агрохимического (включая состав и засорённость почв), биологического, профессионально-кадрового, социально-экономического, организационно-технического и другого характера. Вредоносными последствиями этих обстоятельств (особенно засорённость сорняками, болезни и вредители растений, санитарно-ветеринарное неблагополучие и др.) являются существенное снижение урожайности, а также качества продовольствия. В качестве противопоставления этим обстоятельствам применительно к растениеводству и плодовоовощеводству осуществляют защиту растений комплексом мероприятий [5–7]. В числе их ведущими являются агротехнические, биологические и химические методы. В последние годы уделяется внимание так называемым интегрированным мето-



дам выращивания устойчивых сортов [8]. Как известно, составляющими агротехнических приёмов является обработка почвы, севооборот, подготовка (очистка, сортировка, обработка) семян, соблюдение сроков выполнения агротехнических приёмов, подпитка растений разнообразными растворами удобрений, способы и сроки уборки и др.

В рассматриваемом аспекте значимы вопросы образования, использования и нейтрализации отходов (включая и те, которые образуются в овощехранилищах при очистке корнеплодов и картофеля от земли, а также те части земли, которые с полей вносятся в помещения овощехранилища колёсами тракторов, автомобилей и прицепов постоянно). Кроме того, учитывая многосторонность использования автотракторных транспортных средств с их колёсной протекторной частью шин кроме земли в объекты овощехранилища попадают и части органики после работы агрегатов на фермах, птицефабриках, строительных и других объектах. Важным этапом в производстве растениеводческого и плодовоовощеводческой продукции является защита растений биологическими и химическими методами, составляющими основу интегрированной защиты растений. Касательно биологических методов напомним, что они основаны на использовании энтомопатогенных микроорганизмов и микробиопрепаратов. Широкое распространение получили препараты на основе кристаллообразующих бактерий, не загрязняющих окружающую среду. Кроме того, в стране разработано ряд бактериальных препаратов. Представляет интерес использование энтомофагов, уничтожающих яйца и личинки мух-сирфил и др. Химический метод предполагает использование пестицидов. На территории страны разрешены к использованию более 1700 пестицидов. К примеру, в 2018 г. в стране было использовано 61,5 тыс. т пестицидов (инсектициды, фунгициды, гербициды, нематоды), а на биологические средства защиты пришлось 1,6 тыс. т. Любой из названных препаратов включает действующее вещество в указанном в списке разрешённых препаратов количестве, а остальное – вспомогательное вещество (в жидких формах препарат используется с растворителем, а поверхностно активные вещества являются стабилизаторами рабочего раствора, препятствующими расслоению его); прилипатели закрепляют пестициды на обрабатываемых поверхностях; пролангаторы – полимеры увеличивают срок действия пестицидов). Использование химических методов является мерой устранения потерь от болезней растений, вредителей и сорняков. Химобработка обеспечивает быструю отдачу и сокращение затрат времени и средств; однако применение их требует повышенной осторожности, поскольку стойкие препараты и их метаболиты накапливаются в окружающей среде, оказывая отрицательное воздействие на флору и фауну, способствуя нарушению биологического равновесия, включая опасность для человека и животных, насекомых-опылителей. Загрязнение пестицидами среды не устранимо улавливающими устройствами, очистными сооружениями. Пестициды наряду с другими ксенобиотиками циркулируют постоянно в среде обитания людей, поскольку обработке подвергаются миллионы гектар сельхозугодий, сотни тысяч тонн продукции. В связи с изложенным постоянно возрастают требования безопасности и безвредности к химическим методам и средствам защиты растений. Совершенствование химических мер борьбы с развитием экологического земледелия требует оперативного решения вопросов безопасности и безвредности операторов производства и окружающей среды. Детальный анализ проблемы в этом направлении подтверждает наличие нереализованных потенциальных возможностей её решения, над чем сейчас работают авторы статьи. Представляют интерес технологии с использованием мало- и ультрамалообъёмного и электростатического опрыскивания растений, что позволит сократить расходы рабочей жидкости с 300–600 л/га в 10–20 и более раз и уменьшить осреднённо в 3,5 раза нормы расхода пестицидов. Представляют интерес и инновационные формуляции пестицидов, что позволит получать высококачественные продукты с меньшими затратами. Этому способствуют нанотехнологии получения концентраций коллоидных растворов и микроэмульсий с размерами частиц рабочих растворов 0,1 мкм вместо осреднённо 3,5 мкм, что позволяет существенно повысить эффективность по проблемным параметрам.

