

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

*Березняк И.В., Фёдорова Н.Е., Михеева Е.Н.*

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В СЕДИМЕНТАЦИОННЫХ ПРОБАХ

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора,  
141014, г. Мытищи, Московская область, Россия

*Применение пестицидов создаёт опасность загрязнения почвы в результате сноса за пределы участка обработки, которая оценивается сопоставлением фактического содержания пестицидов в почве (мг/кг) с предельно допустимой/ориентировочной допустимой концентрацией (ПДК/ОДК). Методы количественного определения пестицидов в почве отличаются трудоёмкостью, альтернативой им может быть косвенный метод – определение величины сносов на почву с помощью седиментационных проб.*

**Цель исследования** – гигиеническая оценка количества пропиконазола, осевшего на почву за пределами обрабатываемого участка.

**Задачи исследования:** определить за пределами участка обработки содержание пропиконазола в атмосферном воздухе и на почве; дать гигиеническую оценку обнаруженному количеству вещества.

**Материал и методы.** Пробы атмосферного воздуха отбирали на аэрозольные бумажные фильтры, загрязнение почвы оценивали с помощью седиментационных проб, измеряя количество вещества, осевшего на фильтры (площадь около 40 см<sup>2</sup>) в чашках Петри, размещённых на почве с подветренной стороны вдоль участка обработки.

**Результаты.** Пропиконазол обнаружен в седиментационных пробах на уровне 0,012–0,484 мг/м<sup>2</sup> и не идентифицирован в атмосферном воздухе.

**Обсуждение.** Предложен алгоритм пересчёта результатов измерения в сносах на фильтры (мг/м<sup>2</sup>) на концентрацию в почве (мг/кг) с учётом сведений о подвижности вещества и объёмной массе почвы. Установлено, что после применения препарата в виде концентрата эмульсии на полевых культурах количество пропиконазола в сносах на почву может превышать ОДК до 10 раз; после применения препарата в виде концентрата наноэмульсии на садовых культурах ОДК превышена в 17 раз. Повышенное содержание вещества в почве является основанием для запрета применения препарата с использованием данной технологии.

**Выводы.** Седиментационные пробы, являясь накопительными, подтверждают или опровергают результаты аналитического контроля атмосферного воздуха, повышая надёжность гигиенических исследований, дополнительно гарантируя безопасность применения пестицидов для населения.

Ключевые слова: пестициды; загрязнение почвы; седиментационные пробы.

**Для цитирования:** Березняк И.В., Фёдорова Н.Е., Михеева Е.Н. Гигиеническая значимость определения пестицидов в седиментационных пробах. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2019; 63(3): 152-158. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-3-152-158>

*Bereznyak I.V., Fedorova N.E., Mikheeva E.N.,*

## HYGIENIC SIGNIFICANCE OF THE DETERMINATION OF PESTICIDES IN SEDIMENTATION TESTS

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, Moscow region,  
1410014, Russian Federation

**Introduction.** The use of pesticides creates the danger of contamination of the soil as a result of demolition outside the treatment area, which is assessed by comparing the actual pesticide content in the soil (mg/kg) with the maximum allowable / estimated allowable concentration (MAC/APC). Methods for the quantitative determination of pesticides in soil are labor-intensive; an alternative method for them may be an indirect method — determining the amount of drift to the soil using sedimentation samples (sedimentation — subsidence).

The **purpose** of the study is a hygienic estimate of the amount of propiconazole deposited on the soil outside the cultivated area.

The research objectives are to determine the content of propiconazole in the atmospheric air and on the soil outside the treatment area; to give a hygienic assessment of the amount of substance detected.

**Material and methods.** Air samples were taken on aerosol paper filters, soil contamination was assessed using sedimentation samples by measuring the amount of substance deposited on the filters (about 40 cm<sup>2</sup>) in Petri dishes placed on the leeward side of the processing area.

**Results.** Propiconazole was found in sedimentation samples at a level of 0.012–0.484 mg/m<sup>2</sup> and was not identified in atmospheric air.

