



Ракитский В.Н., Добрева Н.И., Федорова Н.Е., Суслова А.В.

Гигиенические проблемы контроля загрязнения объектов среды обитания хлорорганическими пестицидами (на примере 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтана – ДДТ)

ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия

РЕЗЮМЕ

Многие действующие вещества пестицидов представляют собою смесь изомеров. При попадании в организм человека, на обрабатываемые культуры или под воздействием факторов окружающей среды за определённое время подобная смесь может полностью или частично преобразоваться в соответствующие метаболиты. Подобные метаморфозы компонентов смеси часто приводят, с одной стороны, к многочисленным вопросам при установлении нормативных требований для показателей безопасности, с другой – к затруднениям при оформлении и предоставлении результатов проведённых исследований. В статье данная проблема выносится на обсуждение на примере хлорорганического пестицида дихлордифенилтрихлорэтана – ДДТ, остаточные количества которого в пищевой продукции – один из самых контролируемых показателей безопасности в мире, подлежащий обязательному декларированию во всех видах пищевой продукции в Российской Федерации. Описаны отечественные и международные подходы по нормированию изомеров и метаболитов ДДТ. Рассмотрены некоторые методы определения ДДТ, обеспечивающие выполнение требований нормативных документов. Выявлены и обозначены основные проблемы как нормирования ДДТ, так и методического обеспечения, связанные с неоднозначностью обязательного контроля в любой пищевой продукции показателя безопасности, представленного в ТР ТС 021/2011 и других технических регламентах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на пищевую продукцию и пищевое сырьё как «ДДТ и его метаболиты». Анализ нормативных требований к безопасности пищевой продукции, изложенных в национальных, межгосударственных и международных документах, выполнен по открытым доступным материалам: техническим регламентам Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на пищевую продукцию и пищевое сырьё, документам Комиссии Кодекс Алиментариус, Европейского союза, Управления по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA), законодательным актам Японии, Австралии, Китайской Народной Республики.

Ключевые слова: действующие вещества пестицидов; ДДТ; изомеризация; метаболизм; нормирование; методическое обеспечение; контроль загрязнения

Для цитирования: Ракитский В.Н., Добрева Н.И., Федорова Н.Е., Суслова А.В. Гигиенические проблемы контроля загрязнения объектов среды обитания хлорорганическими пестицидами (на примере 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтана – ДДТ). *Гигиена и санитария*. 2026; 105(7): 708–712. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-7-708-712> <https://elibrary.ru/igbjgy>

Для корреспонденции: Федорова Наталья Евгеньевна, e-mail: analyt1@yandex.ru

Вклад авторов: Ракитский В.Н. – концепция и дизайн исследования; Добрева Н.И., Федорова Н.Е. – концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Суслова А.В. – сбор и обработка материала. Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 23.04.2026 / Поступила после доработки: 15.06.2026 / Принята к печати: 01.07.2026 / Опубликовано: 14.08.2026

Valery N. Rakitskiy, Natalia I. Dobreva, Nataliia E. Fedorova, Alena V. Suslova

Standardization and presentation of analytical results for the detection of organochlorine pesticides susceptible to isomerism and metabolism (using 4,4'-dichlorodiphenyltrichloroethane – DDT as an example)

Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation.

ABSTRACT

Many active ingredients in pesticides are mixtures of isomers. When ingested by humans, crops, or exposed to environmental factors, such a mixture can be completely or partially transformed into the corresponding metabolites over a period of time. Such metamorphoses of mixture components often lead to numerous questions when establishing regulatory requirements for safety indicators and, on the other hand, to difficulties in documenting and presenting research results. This article discusses this issue using the organochlorine pesticide dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT) as an example. Its residues in food products are one of the most closely monitored safety indicators in the world, subject to mandatory declaration on all food products in the Russian Federation. Domestic and international approaches to standardizing DDT isomers and metabolites are described. Several methods for determining DDT, ensuring compliance with regulatory requirements, are considered. The main challenges of both DDT standardization and methodological support are identified and outlined. These challenges stem from the ambiguity of the mandatory safety indicator for any food product, defined in CU TR 021/2011 and other technical regulations of the Eurasian Economic Union (EAEU) for food products and food raw materials as “DDT and its metabolites.” An analysis of regulatory requirements for food safety set out in national, interstate, and international documents was conducted using publicly available materials, including technical regulations of the Eurasian Economic Union (EAEU) for food products and food raw materials, documents of the Codex Alimentarius Commission, the European Union, the US Food and Drug Administration (FDA), and the legislation of Japan, Australia, and the People's Republic of China.