В связи с изложенным и тем, что существующие способы пылеподавления (включая обычное гидроподавление) не применимы на линиях послеуборочной доработки корнеклубнеплодов по причине ограничений допустимых увлажнений столовых корнеклубнеплодов и картофеля,



возникает проблема с обеспечением нормируемых параметров рабочей среды объектов овощехранилища. Анализ реализованных мероприятий не позволил обнаружить решений, которые на практике удовлетворяли бы требованиям санитарных нормативов [2, 3]. Изложенное послужило основанием для постановки задачи о необходимости оперативного решения проблемы на инновационной основе с учётом мелкодисперсности почвенной пыли. Важность проблемы подтверждалась результатами экспериментальных исследований средств индивидуальной защиты органов дыхания операторов линий доработки плодоовощной продукции: анализ показал, что в течение 4–6 ч работы их внешняя часть от снежной белизны превращалась в чёрноземный цвет. В связи с этим на основе данных и проведенных авторами патентных исследований было принято решение о необходимости подавления мелкодисперсной почвенной пыли уже на стадии выгрузки корнеклубнеплодов в приемный бункер линии доработки, а затем в рабочей зоне, то есть на инспекционных столах и при загрузке готовой продукции в тару, используя разработанное нами и запатентованное устройство для пылеподавления [9]. В связи с отсутствием требуемых для достижения поставленной цели решений авторами выполнены патентные исследования, на основе которых выяснилась необходимость инновационных решений в обсуждаемом направлении. Такая работа была выполнена, на основе чего предложено авторское инновационное решение в виде устройства для пылеподавления [9]. В решении учитывались нижеизложенные положения.

Известно, что содержание почвы в ворохе корнеплодов может достигать 25 % от общей массы, а влажность – до 35 % [10]. Среднее значение содержания мелкодисперсной пыли к общему содержанию почвы в корнеплодах составляет 14,26 %. Учитывая имеющиеся сведения о гранулометрическом составе почвы и скорости витания ее мелкодисперсных частиц и используя закон сохранения импульса, нами рассмотрена возможность подавления пыли путем встречной подачи на нее мелкодисперсной жидкости. Капли жидкости и частицы пыли движутся навстречу друг другу по одной осевой линии. В этом случае:

$$\left. \begin{aligned} m_{\text{ж}} v_{\text{ж}} - m_{\text{п}} v_{\text{п}} &\geq 0 \\ m_{\text{ж}} v_{\text{ж}} &\geq m_{\text{п}} v_{\text{п}}, \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $m_{\text{ж}}$ и $m_{\text{п}}$ – масса частиц, соответственно жидкости и пыли, мг; $v_{\text{ж}}$ и $v_{\text{п}}$ – скорость движения частиц, соответственно жидкости и пыли, м/с.

Следовательно, подача жидкости должна быть такой, чтобы площадь сечения капель жидкости и площадь сечения частиц пыли были равными между собой. Это достигается путем регулирования давления жидкости и диаметров отверстий распылителей в форсунках:

$$v_{\text{ж}} \geq \frac{m_{\text{п}}}{m_{\text{ж}}} v_{\text{п}} = \frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}}} v_{\text{п}}, \quad (4)$$

где $\rho_{\text{п}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ – плотность пыли и жидкости, г/см³.

При $v_{\text{п}} = 0,7$ м/с; $\rho_{\text{п}} = 1,2$ г/см³; $\rho_{\text{ж}} = 1,0$ г/см³ скорость мелкодисперсной жидкости в зоне контакта с ворохом столовых корнеплодов и картофеля

$v_{\text{ж}} = (1,2/1,0) 0,7 = 0,84$ (м/с). В этой формуле скорость витания мелкодисперсных частиц почвы (пыли) принята равной $v_{\text{п}} = 0,7$ м/с. На основании данных о распределении фракционного состава почвы в зависимости от ее скорости витания, средняя скорость витания почвы (пыли) – 0,2 м/с.

При угле распыла жидкости в 35° диаметр поперечного сечения струи d_c на расстоянии H от выходного отверстия распылителя достигает 0,4 м (диаметр обычно равен 0,5–0,6 м). Расход жидкости через один распылитель можно определить по следующей формуле:

$$Q_{\text{ж}} = Q_{\text{ж}} = \frac{0,66 f_c \mu \sqrt{2gP}}{60}, \text{ л/с}, \quad (5)$$

где f_c – площадь выходного отверстия распылителя, мм²; μ – коэффициент расхода (зависит от геометрической характеристики распылителя и составляет от 0,22 до 0,47); g – ускорение свободного падения, м/с²; P – давление при входе жидкости в распылитель, кг/см².