**Discussion.** An algorithm is proposed for recalculating the results of measurements in filters for filters (mg/m<sup>2</sup>) for soil concentration (mg/kg), taking into account information on the mobility of the

*substance and the bulk density of the soil. It has been established: when using the drug in the form of an emulsion concentrate on field crops, the amount of propiconazole in demolitions on the soil can exceed the APC up to 10 times; the drug in the form of a nanoemulsion concentrate on garden crops ODC exceeded 17 times. The increased content of the substance in the soil is the reason for prohibiting the use of the drug using this technology.*

**Conclusions.** *Sedimentation tests, being cumulative, confirm or refute the results of analytical control of atmospheric air; increasing the reliability of hygienic studies, further guaranteeing the safety of pesticide use for the population.*

**К е у в о р д с:** *pesticides; contamination of soil; sedimentation samples.*

**For citation:** Bereznyak I.V., Fedorova N.E., Mikheeva E.N. Hygienic significance of the determination of pesticides in sedimentation tests. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii (Health Care of the Russian Federation, Russian journal)*. 2019; 63 (3): 152-158. (In Russ.).

DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0044-197X-2019-63-3-152-158>

**For correspondence:** Irina V.Bereznyak, Dr. Sci. Med., Professor, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, Moscow region, 1410014, Russian Federation.  
E-mail: [gigienatryda@mail.ru](mailto:gigienatryda@mail.ru)

**Information about authors:**

Bereznyak I.V., <http://orcid.org/0000-0001-9501-092X>

Fedorova N.E., <http://orcid.org/0000-0001-8278-6382>

Mikheeva E.N., <http://orcid.org/0000-0002-9633-5686>

**Acknowledgment.** The study had no sponsorship.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

Received 27 06 2019

Accepted 02 07 2019

## Введение

К пестицидам относится группа химических препаратов, используемых для борьбы с вредителями и болезнями растений, сорняками, вредителями сельскохозяйственной продукции, для регулирования роста растений, предуборочного удаления листьев и подсушивания растений. Ввиду высокой биологической активности пестицидов при малых уровнях воздействия, преднамеренности внесения и возможности миграции в окружающей среде актуальна разработка системы профилактических мероприятий, обеспечивающих их безопасное применение не только для работающих, но и для населения [1].

На территории РФ в 2016 г. было применено 60 тыс. т химических средств защиты растений, что составило 96,5% общего количества пестицидов. При этом 55% применяемых пестицидов приходится на гербициды, из них около 25% составляют глифосатсодержащие препараты; 18,5% – фунгициды, большинство которых относится к группе триазолов [2].

Применение пестицидов может быть причиной загрязнения объектов окружающей среды. Известно, что в процессе обработки пестицидами сельскохозяйственных культур примерно половина используемого количества препарата попадает непосредственно на поверхность обрабатываемой почвы, некоторая часть стекает с поверхности растений, т. е. почва служит местом максимального накопления пестицидов<sup>1</sup>. Загрязнение объектов

окружающей среды происходит как первично – в момент обработки пестицидами, так и за счёт вторичных метаболических, в том числе миграционных, процессов с образованием нередко опасных и токсичных метаболитов. Воздушная среда может вторично загрязняться за счёт испарения летучих препаратов с поверхности растений, почвы и открытых водоёмов. Воздушные потоки могут переносить пары и аэрозоли веществ на значительные расстояния, как непосредственно во время обработки, так и после неё, в результате чего провоцируется загрязнение почвы территорий, находящихся далеко за пределами обрабатываемых площадей. Содержание пестицидов в почве должно быть строго регламентировано с учётом общесанитарного, миграционно-водного, миграционно-воздушного и транслокационного показателей вредности, т. е. для каждого действующего вещества должен быть разработан гигиенический норматив его содержания в почве [3].

В качестве характеристики загрязнённости почвы используют показатель фактического содержания действующих веществ пестицидов в почве в мг на 1 кг массы в сопоставлении с предельно допустимой концентрацией (ПДК) или ориентировочной допустимой концентрацией (ОДК) веществ, установленных согласно МУ № 4263-87<sup>1</sup> экспериментальным или расчётным методом [4].

Учитывая потенциальную опасность пестицидов для человека и окружающей среды, в период регистрационных испытаний, согласно Федеральному закону «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» от 19.07.1997

<sup>1</sup> Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов МУ № 4263-87. Киев; 1988.