Keywords: active ingredients of pesticides; DDT; isomerization; metabolism; standardization; methodological support; pollution control

For citation: Rakitskiy V.N., Dobreva N.I., Fedorova N.E., Suslova A.V. Standardization and presentation of analytical results for the determination of organochlorine pesticides susceptible to isomerism and metabolism (using 4,4'-dichlorodiphenyltrichloroethane – DDT as an example). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(7): 708–712. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-7-708-712> <https://elibrary.ru/igbjgy> (In Russ.)

For correspondence: Natalia E. Fedorova, e-mail: analyt1@yandex.ru

Contribution: Rakitskiy V.N. – concept and design of the study; Dobreva N.I., Fedorova N.E. – concept and design of the study, collection and processing of material, writing text, editing; Suslova A.V. – collection and processing of material. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Funding. The study had no sponsorship.

Received: April 23, 2026 / Revised: June 15, 2026 / Accepted: July 1, 2026 / Published: August 14, 2026

Нормативные требования к безопасности пищевой продукции изложены в национальных, межгосударственных и международных документах. Для определения показателей безопасности в целом разработаны, метрологически аттестованы и действуют многочисленные методики, позволяющие выполнять процесс измерений: идентифицировать и количественно определять индивидуальные вещества в образце с приемлемой для данных целей погрешностью (неопределённостью). В идеальном варианте при помощи методики определения проводят идентификацию и количественное измерение одного или нескольких индивидуальных веществ, далее оценивается погрешность (неопределённость) каждого измерения. Результат измерения каждого вещества с оценённой погрешностью должен быть представлен в виде, пригодном для оценки безопасности исследуемого образца в соответствии с нормативными требованиями, то есть с возможностью сравнения полученного результата с нормативом контроля, установленным для конкретного вещества. В реальности, особенно при нормировании остаточных количеств пестицидов в пищевой продукции и объектах окружающей среды, показатель контроля может включать в себя как действующее вещество, так и его метаболиты (например, «ДДТ и его метаболиты») или действующее вещество и его изомеры (например, «ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры)»). Существуют и другие ситуации, когда действующее вещество в продукции определяется по его метаболиту, например, «протиоконазол (по протиоконазолу-дестио)».

Приведённые выше формулировки взяты из ТР ТС 021/2011¹ и СанПиН 1.2.3685–21², и в двух последних примерах однозначно указаны контролируемые показатели, хотя и непонятно, как установлен норматив контроля: для суммы изомеров ГХЦГ (α -, β -, γ -изомеры) или для каждого изомера гексахлорциклопексана в отдельности. В третьем примере не указано, нужен ли пересчёт содержания метаболита протиоконазол-дестио на действующее вещество протиоконазол, то есть непонятно, для какого вещества определён норматив контроля.

Самым неоднозначным остаётся обязательный для контроля в любой пищевой продукции показатель безопасности «ДДТ и его метаболиты», представленный в ТР ТС 021/2011 и других технических регламентах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на пищевую продукцию и пищевое сырьё. Термин «ДДТ» общеизвестен во всём мире и обозначает чаще всего, но не всегда, изомер п,п'-ДДТ (1,1,1-трихлор-2,2-бис(4-хлорфенил)этан по номенклатуре ИЮПАК [1]). Структура ДДТ допускает несколько различных изомеров, это п,п'-ДДТ и о,п'-ДДТ (см. рисунок). Также термин «ДДТ» применяется к коммерческим продуктам, состоящим преимущественно из п,п'-ДДТ, а также некоторого количества о,п'-ДДТ и меньших количеств других соединений, являющихся метаболитами действующего вещества, которые в данном случае рассматриваются как примеси (см. рисунок). Типичный пример технического ДДТ: п,п'-ДДТ – 77,1%; о,п'-ДДТ – 14,9%; п,п'-ДДД – 0,3%; о,п'-ДДД – 0,1%; п,п'-ДДЭ – 4%; о,п'-ДДЭ – 0,1%; другие примеси – 3,5% [2].

