

## **ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПЕСТИЦИДОВ**

О. В. ГОРДЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки, Республика Беларусь

И. С. КРУК, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

г. Минск, Республика Беларусь

Спрос на продукцию растениеводства и ожидание максимальной урожайности приводят к более интенсивным методам ведения сельского хозяйства во всем мире. Культурные растения энергично подвергаются нападению травоядных насекомых и других вредителей, таких как фитопатогены и моллюски. По факту потери из-за вредителей и болезней составляют около 35 % на поле и 14 % при хранении, и это не считая потерь от сорняков. Генетически и биологически сорняки легко адаптируются к различным условиям возделывания, вторгаются в посевы и конкурируют с ними, а также вызывают быстрое распространение болезней и вредителей сельскохозяйственных культур. Потенциальные потери урожая только от 40 наиболее вредоносных сорняков могут составлять 30 % и более [1, 2].

Феноменальный прогресс в борьбе вредителями, болезнями и сорняками сельскохозяйственных культур был достигнут с появлением синтетических пестицидов, что привело к значительному усовершенствованию сельскохозяйственных технологий и повышению эффективности растениеводства.

Однако, с появлением самих пестицидов при их использовании появилась проблема сноса. Снос пестицидов определяется как физическое перемещение капель рабочего раствора ветром во время опрыскивания от объекта обработки в сторону [1–4].

Химические вещества, распыляемые для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками на полях, в садах, парках и заповедниках, вокруг промышленных объектов и домов могут сноситься, нанося ущерб окружающей среде (угнетение других растений на соседних полях, загрязнение грунтовых вод, гибель пчел, птиц, рыбы и др.).

Исследованиями доказано, что в зависимости от условий опрыскивания снос препаратов может достигать 90 %, что приводит к уменьшению эффективности проводимых мероприятий на 35–55 % [3–5].

Изучением сноса пестицидов занимаются во многих странах. Так, в работе [6], изучали пути возможного загрязнения поверхностных вод при обработке сельскохозяйственных культур и виноградников (рис. 1) в Швейцарии.

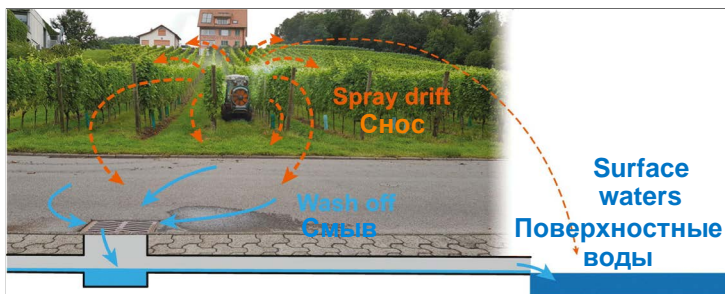


Рис. 1. Пути возможного загрязнения поверхностных вод при внесении пестицидов

Авторы работы показывают, что при опрыскивании важно соблюдать санитарно-защитную зону не только между обрабатываемыми объектами и водоемам, но и между обрабатываемыми объектами и примыкающими к ним дорогам. В Швейцарии большинство дорог примыкающих к сельскохозяйственным угодиям и виноградникам оснащены ливневыми каналами, соединенными с водоемами. Площадь этих дорог превышает площадь открытых водоемов в 2,7–7 раз (в зависимости от региона). Исследованиями доказано, что снос пестицидов на дороги с последующим смывом атмосферными осадками в ливневые каналы превышает непосредственный снос в открытые водоемы в 4,5–18 раз для пахонных земель и 35–140 раз – для виноградников. И это при соблюдении санитарно-защитной зоны между обрабатываемыми объектами и водоемам.

В работе [7] авторы исследовали снос факела распылителей, используемых в сельскохозяйственных дронах, активно применяемых в настоящее время в Корее. Для этого было построено экспериментальное устройство, состоящее из аэродинамической трубы, где изучался снос капель с использованием водочувствительной бумаги при разной скорости бокового ветра. Авторы отмечают, что выбор форсунки для опрыскивания, а именно генерируемый ими размер капель, оказывает существенное влияние на качество выполняемых мероприятий. Размер

капель – наиболее важный фактор, влияющий на снос. Чем более мелкие капли, тем лучше покрытие препаратом растений (большая площадь покрытия при одинаковых объеме жидкости). Однако с уменьшением размера капли они могут не достигать цели обработки в связи со сносом и испарением.