№ 109-ФЗ<sup>2</sup>, проводятся гигиенические исследования в натуральных условиях для оценки риска не только для работающих, но и для населения по каждому новому препарату. Решение о возможности применения пестицидов на территории РФ принимается на основании результатов, полученных при испытании препаратов в реальных условиях сельскохозяйственного производства.

По результатам комплексного изучения токсиколого-гигиенических свойств пестицидов с учётом данных по острой, подострой и хронической токсичности, сведений об отдалённых и специфических эффектах разрабатываются гигиенические нормативы содержания действующих веществ в объектах окружающей среды, в том числе и в почве<sup>3</sup>.

Во время регистрационных испытаний риск непосредственного неблагоприятного воздействия пестицидов при их применении оценивается по содержанию действующих веществ в атмосферном воздухе и почве. Вопросы формирования и оценки общей пестицидной нагрузки на население, адекватной оценки уровней токсикантов, присутствующих в объектах среды обитания, не могут быть успешно решены без современных методов аналитической идентификации ксенобиотиков в объектах окружающей среды. Объективным количественным критерием безопасного применения пестицидов для окружающей среды и населения является установление экспозиционных уровней веществ в атмосферном воздухе и в почве в ходе исследований в натуральных условиях сельскохозяйственного производства.

Контроль содержания остаточных количеств действующих веществ пестицидов в почве имеет особенности, поскольку они, являясь биологически активными веществами, содержат разнообразные функциональные группы, и в большинстве случаев прочно связываются с почвой и удерживаются в ней. Данный эффект усиливается для почв с высоким содержанием гумуса<sup>4</sup> [5, 6].

Большинство методов определения остаточных количеств пестицидов в почве отличаются трудоёмкостью, поскольку эффективное извлечение действующих веществ из проб почвы зачастую связано с использованием кипячения в кислой или щелочной среде, это сопряжено с выделением в экстракт существенного количества коэкстрактивных ингредиентов [7–9]. В этой связи экстракт подвергают многостадийной очистке, что неизбежно приводит к потерям аналитов и снижению воспроизводимости измерения. Кро-

ме того, для исключения получения артефактов в аналитических результатах необходимо использование альтернативных более высокотехнологичных методов подтверждения, в частности с масс-спектрометрическим детектированием [10–12].

Альтернативой аналитического контроля содержания пестицидов в почве может быть косвенный метод определения, особенно эффективный при проведении регистрационных испытаний новых препаратов, когда оценивается возможность сноса пестицида на почву за пределы участка обработки непосредственно во время проведения испытаний.

**Цель исследования** – гигиеническая оценка количества пропиконазола, осевшего на почву за пределами обрабатываемого участка.

**Задачи исследования:** определить за пределами участка обработки содержание пропиконазола в атмосферном воздухе и на почве; дать гигиеническую оценку обнаруженному количеству вещества.

### Материал и методы

Пропиконазол – действующее вещество пестицидных препаратов, широко применяющихся в качестве фунгицидов против грибковых заболеваний зерновых, садовых и овощных культур.

Пропиконазол, химическое наименование:  $(\pm)$ -1-[2-(2,4-дихлорфенил)-4-пропил-1,3-диоксолан-2-илметил]-1H-1,2,4-триазол (ИЮПАК) – относится к группе триазолов, CAS: 60207-90-1 [9, 13].

На основании токсиколого-гигиенической оценки в соответствии с гигиенической классификацией пестицидов по степени опасности<sup>5</sup> пропиконазол отнесён к 3-му классу опасности (умеренно опасное вещество) и по стойкости в почве – ко 2-му классу (период распада 90% вещества ( $DT_{90}$ ) – в среднем около 200 дней, период распада 50% вещества ( $DT_{50}$ ) – от 5 до 148 дней) [13, 14].

Согласно ГН 1.2.3539-18<sup>6</sup> ОДК пропиконазола в почве – 0,2 мг/кг; ПДК в атмосферном воздухе – 0,03 мг/м<sup>3</sup>.