Возвращаясь к показателям безопасности, необходимо отметить, что возникает множество вопросов как у аналитиков, непосредственно проводящих исследования, и специалистов, оформляющих результаты, так и у разработчиков методик, обеспечивающих выполнение нормативных требований. Согласно межгосударственным нормативам контроля ЕАЭС (ТР ТС 021/2011), нужно контролировать «ДДТ и его метаболиты». Хочется понять, суммарный ли это показатель, какие формы ДДТ необходимо учитывать при разработке методик и при выполнении непосредственно самих исследований. Непонятен формат представления результатов анализа. Кроме того, аккредитоваться на суммарный показатель без чёткого указания, из каких соединений

он состоит, с указанием диапазонов определения каждого соединения невозможно. Во всяком случае, при наличии такого обобщённого без конкретизации норматива контроля можно по формальному признаку все действующие методики определения различных индивидуальных форм ДДТ считать не соответствующими нормативным требованиям в части нормируемого показателя безопасности «ДДТ и его метаболиты».

Пестицид ДДТ относится к исключительно устойчивым органическим загрязнителям. Стокгольмская конвенция в 2001 г. зафиксировала запрет на использование ДДТ в сельском хозяйстве, а в 2019 г. её ратифицировали 183 государства, в том числе Российская Федерация [3]. Конвенция позволяет использовать ДДТ лишь для борьбы с болезнями человека, переносимыми насекомыми (малярией и др.). Вспышки численности вредителей и распространение инфекционных болезней наблюдаются преимущественно в тропических странах, например, в Индии, для которых характерна высокая температура и влажность. Условия окружающей среды в тропических странах также благоприятны для быстрого рассеивания остатков токсичных пестицидов из мест их применения [4–6].

История ДДТ как химического средства защиты растений относится к 1930-м годам, когда были обнаружены эффективные инсектицидные свойства 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтана [4]. Производство ДДТ в промышленных масштабах началось в 1943 г., а пик его применения пришёлся на середину 1960-х годов. Тогда ежегодное мировое производство составляло более 82 тыс. тонн [2, 7].

Совершенствование токсикологических исследований привело к появлению доказательств потенциальных рисков для здоровья человека, связанных с воздействием этого хлорорганического пестицида (ХОП). Были подтверждены токсические эффекты ДДТ, как и многих других ХОП, установлено, что эти вещества наносят вред нецелевым видам, биоаккумулируются в пищевой цепи животных, имеют очень низкую скорость деградации в окружающей среде и даже при полном исключении из системы защиты растений будут длительное время встречаться в различных объектах биосферы [8, 9].

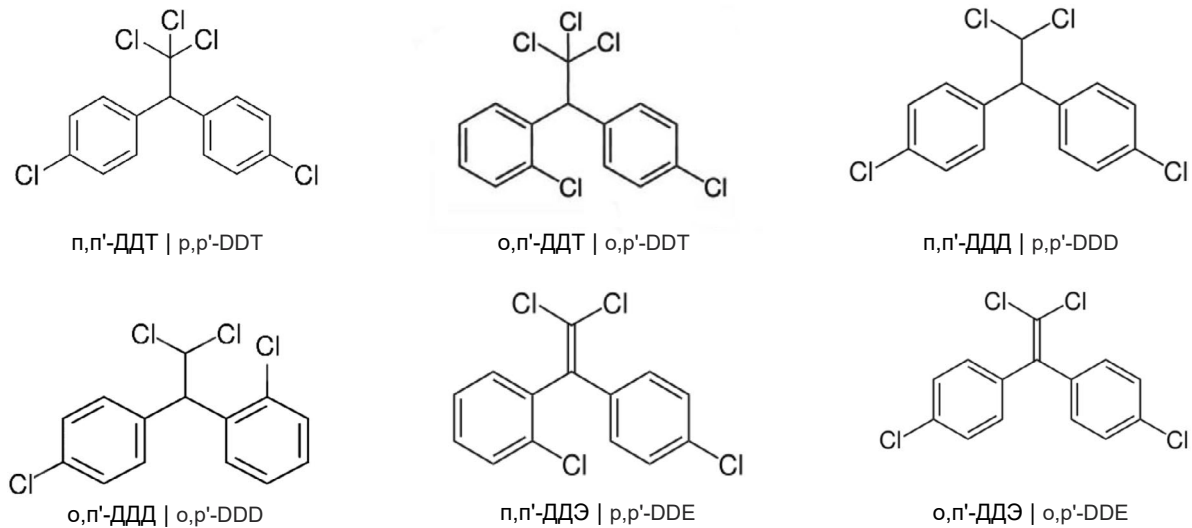
После широкого применения ХОП в течение нескольких лет остатки веществ наблюдаются не только в почве и растениях. По причине относительной стабильности и способности к биоаккумуляции эти стойкие химические вещества могут переноситься и накапливаться на более высоких трофических уровнях по пищевой цепи. Следовательно, остатки ХОП присутствуют в жирной пище как животного (мясо, птица, рыба, яйца и молоко), так и растительного (растительное масло, орехи, авокадо, кунжут, овёс, оливки) происхождения. Кроме того, ХОП широко распространены в окружающей среде, что обеспечивает ещё один путь нежелательного поступления в организм человека. Тем не менее воздействие на человека по-прежнему происходит в основном через низкоуровневое загрязнение пищевых продуктов. Таким образом, мониторинг остатков ХОП в пищевых продуктах становится рутинным анализом в лабораториях мониторинга пестицидов во всём мире.