При известных значениях расхода жидкости через один распылитель, диаметра поперечного сечения струи на расстоянии H от выходного отверстия распылителя, удельного веса и толщины слоя вороха корнеклубнеплодов, можно определить расход жидкости на подавление мелкодисперсной почвенной пыли при доработке 1 т корнеклубнеплодов ($Q_{\text{ж}}$) по известной зависимости

$$Q_{\text{ж}} = Q t_{\text{ж}} n_{\text{р}}, \text{ л/т}, \quad (6)$$

где $t_{\text{ж}}$ – время подачи жидкости при опрокидывании 1 т корнеплодов из контейнеров в приемный бункер линии, с ($t_{\text{ж}} = \text{до } 4 \text{ с}$); $n_{\text{р}}$ – количество распылителей.

Ориентировочный расход жидкости на подавление пыли с 1 т подаваемого вороха корнеклубнеплодов на линию доработки – от 0,2 л/т.

При выборе диаметра выходного отверстия распылителя ($d_{\text{р}}$) необходимо учитывать следующее условие: площадь сечения капель жидкости и площадь сечения частиц пыли должны быть равны между собой. Так как почвенная пыль на линии доработки корнеклубнеплодов имеет размеры от 0,05 мм и ниже, то это условие может быть обеспечено путем повышения давления подаваемой жидкости при одновременно снижении диаметра выходного отверстия распылителя.

Представленные данные показывают возможность подавления мелкодисперсной пыли на линиях доработки корнеклубнеплодов мелкодисперсной жидкостью с диаметром выходных отверстий распылителей до 0,5 мм и давлением выше $4 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

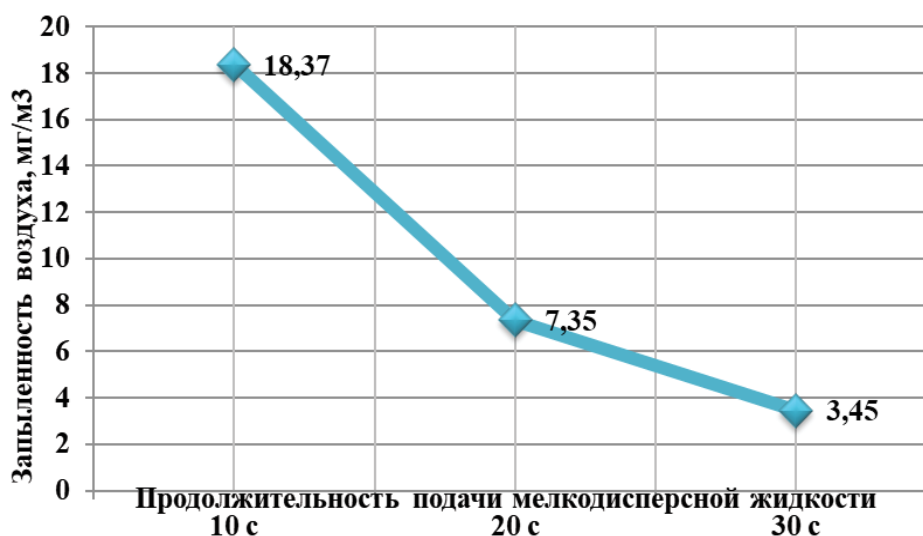
Время, затрачиваемое на выгрузку корнеклубнеплодов за один прием, достигает до 5 с, время на поглощение пылью мелкодисперсной жидкости – не менее 10 с. Для обеспечения необходимого условия распылители необходимо установить не выше 600 мм от поверхности корнеклубнеплодов.

Зависимость содержания почвенной пыли в воздухе от содержания почвы в ворохе столовых корнеплодов и картофеля, толщины слоя столовых корнеклубнеплодов и продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости проведена по матрице 2^{3-1} [11–13]. Уравнение регрессии содержания почвенной пыли в воздухе, полученное с использованием программы Statgraphics, имеет следующее выражение:

$$Y = 12,8325 + 0,0775A - 1,4725B - 4,0875C, \text{ мг/м}^3.$$

Графически результаты уравнения регрессии представлены на рисунке.