Метод заключается в одновременном контроле содержания пестицидов за счёт сносов аэрозоля в атмосферном воздухе и вещества, осевшего на почву на границе санитарного разрыва между обрабатываемым участком и населённым пунктом, дорогой и т.д., в соответствии с СанПиН 1.2.2584-10<sup>5</sup> – 300 м при наземной обработке, 2000 м – при авиаобработке, 10–15 м – в пределах личных подсобных хозяйств.

Пробы атмосферного воздуха на границе санитарного разрыва отбирали с подветренной стороны последовательно в течение обработки.

<sup>2</sup> Федеральный закон «О безопасном обращении с пестицидами и агрохимикатами» № 109-ФЗ. М.; 1997.

<sup>3</sup> ГН 1.2.3539-18. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). М.; 2018.

<sup>4</sup> Методы определения химических веществ. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М.; 1985.

<sup>5</sup> СанПиН 1.2.2584-10. Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов. М.; 2010.

<sup>6</sup> ГН 1.2.3539-18. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). М.; 2018.

Загрязнение почвы за пределами участка обработки, в первую очередь на границе санитарного разрыва, определённой в зависимости от технологии применения пестицида в соответствии с СанПиН 1.1.2584-10, оценивается с помощью седиментационных проб (седиментация – оседание). Определяется количество вещества, осевшего на бумажные фильтры высокой плотности, аэрозольные фильтры (АФА-ВП или АХА-ХА) площадью около 40 см<sup>2</sup>, помещённые в чашки Петри, расставленные с подветренной стороны вдоль участка обработки также на границе санитарного разрыва.

Определение пестицидов на границе санитарного разрыва в атмосферном воздухе и седиментационных пробах обязательно во время изучения условий применения пестицидов в рамках регистрационных испытаний:

- при регистрации новых препаративных форм пестицидов;
- расширении сферы применения пестицидов по сравнению с указанной в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, разрешённых к применению на территории РФ (ежегодное издание);
- изменении состава и/или вида препаративной формы пестицидов;
- изменении регламентов применения пестицидов (норма расхода, сроки выхода).

В химико-аналитических исследованиях использованы Методические указания по измерению концентраций пропиконазола в атмосферном воздухе населенных мест (МУК 4.1.2404-08)<sup>7</sup>. Подготовка фильтров и определение количества осевшего на них действующего вещества выполнены так же, как при исследовании проб воздушной среды.

Использованы аналитический стандартный образец пропиконазола (содержание основного компонента 99,8%) фирмы Sigma-Aldrich (№ по каталогу 45642-250MG); ацетон для хроматографии фирмы Panreac (Испания); бумажные фильтры «синяя лента» по ГОСТ 12026-76, диаметром 7,0 см.

Пропиконазол извлекали с фильтров ацетоном (3 порции по 10 см<sup>3</sup>), растворитель упаривали, остаток растворяли в 1 см<sup>3</sup> ацетона. Идентификацию и количественное определение пропиконазола выполняли на газовом хроматографе Кристалл 2000М (детектор электронного захвата, капиллярные колонки DB-1701 (30 м × 0,32 мм × 0,5 мкм) или BP-5ms (15 м × 0,25 мм × 0,25 мкм), режим программирования температуры). Хроматографируемый объем 1 мм<sup>3</sup>. Градуировочная характеристика линейна в диапазоне 0,05–1,0 мкг/см<sup>3</sup> (коэффициент корреляции более 0,999).

Содержание вещества в седиментационной пробе представлено в мг/м<sup>2</sup>, при расчётной площа-

ди фильтра диаметром 7,0 см – 38,5 см<sup>2</sup>. Нижний предел обнаружения вещества в сносах варьировал от 0,0125 до 0,025 мг/м<sup>2</sup>.

Гигиенические исследования, проводимые в рамках регистрационных испытаний, осуществлены с использованием типичной техники, оснащённой откалиброванными опрыскивающими устройствами, с нормами расхода препаратов, рекомендуемыми по результатам биологической эффективности препаратов, по действующему веществу: 125,0–200,0 мг/га. В работе заняты механизаторы (операторы), специально обученные обращению с пестицидами.

Все работы с пестицидами в условиях открытого грунта осуществлены согласно требованиям СанПиН 1.2.2584-10<sup>8</sup> при скорости ветра не более 4 м/с, относительной влажности воздуха от 40 до 80% и температуре воздуха, указанной в рекомендациях по применению конкретных препаратов.