Установлено, что стойкие остатки ХОП распространены, к сожалению, в некоторых продуктах питания несмотря на то, что пестициды не продавались на рынке более 30 лет. В 25% образцов свежих органических продуктов были найдены остатки пестицидов, а в обычных образцах этот показатель достигал 75%. Среди загрязнённых органических овощей $\approx 60\%$ были загрязнены ХОП [10]. Официально единственным производителем и экспортёром ДДТ в мире остаётся Индия, однако предполагается, что производства ДДТ существуют также в Китае и Вьетнаме.

Для избирательной борьбы с насекомыми – переносчиками болезней человека разработали два метода использования ДДТ и его аналогов. IRS – метод распыления веществ внутри помещений, который появился в 1950-х годах во время массовых кампаний по борьбе с малярией. Маля-

¹ ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции».

² СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».



Основные изомеры ДДТ и его метаболитов.
The main DDT and its metabolites isomers.

рийный комар, который уже укусил человека-переносчика, некоторое время остаётся в доме, и обработка стен приводит к тому, что комар умирает, не успев вылететь из него. Второй вариант – противомоскитные сетки, обработанные химикатами (ITN), то есть метод, при котором ДДТ наносится не на поверхности помещения, а на сетки, которыми люди укрываются во сне. Именно к этой технологии обратились в начале XXI века Китай, Вьетнам и Соломоновы Острова – страны, страдающие от вспышек малярии [12, 13]. Современные сетки содержат действующие вещества, сохраняющие эффективность до трёх лет, что избавляет от необходимости повторной обработки, сложно осуществимой в районах эпидемии. За последние 20 лет было зарегистрировано более 400 патентных заявок на подобные

приспособления [11–13]. Производство и эксплуатация этих сеток создают потенциальные источники загрязнения объектов окружающей среды стойким ХОП [14–17].
Дополнительный источник ДДТ в окружающей среде – производство акарицида дикофола (2,2,2-трихлор-1,1-бис(4-хлорфенил)этанол) [18]. Дикофол производится из технического ДДТ путём его гидроксилирования, сообщается о содержании в нём от 0,1 до 24,4% ДДТ. В ряде стран существуют правила, регулирующие содержание ДДТ (сумма изомеров) в коммерческом дикофоле, – не более 0,1%. Дикофол производится в замкнутой системе, но ненадлежащие производственные практики могут привести к выбросам. Исследование процесса производства дикофола в замкнутой системе в Китае выявило ДДТ в воздухе поме-

ДДТ – функциональный класс: инсектицид
DDT – functional class: insecticide

Товар Commodity	МДУ, мг/кг MRL, mg/kg/ ppm	Год принятия Year of adoption	Символ Symbol	Примечание Note
Морковь / Carrot	0.2	1997	E***	–
Зерновые культуры (группа) / Cereal grains (group)	0.1	–	E***	–
Яйца / Eggs	0.1	1997	E***	–
Мясо (млекопитающих, за исключением морских млекопитающих) Meat (from mammals other than marine mammals)	5	2001	E*** (жир / fat)*	ЕМДУ: 1–5 (мг/кг)/(ppm)**** EMRL: 1–5 (mg/kg)/(ppm)****
Молоко / Milks	0.02	1997	F**, E***	–
Мясо птицы / Poultry meat	0.3	2003	E*** (жир / fat)*	ЕМДУ: 0,1–0,3 (мг/кг)/(ppm)**** EMRL: 0.1–0.3 (mg/kg)/(ppm)****
Другая информация / Other information	Информация, относящаяся к JMPR / JMPR-related information			
ДСД/ВДСД / ADI/PTDI:	0.01 мг/кг массы человека – 2000 год / 0.01 mg/kg bw – 2000			
Определение остатка Residue definition	Сумма п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ, п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД (жирорастворимые) Sum of p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDE and p,p'-TDE (DDD) (fat-soluble)			