Исследования показали, что основное влияние на содержание почвенной пыли в воздухе оказывает продолжительность времени подачи мелкодисперсной жидкости на корнеплоды. При отсутствии увлажнения столовых корнеклубнеплодов среднее содержание почвенной пыли в воздухе рабочей зоны при их выгрузке из контейнера составило $18,37 \text{ мг/м}^3$, при продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости на корнеклубнеплоды в течение 10с произошло снижение запыленности воздуха до $7,35 \text{ мг/м}^3$ (при ПДК 8–9 мг/м^3).



Зависимость снижения запыленности воздуха от продолжительности подачи мелкодисперсной жидкости





Исследования, продолженные с увеличением времени подачи мелкодисперсной жидкости до 30 с при постоянных значениях толщины слоя корнеклубнеплодов и содержания в них почвы, показали, что запыленность воздуха резко снижается до 3,45 мг/м³ (см. рисунок). Но в данном случае необходимо соблюдать условие ограничения времени подачи мелкодисперсной жидкости на столовые корнеплоды и картофель 30 с, что связано со снижением срока хранения при их чрезмерном увлажнении. Обсуждаемой проблеме уделяется внимание и в зарубежных исследованиях [14, 15].

Заключение. Устройство для гидроподавления пыли обеспечивает значительное снижение запыленности воздуха рабочей зоны на линиях доработки корнеклубнеплодов до нормативных требований, что ведет к улучшению условий, безопасности и безвредности труда операторов при сортировке столовых корнеплодов и картофеля.

Технология возделывания корнеклубнеплодов, механизированная уборка, послеуборочная доработка, условия и охрана труда – это звенья одной замкнутой цепи. Чем больше стандартных корнеклубнеплодов мы получим в поле, чем лучше агротехническое состояние полей для работы уборочных агрегатов, чем выше техническая и технологическая надежность машин, тем будет меньше потребность в линиях послеуборочной доработки, тем ниже затраты труда на производство корнеклубнеплодов.

Необходимо отметить, что проблемам улучшения условий, безопасности и безвредности труда работников в условиях запыленности воздуха немало внимания уделяется в работах зарубежных авторов. Однако конкретные решения отсутствуют, в них речь идет лишь о рисках. Предложенные нами решения позволяют обеспечить снижение уровня запыленности воздуха рабочей зоны ниже допустимых пределов ПДК и в результате улучшить условия, безопасность и безвредность труда операторов на линиях сортировки столовых корнеплодов и картофеля. И тем не менее налицо ситуация, которая позволяет снизить запыленность воздуха практически в 3 раза ниже ПДК. Дальнейший анализ обсуждаемых результатов показал, что имеются потенциальные возможности практического обнуления запыленности воздуха в рассматриваемой проблеме. Коллектив авторов продолжает поиски эффективных решений для достижения полного обеспыливания продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилова С.В. Результаты экспериментальных и производственных опытов подавления мелкодисперсной жидкостью почвенной пыли, выделяемой из вороха корнеплодов при их выгрузке в приемный бункер // Безопасность жизнедеятельности. 2017. № 2. С. 7–11.
2. Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора. URL: Федеральный информационный фонд данных социально-гигиенического мониторинга. <http://www.fsgsen.ru> (дата обращения 04.11.2016).
3. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны: ГН 2.2.5.1313-03: утв. Главным государственным санитарным врачом РФ: ввод в действие 15.06.2003 с изм. и доп. № 1, № 2, № 3, № 4, № 5 от 16.09.2013 / [в соотв. с федеральным законом № 52-ФЗ]. URL: <http://www.ohranatruda.ru> Библиотека» Технические нормативы» ПДК (дата обращения: 19.12.2022).
4. Указ Президента Российской Федерации от 19.04. 2017 года №176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» // СПС «Гарант».
5. Долженко В.И., Лаптев А.Б. Современный ассортимент средств защиты растений: биологическая эффективность и безопасность // Плодородие. 2021.
6. Долженко В.И., Сухорученко Г.И., Лаптев А.Б. Развитие химического метода защиты растений в России // Защита и карантин растений. 2021. № 4. С. 3–13.
7. Долженко Т.В., Долженко В.И. Инсектициды на основе энтомопатогенных вирусов // Агрохимия. 2017. № 4. С. 26–33.
8. Морозов Д.О., Коршунов С.А., Любовецкая А.А., Мишуров Н. П., Коноваленко Л. Ю. Современные системы интегрированной защиты сельскохозяйственных растений. М.: ФГБГНУ «Росинформагшротех», 2019. 92 с.
9. Патент на полезную модель 145704 РФ МПК А01В25/00 Устройство для пылеподавления / С.В. Данилова, В.С. Шкрабак, М.С. Овчаренко, А.А. Попов. ФГБОУ ВПО СПбГАУ. № 2014121854/13; Заяв. 29.05.2014; Оpubл. 27.09.2014.