## Результаты

Представлены результаты исследований, проведённых в ФБУН «Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, по определению в атмосферном воздухе и почве сносов за пределы участка обработки пропиконазола при применении препаратов на его основе в сельском хозяйстве с использованием различных технологий.

При всех технологиях в пробах атмосферного воздуха, отобранных на границе санитарного разрыва, последовательно в течение всего процесса обработки, пропиконазол не обнаружен.

Установлены особенности формирования сносов аэрозоля пропиконазола на почву за пределы обрабатываемого участка в зависимости от вида препаративной формы и технологии применения препаратов на его основе.

При тракторном штанговом опрыскивании полевых культур препаратами в виде концентрата эмульсии практически при одинаковых нормах расхода, на расстоянии 300 м от участка обработки, отмечаются существенные колебания величины сноса пропиконазола на фильтры: от 0,0062 мг/м<sup>2</sup> (1/2 нижнего предела количественного определения) до 0,276±0,043 мг/м<sup>2</sup> (см. таблицу).

При опрыскивании полевых культур как наземным штанговым, так и авиационным методами препаратами в виде концентрата коллоидного раствора в сносах на фильтры на расстоянии 300 и 2000 м соответственно пропиконазол не обнаружен.

Наибольшие сносы пропиконазола за пределы зоны санитарного разрыва (300 м) отмечаются при наземном вентиляторном опрыскивании садо-

<sup>7</sup> МУК 4.1.2404-08. Методические указания по измерению концентраций пропиконазола в атмосферном воздухе населенных мест газожидкостной капиллярной хроматографии. Методы контроля. Химические факторы. М.; 2009.

<sup>8</sup> СанПиН 1.2.2584-10. Гигиенические требования к безопасности процессов испытаний, хранения, перевозки, реализации, применения, обезвреживания и утилизации пестицидов и агрохимикатов. М.; 2010.

**Содержание пропиконазола в седиментационных пробах на фильтрах при применении препаратов на его основе с использованием различных технологий**

№ препарата	Вид препаративной формы	Технология применения	Норма расхода по пропиконазолу, г/га	Содержание пропиконазола в седиментационных пробах <sup>1</sup> (n=6)		Размер разрыва, м
				мг/м <sup>2</sup>	мг/кг	
1	КЭ	Тракторное штанговое опрыскивание	200,0	0,012±0,0017	0,086	300
2	КЭ	опрыскивание полевых культур	125,0	0,276±0,043	1,97	300
3	КЭ		187,5	0,0062*	0,04	300
4	КЭ		200,0	0,0062*	0,04	300
5	КЭ		200,0	0,0125**	0,08	300
6	ККР		200,0	0,0062*	0,04	300
7		Авиаобработка	124,8	0,0125**	0,12	2000
8	ВР	Опрыскивание вручную садов в ЛПХ	196,0	0,016±0,005	0,11	10–15
9	КНЭ	Тракторное вентиляторное опрыскивание садовых культур	120,0	0,484±0,037	3,4	300

Примечание. КЭ – концентрат эмульсии, ККР – концентрат коллоидного раствора, ВР – водный раствор, КНЭ – концентрат наноэмульсии. <sup>1</sup> В пробах пропиконазол не обнаружен при нижнем пределе количественного определения: \* – 0,0125 мг/м<sup>2</sup>; \*\* – 0,025 мг/м<sup>2</sup>.

вых культур препаратом в виде концентрата наноэмульсии: 0,484±0,037 мг/м<sup>2</sup>.

### Обсуждение

Седиментационные пробы являются показателем возможного оседания пестицида на почву за счёт сноса аэрозоля (гидроаэрозоля) препаратов за пределы обрабатываемого участка, поэтому при обнаружении на фильтрах значимых количеств осевшего вещества необходимо оценить их с точки зрения степени опасности для окружающей среды при попадании такого же количества вещества непосредственно на почву. Критерием оценки, обоснованным с позиции комплексного гигиенического нормирования пестицидов, является величина ПДК или ОДК в почве<sup>9</sup>. Сравнение возможно при переводе количественного значения вещества в седиментационных пробах, выраженного в мг/м<sup>2</sup>, в размерность мг/кг почвы. Для этого необходимо знать подвижность действующего вещества в почве по вертикали и объёмную массу почвы данного района.