Примечание. Перевод текста Комиссии Кодекс Алиментариус выполнен авторами. С оригинальным текстом можно ознакомиться по ссылке [22]. * (жир / fat): (для мяса / for meat) максимально допустимые уровни остаточного содержания (МДУ / ЕМДУ) относятся к жиру мяса; ** F (для молока / for milks): остаток является жирорастворимым, а максимально допустимые уровни остаточных веществ для молочных продуктов определяются согласно разделу «Максимально допустимые уровни остаточных веществ / Дополнительные максимально допустимые уровни остаточных веществ для молока и молочных продуктов согласно Кодексу»; *** E (только для МДУ / only for MRLs): максимально допустимый уровень остатков (MRL) основан на посторонних остатках; **** EMRL относится к остаткам пестицидов или загрязняющим веществам, образующимся из источников окружающей среды (включая бывшее сельскохозяйственное использование), за исключением прямого или косвенного применения пестицида или загрязняющего товар вещества.
Note: The translation of the Codex Alimentarius Commission text was made by the authors. The original text can be found at [22]. * The MRL/ EMRL applies to the fat of meat; ** The residue is fat soluble and MRLs for milk products are derived as explained in "Codex Maximum Residue Limits / Extraneous Maximum Residue Limits (EMRL) for Milk and Milk Products"; *** The MRL is based on extraneous residues; **** EMRL applies to pesticide residues or contaminants originating from environmental sources (including former agricultural use), excluding direct or indirect application of the pesticide or commodity contaminant.

щений, сточных водах и конечном продукте. Большая часть ДДТ, выброшенного в окружающую среду, была связана с использованием дикофола и оценивалась в 1080 кг на п,п'-ДДТ в год. Концентрации ДДТ в атмосфере над озером Тайху недалеко от Шанхая были идентифицированы как связанные с производством дикофола на заводе на северной стороне озера [19].

Остаточные количества ДДТ в пищевой продукции — один из самых контролируемых показателей безопасности в мире [20, 21], в Российской Федерации они подлежат обязательному декларированию во всех видах пищевой продукции. При этом соответствие обнаруженных величин контаминации законодательно установленным предельно допустимым уровням имеет решающее значение в оценке безопасности продукции.

Описанная выше неопределённость формулировки показателя безопасности в ТР ТС 021/2011 и других технических регламентах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на пищевую продукцию и пищевое сырьё («ДДТ и его метаболиты») послужила основанием для анализа подходов, используемых для выявления нормируемых форм ДДТ в развитых странах, начиная с международного подхода, предлагаемого Комиссией Кодекс Алиментариус (далее — Кодекс). В качестве примера в **таблице** представлены международные максимальные допустимые уровни (МДУ) Кодекса, а также дано определение нормируемой формы ДДТ. Как видно из таблицы, Кодекс предлагает определение ДДТ как «суммы п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ, п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД» [22].

Многие страны мира, использующие для контроля пищевой продукции национальные нормативы (за исключением США), имеют сходные алгоритмы определения ДДТ. Ниже приведены примеры описания показателя безопасности сельскохозяйственного химиката ДДТ в некоторых странах.