10. Попов А.А., Валге А.М. Технологии и технические средства производства столовой моркови и свеклы на Северо-Западе Российской Федерации. СПб.: СЗНИИМЭСХ, 2007. 220 с.
11. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Наука, 1976. 279 с.
12. Валге А.М. Использование систем EXCEL и MathCAD при проведении механизации сельскохозяйственного производства. СПб., 2013. 200 с.
13. Валге А.М. Основы статистической обработки экспериментальных данных при проведении исследований сельскохозяйственного производства с примерами на STATGRAPHICS и EXCEL. СПб.; Элиста, 2015. 140 с.
14. Bekkc. Risk Criteria, Background information for maritime decision makers, E.C.A. ter Bekkc, Delft University of Technology, 2006.
15. Taylor J.R. Hazardous materials release and accident frequencies for process plant. 2003.

REFERENCES

1. Danilova S.V. The results of experimental and production experiments for suppressing soil dust with a finely dispersed liquid released from a pile of root crops when they are unloaded into a receiving hopper. *Life safety*. 2017; 2: 7–11. (In Russ.).
2. Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor. URL: Federal information fund of socio-hygienic monitoring data. <http://www.fsgsen.ru> (accessed 04.11.2016).
3. Maximum permissible concentrations of harmful substances in the air of the working area: GN 2.2.5.1313-03: approved. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation: entry into force on June 15, 2003, amended. and additional No. 1, No. 2, No. 3, No. 4, No. 5 dated 09/16/2013 / [acc. with the federal Law No. 52-FZ]. URL: <http://www.ohranatruda.ru/Library/Technical standards/ MPC> (date of access: 12/19/2022).
4. Decree of the President of the Russian Federation of 19.04. 2017 goal No. 176 “On the Strategy for Environmental Security of the Russian Federation for the period up to 2025”. SPS “Garant”.
5. Dolzhenko V.I., Laptiev A.B. A modern range of plant protection products: biological effectiveness and safety. *Soil Fertility*. 2021. (In Russ.).
6. Dolzhenko V.I., Sukhoruchenko G.I., Laptiev A.B. Development of the chemical method of plant protection in Russia. *Plant protection and quarantine*. 2021; 4: 3–13. (In Russ.).
7. Dolzhenko T.V., Dolzhenko V.I. Insecticides based on entomopathogenic viruses. *Agrochemistry*. 2017; 4: 26–33. (In Russ.).
8. Morozov D.O., Korshunov S.A., Lyubovetskaya A.A., Mishurov N. P., Konovalenko L. u. Modern systems of integrated protection of agricultural plants. Moscow, 2019. 92 p. (In Russ.).
9. Utility model patent 145704 RF MPK A01B25/00 Device for dust suppression / S.V. Danilova, V.S. Shkrabak, M.S. Ovcharenko, A.A. Popov. FGBOU VPO SPbGAU. No. 2014121854/13; App. 05/29/2014; Published 09/27/2014.
10. Popov A.A., Valge A.M. Technologies and technical means for the production of table carrots and beets in the North-West of the Russian Federation. St. Petersburg, 2007. 220p. (In Russ.).
11. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovsky Yu.V. Planning an experiment in the search for optimal conditions. 2nd ed., revised and additional. Moscow, 1976. 279 p. (In Russ.).
12. Valge A.M. The use of EXCEL and MathCAD systems in the mechanization of agricultural production. St. Petersburg, 2013. 200 p. (In Russ.).
13. Valge A.M. Fundamentals of statistical processing of experimental data when conducting research on agricultural production with examples on STATGRAPHICS and EXCEL. St. Petersburg; Elista, 2015. 140 p. (In Russ.).
14. Bekkc. Risk Criteria, Background information for maritime decision makers, E.C.A. ter Bekkc, Delft University of Technology, 2006.
15. Taylor J.R. Hazardous materials release and accident frequencies for process plant. 2003.

Статья поступила в редакцию 12.03.2023; одобрена после рецензирования 2.04.2023; принята к публикации 13.04.2023.

The article was submitted 12.03.2023; approved after reviewing 2.04.2023; accepted for publication 13.04.2023.