Известно, что пропиконазол в почве малоподвижен и продвигается в глубину не более чем на 0,1 м [14], следовательно при попадании на почву вещество может быть обнаружено в объёме земли 1,0 м<sup>2</sup> × 0,1 м, т.е. в 0,1 м<sup>3</sup>.

Объёмный вес подмосковных почв в среднем равен 1,4 кг/м<sup>3</sup>, черноземных – 1,04 кг/м<sup>3</sup> [15]. Расчётным путём получаем, что 0,1 м<sup>3</sup> почвы Подмосковья будет весить около 0,14 кг, Краснодарского края, где применяют пестициды авиаметодом, – 0,104 кг.

Исходя из этого величина сноса пропиконазола будет соответствовать ниже приведённому содержанию вещества в почве: 0,012 мг/м<sup>2</sup> – 0,08 мг/кг; 0,276 мг/м<sup>2</sup> – 1,97 мг/кг; 0,016 мг/м<sup>2</sup> – 0,12 мг/кг; 0,0125 мг/м<sup>2</sup> – 0,08 мг/кг; 0,484 мг/м<sup>2</sup> – 3,4 мг/кг (Подмосковье) и 0,0125 мг/м<sup>2</sup> – 0,12 мг/кг (Краснодарский край).

ОДК пропиконазола в почве равна 0,2 мг/кг, следовательно при применении препарата № 2 (см. таблицу) сносы на почву за пределы участка обработки приводят к загрязнению почвы стойким веществом – пропиконазолом, поскольку его содержание в почве (1,97 мг/кг) превышает допустимое почти в 10 раз, что представляет реальную опасность для окружающей среды. Следует отметить, что при применении препаратов с большей нормой расхода в седиментационных пробах, а значит и в почве, пропиконазол практически не обнаруживается. Даже при обработке садовых культур с помощью ручного опрыскивателя препаратом № 8 (см. таблицу) в виде водного раствора в условиях личного подсобного хозяйства сносы на почву на расстоянии 10–15 м от участка обработки идентифицированы на уровне 0,11 мг/кг, т.е. ниже ОДК.

Наибольшая величина сносов на почву пропиконазола – 3,4 мг/кг, превышающая ОДК в 17 раз, отмечается при тракторном вентиляторном опрыскивании высоких садовых культур препаратом в виде концентрата наноэмульсии (препарат № 9).

Причиной существенного сноса и оседания на почву вещества за пределами обрабатываемого участка и санитарного разрыва может быть нарушение технологии опрыскивания, например, при применении препарата № 2 отмечен периодический подъём штанги опрыскивателя над землей

<sup>9</sup> ГН 1.2.3539-18. Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды (перечень). М.: 2018.

выше 1 м, а также обработка при увеличении скорости ветра более 4 м/с (порывы). Существенное превышение величины допустимого содержания пропиконазола в почве при применении препарата № 9 обусловлено способом обработки (вентиляторное опрыскивание) и видом препаративной формы (концентрат наноэмульсии). Очевидно, что применение препарата в виде концентрата наноэмульсии с использованием данной технологии недопустимо.

Гигиеническая значимость седиментационных проб для определения сносов на почву пестицидов за пределы обрабатываемого участка, безусловно, возрастает при пересчёте установленных количеств в размерность мг/кг и сопоставлении их с гигиеническими нормативами. Количественное определение пестицидов в седиментационных пробах (на фильтрах), более доступное по сравнению с методами определения этих же веществ непосредственно в почве, позволяет оперативно установить и оценить степень загрязнения почвы во время непосредственного применения препаратов. Этот метод может быть использован при проведении регистрационных испытаний или гигиенических исследований для оценки конкретной технологии или препарата, но не пригоден для мониторинга. При обнаружении вещества в седиментационных пробах в количествах, представляющих опасность для окружающей среды, необходимо провести анализ выявленного нарушения для принятия решения о возможности применения данного препарата с использованием данной технологии или техники.