В Японии понятие сельскохозяйственный химикат ДДТ включает также ДДД и ДДЭ. Нормативно допустимые концентрации (nMRL) для ДДТ установлены как «сумма остатков п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ, п,п'-ДДТ и о,п'-ДДТ» [23], что полностью соответствует Кодексу. Аналогичный подход к данному химикату принят в Китае: «сумма остатков п,п'-ДДД, п,п'-ДДЭ, п,п'-ДДТ и о,п'-ДДТ» [24]. Несколько иной подход в Европейском союзе (ЕС): ДДТ определяется как «сумма п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ, п-п'-ДДЭ и п,п'-ТДЭ (ДДД) в пересчёте на ДДТ» [25]. В Австралии приняты национальные нормативы контроля, при этом ДДТ рассматривается так же, как и в Кодексе: «сумма п,п'-ДДТ, о,п'-ДДТ, п,п'-ДДЭ и п,п'-ТДЭ (ДДД)» [26]. В США службой FDA (Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США) ДДТ отнесён к группе «неизбежных» остатков пестицидов в пищевых продуктах и кормах (unavoidable pesticide residues in food and feed commodities) в виде ДДТ, ДДЭ и ДДД, для которых установлены допустимые уровни содержания в продукции. В пояснении к нормативам указано, что «допустимые уровни содержания относятся к остаткам вышеуказанных веществ по отдельности или в комбинации». Однако при подсчёте количества ДДТ, ДДД и ДДЭ не учитывается ни одно из этих трёх веществ, если концентрации ниже 0,02 ppm (мг/кг) в нежирных продуктах и 0,2 ppm (мг/кг) в рыбе, яйцах и зерновых [27]. Без сомнения, данный подход не так однозначен, как рассмотренные выше.

Попробуем разобраться на конкретном примере: для моркови установлен норматив ДДТ, ДДД и ДДЭ 3 мг/кг [27]. При анализе образца были обнаружены: п,п'-ДДТ — 0,6 мг/кг; о,п'-ДДТ — 0,016 мг/кг; п,п'-ДДД — 0,012 мг/кг; о,п'-ДДД — 0,016 мг/кг; п,п'-ДДЭ — 2,8 мг/кг; о,п'-ДДЭ — 0,011 мг/кг. При представлении результатов учитываем п,п'-ДДТ — 0,6 мг/кг и п,п'-ДДЭ — 2,8 мг/кг, отбрасываем остальные, так как получены значения менее 0,02 мг/кг. Получаем неоднозначный результат: для индивидуальных веществ не наблюдается превышение норматива, для суммарного значения получаем 3,4 мг/кг, что превышает допустимый уровень. При отсутствии прямых указаний, какие точно

формы ДДТ необходимо контролировать, предполагаем, что контролю подлежат все формы изомеров и метаболитов.

Возвращаясь к проблеме интерпретации показателя безопасности «ДДТ и его метаболиты», нужно отметить, что отсутствие чёткого определения состава данного показателя уже привело к разночтениям в методиках, обеспечивающих соблюдение нормативных требований. Например, в методике, изложенной в ГОСТ 32122—2013³ на масла растительные, рассматриваются основной и наиболее устойчивый изомер п,п'-ДДТ, а также его метаболиты п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД. В методике из ГОСТ 32308—2013⁴ на мясо и мясные продукты из п. 4 «Средства измерений, вспомогательное оборудование, материалы и реактивы» можно понять, что объектами исследований являются о,п'- и п,п'-ДДТ; о,п'- и п,п'-ДДД; о,п'- и п,п'-ДДЭ, то есть изомеры ДДТ и изомеры его метаболитов. В области применения ГОСТ ISO 3890—1—2013⁵ на молоко и молочные продукты указано, что методы применяются для изомеров ДДТ, ДДЭ, ДДД, что подразумевает шесть форм ДДТ. В плодоовощной продукции, согласно ГОСТ 30349—96⁶, предлагается определять ДДТ в виде 4,4'-дихлордифенилтрихлорэтана (п,п'-ДДТ) и его метаболитов: ДДД в виде 4,4'-дихлордифенилдихлорэтана (п,п'-ДДД) и ДДЭ в виде 4,4'-дихлордифенилдихлорэтилена (п,п'-ДДЭ). Во всех перечисленных выше методиках предлагается индивидуальное представление полученных результатов анализа. Изучая различные методы определения ДДТ, мы обнаружили, что большинство методов для продукции животного происхождения рассматривает все изомеры ДДТ и его метаболиты ДДД и ДДЭ, а в методиках для продукции растительного происхождения рассматриваются основные, они же наиболее стабильные в окружающей среде, п,п'-ДДТ и его метаболиты п,п'-ДДЭ и п,п'-ДДД.