Испарением и сносом уменьшающихся в размере капель занимались авторы работы [8]. Для этих целей была изготовлена испарительная камера (рис. 2).

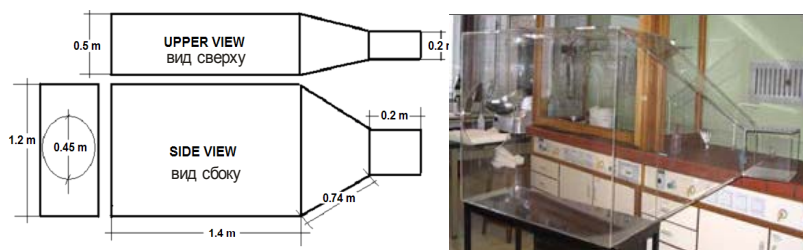


Рис. 2. Камера испарения, используемая для исследования сноса

Скорость ветра на дне камеры составляла 0,3 м/с, в центре камеры – 0,55 м/с и на выходе из камеры – 3,5 м/с. Температура и относительная влажность воздуха поддерживались постоянными на уровне 18 °С и 65 %.

Эксперименты по определению сноса испаряющихся капель проводились с пятью пестицидами (metalaxyл-m, dichlorovos, diazinon, lindane и trifluralin) с различными значениями коэффициента Генри. Эксперименты показали, что тенденции улетучивания и скорость улетучивания пестицидов могут существенно различаться по своим физико-химическим свойствам.

Анализируя многочисленные исследования по сносу рабочих растворов пестицидов, можно подвести итог, что снос не всегда удастся исключить или полностью контролировать, но его можно понизить до минимума, соблюдая определенные требования.

Погодные условия (скорость и направление ветра, относительная влажность и температура, атмосферная стабильность и инверсия) – важнейший фактор, оказывающий влияние на распределение распыленной рабочей жидкости. Чем больше ветер, тем дальше будет снесена капля от объекта обработки. Чем больше капля, тем меньше на нее

влияет ветер и тем быстрее она падает. Однако, сильный ветер может сносить и крупные капли, поэтому недопускается опрыскивание при скорости ветра выше 3–4 м/с. Относительная влажность и температура также имеют свое влияние на снос. При падении поверхность капли испаряется, уменьшается размер и вес капли, что приводит к уменьшению скорости падения и соответственно к сносу (таблица).

**Продолжительность жизни капель различного диаметра и пройденный ими путь в зависимости от температуры и влажности воздуха**

Диаметр капель, мкм	Температура +20 °С, влажность 80 %		Температура +30 °С, влажность 50 %	
	Продолжительность жизни, с	Пройденный путь, м	Продолжительность жизни, с	Пройденный путь, м
50	14	0,5	4	0,15
100	57	8,5	16	2,4
200	227	136,5	65	39,0

При работе опрыскивателей величина сноса определяется не только размером капель, скоростью и направлением ветра, но и высотой установки распылителей над обрабатываемым объектом.

В факеле распыленной жидкости всегда присутствуют от 7,5 до 15,0 % капель диаметром менее 80 мкм. Капли данного класса легко сносятся из зоны обработки даже при скорости ветра менее 1 м/с.

Особенно важно предотвратить снос при ленточном опрыскивании, поскольку незначительное смещение факела за пределы защитной зоны растений в междурядье оказывает существенное влияние на эффективность проводимых мероприятий.

Один из путей снижающий снос – не проводить опрыскивание при температуре выше 25°С и влажности ниже 30 %, а также избегать образования мелких капель используя специальные распылители, работа которых основана на принципе *Ventury*. При использовании данных распылителей в процессе образования капель в них добавляются пузырьки воздуха, что приводит к увеличению их размеров. При использовании данного типа распылителей наличие мелких капель (менее 80 мкм) в факеле распыла практически не бывает. Если исключить такие капли невозможно, то необходимо использовать опрыскиватели с системой принудительного воздушного осаждения капель (рис. 3 а), с электростатической системой распыливания (рис. 3 б) либо с использованием ветрозщитных устройств (рис. 3 в).