Основой безопасного применения пестицидов для населения является минимизация возможности их распространения по воздуху и оседания на почву за пределами обрабатываемого участка, которая обеспечивается соблюдением гигиенических требований, предъявляемых к оборудованию, используемому в сельском хозяйстве, регламентам применения, метеоусловиям во время обработки, и размерам санитарного разрыва между обрабатываемым участком и населёнными пунктами, дорогами и т.д.

### Выводы

1. Определение действующих веществ в седиментационных пробах за счёт сносов за пределы участка обработки в период гигиенических испытаний применения пестицидов в реальных условиях сельскохозяйственного производства – обязательное дополнение к определению веществ в атмосферном воздухе. Седиментационные пробы, являясь накопительными по сути, подтверждают или опровергают результаты аналитического контроля атмосферного воздуха, повышая надёжность результатов исследования и дополнительно гарантируя безопасность применения пестицидов для населения.

2. Идентификация действующих веществ, попавших на специально подготовленные фильтры, с точки зрения аналитического контроля более доступна и менее трудоёмка по сравнению с методами определения остаточных количеств пестицидов непосредственно в почве, которые сопряжены с многостадийными этапами пробоподготовки и измерения.

3. Пересчёт результатов идентификации действующих веществ в седиментационных пробах (мг/м<sup>2</sup>), с учётом их подвижности в почве, объёмной массы почвы, в размерность мг/кг позволяет оценить с гигиенических позиций степень загрязнения почвы.

4. По результатам регистрационных испытаний каждого пестицидного препарата, включающих отбор седиментационных проб для определения распространения действующих веществ за пределы санитарного разрыва, принимается решение о возможности его использования на территории РФ, уточняются регламенты, технологии, нормы расхода, а также разрабатывается инструкция по безопасному применению для работающих и окружающей среды.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Ракитский В.Н. Токсикология пестицидов. *Токсикологический вестник*. 2010; (3): 21-3.
2. Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А. Применение пестицидов. Год 2016-й. *Защита и карантин растений*. 2017; (5): 3-4.
3. Ракитский В.Н., Синицкая Т.А., Громова И.П., Климова Н.Н., Вафина Д.А. Гигиеническое нормирование вещества производного неоникотиноидов в почве. *Гигиена и санитария*. 2016; 95(11): 1016-21.
4. Захаренко В.А. Особенности проявления рисков химического загрязнения, связанного с применением пестицидов. *Защита и карантин растений*. 2017; (6): 3-7.
5. Министерство природы РФ. Оценка степени загрязнения почвы химическими веществами. Часть I. Тяжелые металлы и пестициды. М.; 1982.
6. Зайкова З.А., ред. *Гигиеническая оценка безопасности почвы населенных мест: Учебное пособие*. Иркутск; 2016.
7. Клисенко М.А., Калинина А.А., Новикова К.Ф., Хохолькова Г.А. *Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. Том 1*. М.: Колос; 1992.
8. Клисенко М.А., Калинина А.А., Новикова К.Ф., Хохолькова Г.А. *Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: Справочник. Том 2*. М.: Колос; 1992.
9. Фомин Г.С., Фомин А.Г., ред. *Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам: Справочник*. М.; 2001.
10. Soares C.E., Neves A.A., Queiroz M.E., Oliveira A.F., Costa A.I., Assis R.C., et al. Determination of Pesticides in Soil Using a Hyphenated Extraction Technique. *J. Braz. Chem. Soc.* 2015; 26(9): 1790-7. Available at: <http://jbcbs.sbq.org.br/imagebank/pdf/v26n9a07.pdf>
11. Anwar T., Ahmad I., Tahir S. Determination of Pesticides in Soil of Nawabshah District, Sindh, Pakistan. *Pakistan J. Zool.* 2012;