На основе проведённого анализа, констатации отнесения ДДТ к группе «неизбежных» остатков пестицидов в пищевых продуктах, с учётом имеющихся ограничений использования ДДТ, преобладающего содержания в продукте именно изомера п,п'-ДДТ, а также возможности идентификации в пищевой продукции только одного из рассматриваемых соединений полагаем целесообразным использовать следующий подход к уточнению показателя «ДДТ и его метаболиты»: п,п'-ДДТ (4,4'-дихлордифенилтрихлорэтан), п,п'-ДДД (4,4'-диэтилдифенилдихлорэтан) и п,п'-ДДЭ (4,4'-дихлордифенилдихлорэтилен) с возможным уточнением — «допустимые уровни содержания относятся к остаткам вышеуказанных веществ по отдельности или в комбинации».

Заключение

Очевидные противоречия национальных нормативов, изложенных в СанПиН 1.2.3685—21, и межгосударственных, изложенных в ТР ТС 021/2011 и других технических регламентах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на пищевую продукцию и пищевое сырьё, отсутствие чётких и ясных указаний о представлении полученных результатов для оценки безопасности продукции обусловили необходимость преодоления данной проблемы. Надеемся, что экспертное сообщество России и ЕАЭС найдёт научно обоснованные пути решения этой задачи и в ближайшей перспективе разрешит сложившуюся ситуацию, внося соответствующие изменения в нормативную документацию.

³ ГОСТ 32122—2013. Межгосударственный стандарт. Масла растительные. Определение хлорорганических пестицидов методом газожидкостной хроматографии.

⁴ ГОСТ 32308—2013. Межгосударственный стандарт. Мясо и мясные продукты. Определение содержания хлорорганических пестицидов методом газожидкостной хроматографии.

⁵ ГОСТ ISO 3890—1—2013. Межгосударственный стандарт. Молоко и молочные продукты. Определение остаточного содержания хлорорганических соединений (пестицидов).

⁶ ГОСТ 30349—96. Межгосударственный стандарт. Плоды, овощи и продукты их переработки. Методы определения остаточных количеств хлорорганических пестицидов.