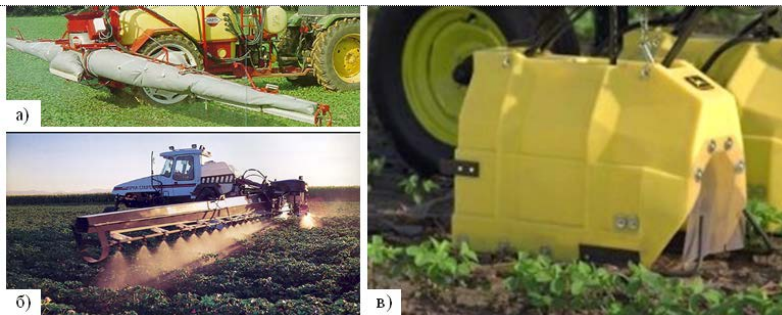


Рис. 3. Системы, снижающие снос рабочих растворов при опрыскивании: а – система принудительного воздушного осаждения капель; б – электростатическая система распыливания; в – ветрозащитные устройства

Переменные, влияющие на снос распыления, представляют собой комбинацию факторов: погодные условия, физические свойства рабочего раствора, тип распылителя и его рабочие параметры. Практически во всех ситуациях, самый важный фактор, влияющий на снос – размер капли. Мелкие капли (<150 мкм), как правило, обеспечивают более равномерное покрытие, однако имеют тенденцию сноситься, поскольку они падают медленно, испаряются и уносятся легче даже при слабом ветре. Поэтому необходимо оградить факел распыла от прямого воздействия ветра применением ветрозащитных устройств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Клочков, А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании: монография / А. В. Клочков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2017. –230 с.
2. Крук, И. С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей: монография / И. С. Крук, Т. П. Кот, О. В. Гордеенко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 284 с.
3. Spray drift and pest control from aerial applications on soybeans. [Электронный ресурс] // <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p493-501/2017> (дата обращения: 10.11.2022).
4. Evaluation of Drift-Reducing Nozzles for Pesticide Application in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) [Электронный ресурс] // <https://www.mdpi.com/journal/agriengineering> (дата обращения: 02.11.2022).
5. Проблема сноса пестицидов, ее причина и решение. [Электронный ресурс] // <https://t-i-t.com.ua/problema-znesennya-pestitsidv-yiyi-prichini-ta-rshennya/> (дата обращения: 03.10.2022).
6. Are spray drift losses to agricultural roads more important for surface water contamination than direct drift to surface waters? [Электронный ресурс] // <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721061805?via%3Dihub#bb0050> (дата обращения: 05.11.2022).

7. Effect of Injection Angle on Drift Potential Reduction in Pesticide Injection Nozzle Spray Applied in Domestic Agricultural Drones [Электронный ресурс] // <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs42853-021-00093-y> (дата обращения: 10.11.2022).

8. Evaporation drift of pesticides active ingredients [Электронный ресурс] // [https://www.researchgate.net/publication/24024746\\_Evaporation\\_drift\\_of\\_pesticides\\_active\\_ingredients](https://www.researchgate.net/publication/24024746_Evaporation_drift_of_pesticides_active_ingredients) (дата обращения: 25.11.2022).

УДК 631.363.5

## **ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В КАНАЛАХ РОТОРНО-ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА**

П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Горки, Республика Беларусь

Роторно-импульсные аппараты являются эффективным устройством для комплексного воздействия на обрабатываемую среду. Данные устройства применяются для измельчения различных материалов в жидкости, приготовления высокодисперсных суспензий и эмульсий, интенсификации массообменных процессов, гомогенизации и обеззараживания жидкостей [1]. Вышеперечисленные свойства роторно-импульсных аппаратов могут быть использованы в сельском хозяйстве для приготовления высокодисперсных кормов и кормовых добавок, пастеризации молочного корма для телят, подготовки субстратов для биогазовых комплексов, производства органических и комплексных удобрений [2, 3].

Импульсный, сопровождаемый кавитационными эффектами, характер движения жидкой среды в комплексе с режуще-истирающим воздействием рабочих элементов роторно-импульсного аппарата на частицы твердой фазы суспензии, обеспечивают комплексную обработку материала, включающую в себя факторы механического, гидророторно-импульсного и кавитационного воздействий. Существует несколько методик расчета параметров роторно-импульсного аппарата для интенсификации одного или нескольких из перечисленных воздействий на обрабатываемый материал, однако для применения любой из них необходимо знать закономерности движения жидкости или суспензии по каналам ротора и статора [4].

В результате анализа существующих математических моделей, описывающих движение жидкости в рабочих элементах роторно-импульсного аппарата, установлено, что значительная их часть