- 44(1): 87-93. Available at: [https://www.zsp.com.pk/pdf44/87-93%20\\_12\\_%20PJZ-397-10-Revised.pdf](https://www.zsp.com.pk/pdf44/87-93%20_12_%20PJZ-397-10-Revised.pdf)
12. Đurović R., Đorđević T. Modern Extraction Techniques for Pesticide Residues Determination in Plant and Soil Samples. Available at: [https://cdn.intechopen.com/pdfs/20992/InTech-Modern\\_extraction\\_techniques\\_for\\_pesticide\\_residues\\_determination\\_in\\_plant\\_and\\_soil\\_samples.pdf](https://cdn.intechopen.com/pdfs/20992/InTech-Modern_extraction_techniques_for_pesticide_residues_determination_in_plant_and_soil_samples.pdf)
  13. Turner J.A., ed. *The Pesticide Manual*. Alton: BCPS; 2012.
  14. Список пестицидов с описанием RuPest. Available at: <http://rupest.ru>
  15. Большой информационный архив. Общие физические свойства почвы. <https://big-archive.ru/geography/pedology/21.php>
- ### REFERENCES
1. Rakitskiy V.N. Toxicology of pesticides. *Toksikologicheskij vestnik*. 2010; (3): 21-3. (in Russian)
  2. Govorov D.N., Zhivykh A.V., Shabel'nikova A.A. Application of pesticides. The year 2016-th. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017; (5): 3-4. (in Russian)
  3. Rakitskiy V.N., Sinit'skaya T.A., Gromova I.P., Klimova N.N., Vafina D.A. Hygienic regulation of neonicotinoids derivative in the soil. *Gigiena i sanitariya*. 2016; 95(11): 1016-21. (in Russian)
  4. Zakharenko V.A. Features of the manifestation of the risks of chemical pollution associated with the use of pesticides. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2017; (6): 3-7. (in Russian)
  5. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation. Assessment of soil pollution by chemicals. Part I. Heavy metals and pesticides. Moscow; 1982. (in Russian)
  6. Zaykova Z.A., ed. *Hygienic Assessment of Soil Safety in Populated Areas: Textbook [Gigienicheskaya otsenka bezopasnosti pochvy naselennykh mest: Uchebnoe posobie]*. Irkutsk; 2016. (in Russian)
  7. Klisenko M.A., Kalinina A.A., Novikova K.F., Khokhol'kova G.A. *Methods for Determining Microquantities of Pesticides in Food, Feed and the Environment. Volume 1*. Moscow: Kolos; 1992. (in Russian)
  8. Klisenko M.A., Kalinina A.A., Novikova K.F., Khokhol'kova G.A. *Methods for Determination of Microquantities of Pesticides in Food, Feed and the Environment. Volume 2*. Moscow: Kolos; 1992. (in Russian)
  9. Fomin G.S., Fomin A.G., eds. *The Soil. Quality Control and Environmental Safety According to International Standards [Pochva. Kontrol' kachestva i ekologicheskoy bezopasnosti po mezhdunarodnym standartam: Spravochnik]*. Moscow; 2001. (in Russian)
  10. Soares C.E., Neves A.A., Queiroz M.E., Oliveira A.F., Costa A.I., Assis R.C., et al. Determination of Pesticides in Soil Using a Hyphenated Extraction Technique. *J. Braz. Chem. Soc*. 2015; 26(9): 1790-7. Available at: <http://jbcs.sbq.org.br/imagebank/pdf/v26n9a07.pdf>
  11. Anwar T., Ahmad I., Tahir S. Determination of Pesticides in Soil of Nawabshah District, Sindh, Pakistan. *Pakistan J. Zool*. 2012; 44(1): 87-93. Available at: [https://www.zsp.com.pk/pdf44/87-93%20\\_12\\_%20PJZ-397-10-Revised.pdf](https://www.zsp.com.pk/pdf44/87-93%20_12_%20PJZ-397-10-Revised.pdf)
  12. Đurović R., Đorđević T. Modern Extraction Techniques for Pesticide Residues Determination in Plant and Soil Samples. Available at: [https://cdn.intechopen.com/pdfs/20992/InTech-Modern\\_extraction\\_techniques\\_for\\_pesticide\\_residues\\_determination\\_in\\_plant\\_and\\_soil\\_samples.pdf](https://cdn.intechopen.com/pdfs/20992/InTech-Modern_extraction_techniques_for_pesticide_residues_determination_in_plant_and_soil_samples.pdf)
  13. Turner J.A., ed. *The Pesticide Manual*. Alton: BCPS; 2012.
  14. List of pesticides with a description of RuPest. Available at: <http://rupest.ru> (in Russian)
  15. Large information archive. General physical properties of the soil. <https://big-archive.ru/geography/pedology/21.php> (in Russian)