Литература / References

- Eurner J.A., ed. *The Pesticide Manual: A World Compendium*. Aldershot, Hampshire: BCP; 2018: 307–8.
- WHO. DDT and its derivatives. Environmental Health Criteria No. 9; 1979. Available at: <https://who.int/publications/i/item/9241540699>
- Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). Available at: <https://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/AllPOPs/tabid/2509>
- Aktar M.W., Sengupta D., Chowdhury A. Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdiscip. Toxicol.* 2009; 2(1): 1–12. <https://doi.org/10.2478/v10102-009-0001-7> <https://elibrary.ru/vmnyxl>
- Chandra R., Sharpanabharathi N., Prusty B.A.K., Azeez P.A., Kurakalva R.M. Organochlorine pesticide residues in plants and their possible ecotoxicological and agri food impacts. *Sci. Rep.* 2021; 11(1): 17841. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97286-4> <https://elibrary.ru/rojbhu>
- Lammel G., Klánová J., Erić L., Ilić P., Kohoutek J., Kovacic I. Sources of organochlorine pesticides in air in an urban Mediterranean environment: volatilisation from soil. *J. Environ. Monit.* 2011; 13(12): 3358–64. <https://doi.org/10.1039/c1em10479a>
- WHO. International Programme on Chemical Safety. DDT: Poison Information Monograph 127. Available at: <http://incchem.org/documents/pims/chemical/pim127.htm>
- Tursov V., Rakitsky V., Tomatis L. Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT): ubiquity, persistence, and risks. *Environ. Health Perspect.* 2002; 110(2): 125–8. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110125> <https://elibrary.ru/lhivdt>
- Geisz H.N., Dickhut R.M., Cochran M.A., Fraser W.R., Ducklow H.W. Melting glaciers: a probable source of DDT to the Antarctic marine ecosystem. *Environ. Sci. Technol.* 2008; 42(11): 3958–62. <https://doi.org/10.1021/es702919n>
- Benbrook C.M. Organochlorine residues pose surprisingly high dietary risks. *J. Epidemiol. Community Health.* 2002; 56(11): 822–3. <https://doi.org/10.1136/jech.56.11.822>
- WHO. WHO guidelines for malaria, 13 August 2025; 2025. <https://doi.org/10.2471/B09514>
- Kayawe B. Widespread use of DDT for malaria control worries environmentalist; 2022. Available at: <https://africarenewal.un.org/en/magazine/widespread-use-ddt-malaria-control-worries-environmentalist>
- Chapin G., Wasserstrom R. Agricultural production and malaria resurgence in Central America and India. *Nature.* 1981; 293(5829): 181–5. <https://doi.org/10.1038/293181a0>
- Messenger L.A., Shililu J., Irish S.R., Anshebo G.Y., Tesfaye A.G., Ye-Ebiyo Y., et al. Insecticide resistance in *Anopheles arabiensis* from Ethiopia (2012–2016): a nationwide study for insecticide resistance monitoring. *Malar. J.* 2017; 16(1): 469. <https://doi.org/10.1186/s12936-017-2115-2> <https://elibrary.ru/axadwy>
- Bouwman H., Sereda B., Meinhardt H.M. Simultaneous presence of DDT and pyrethroid residues in human breast milk from a malaria endemic area in South Africa. *Environ. Pollut.* 2006; 144(3): 902–17. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.02.002>
- Mishra K., Sharma R.C. Assessment of organochlorine pesticides in human milk and risk exposure to infants from North-East India. *Sci. Total. Environ.* 2011; 409(23): 4939–49. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.07.038> <https://elibrary.ru/pikjll>
- Chao H.R., Wang S.L., Lin T.C., Chung X.H. Levels of organochlorine pesticides in human milk from central Taiwan. *Chemosphere.* 2006; 62(11): 1774–85. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2005.07.036> <https://elibrary.ru/mgcuyl>
- Qiu X., Zhu T., Yao B., Hu J., Hu S. Contribution of dicofol to the current DDT pollution in China. *Environ. Sci. Technol.* 2005; 39(12): 4385–90. <https://doi.org/10.1021/es050342a> <https://elibrary.ru/mfefax>
- Li S., Tian Y., Ding Q., Liu W. The release of persistent organic pollutants from a closed system dicofol production process. *Chemosphere.* 2014; 94: 164–8. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.09.090>
- Yess N.J., Gunderson E.L., Roy R.R. U.S. Food and Drug Administration monitoring of pesticide residues in infant foods and adult foods eaten by infants/children. *J. AOAC Int.* 1993; 76(3): 492–507. <https://doi.org/10.1093/jaoac/76.3.492>
- FDA. Food and drug administration pesticide program – residue monitoring – 1997; 1998.
- Codex Alimentarius. Pesticide Detail. Available at: https://fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestres/pesticide-detail/en/?p_id=142
- The Japan Food Chemical Research Foundation. Maximum Residue Limits (MRLs) List of Agricultural Chemicals in Foods. Available at: https://db.ffcr.or.jp/front/pesticide_comp
- Chinese Standard GB 2763-2021. National food safety standard – Maximum residue limits of pesticides in food. Available at: <https://chinesestandard.net/PDF/BOOK.aspx/GB2763-2021>
- EU Pesticides Database. Available at: <https://ec.europa.eu/food/plant/pesticides/eu-pesticides-database/start/screen/mrls>
- Agricultural and Veterinary Chemicals Code Instrument No. 4 (MRL Standard); 2012. Available at: <https://legislation.gov.au/F2012L02501/latest/text>
- CPG Sec. 575.100 Pesticide Residues in Food and Feed - Enforcement Criteria; 1995. Available at: <https://fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/cpg-sec-575100-pesticide-residues-food-and-feed-enforcement-criteria>

Сведения об авторах

Ракитский Валерий Николаевич, доктор мед. наук, профессор, академик РАН, научный руководитель Института гигиены, токсикологии пестицидов и химической безопасности ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: vtoch@yandex.ru

Добрева Наталья Ивановна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отд. аналитических методов контроля ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия.

Федорова Евгеньевна, доктор биол. наук, гл. науч. сотр. отд. аналитических методов контроля ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: analyt1@yandex.ru

Суслова Алена Вячеславовна, мл. науч. сотр. отд. аналитических методов контроля ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия.

About the authors

Valery N. Rakitskiy, DSc (Medicine), academician of RAS, scientific director, Institute of Hygiene, Pesticide Toxicology and Chemical Safety, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9959-6507> E-mail: vtoch@yandex.ru

Natalia I. Dobрева, PhD (Biology), senior researcher, Department of an Analytical Control Methods, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-9415-1007>

Natalia E. Fedorova, DSc (Biology), chief researcher, Department of an Analytical Control Methods, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8278-6382> E-mail: analyt1@yandex.ru

Alena V. Suslova, junior researcher, Department of an Analytical Control Methods, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-8181-4409>