

УДК 574.24:615.322

DOI 10.34014/2227-1848-2024-1-115-129

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ХЛОРОРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Дьякова

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, Россия

Целью настоящего исследования являлось изучение особенностей накопления наиболее опасных хлорорганических пестицидов в лекарственном растительном сырье, произрастающем в агроценозах Воронежской области.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды лекарственного растительного сырья, широко распространенные в средней полосе России, являющиеся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной растительности: листья крапивы двудомной, листья подорожника большого, цветки пижмы обыкновенной, цветки липы сердцевидной, траву пустырника пятилопастного, траву полыни горькой, траву тысячелистника обыкновенного, траву горца птичьего, корни лопуха большого, корни одуванчика лекарственного. Также отбирали пробы верхних слоев почв. Определяли содержание в лекарственном растительном сырье и верхних слоях почв дихлордифенилтрихлорэтана, гексахлорциклогексана, гексахлорана, алдрина. Исследования проводили на газовом хроматографе «Цвет 500М» с микрошприцевым дозатором, стеклянными капиллярными разделительными колонками и пламенно-ионизационным детектированием.

Результаты. Исследования образцов верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья показали практическое отсутствие хлорорганических пестицидов в анализируемом материале: содержание гексахлорциклогексана и его изомеров (в сумме) составляло менее 0,001 мг/кг, а для дихлордифенилтрихлорэтана и его метаболитов (в сумме) – менее 0,007 мг/кг при полном отсутствии алдрина и гексахлорана. Полученные результаты выгодно отличают изучаемый регион от других субъектов Российской Федерации, где периодически выявляются высокие концентрации хлорорганических пестицидов как в почве, так и в растительных объектах, что открывает значительные перспективы для культивирования и заготовки дикорастущих растений в Воронежской области.

Ключевые слова: Воронежская область, лекарственное растительное сырье, хлорорганические пестициды.

Введение. Актуальной эколого-гигиенической проблемой нашей страны являются ускоряющиеся темпы роста разнообразия и количества применяемых пестицидов. По данным ВОЗ, к пестицидам относятся различные химические средства, предназначенные для борьбы с любыми вредными организмами: гербициды, инсектициды, фунгициды, зооциды и др. К пестицидам также относятся химические вещества, используемые в качестве регуляторов роста растений, применяемые для обработки растительной продукции перед заготовкой или после нее, увеличения сроков хранения, а также десиканты и дефолианты. В документах ВОЗ также фигурирует понятие «остаточные пестициды», к которым относят

специфические вещества в продуктах питания и кормах, образующиеся в результате использования пестицидов (метаболиты, гидролизаты и другие продукты их превращений). Остаточные пестициды могут накапливаться в лекарственном растительном сырье (ЛРС) при проведении различных видов сельскохозяйственной обработки семян растений, их выращивании и хранении [1, 2].

Наиболее опасными пестицидами в настоящее время заслуженно признаны хлорорганические в силу их высокой токсичности, медленного метаболизма в живых организмах, способности к биоаккумуляции и миграции по биологическим цепям. К данной группе пестицидов относятся дихлордифенилтрихлорэтан

(ДДТ), гексахлорциклогексан (ГХЦГ), гексахлоран, алдрин. Все они являются предшественниками еще более токсичных полиароматических углеводородов – веществ диоксиновой группы. При оценке и прогнозировании опасности хлорорганических пестицидов определяющими факторами являются их стабильность во внешней среде, кумулятивные свойства и отдаленные последствия их применения. Кроме того, хлорорганические пестициды достаточно летучи, способны переноситься на большие расстояния по воздуху, потоками воды и живыми организмами. Например, ледниковый панцирь Антарктиды, расположенный за десятки тысяч километров от территорий использования ДДТ, накопил более 2000 т данного пестицида [3, 4].

ДДТ является инсектицидом, используемым против комаров, саранчи и вредителей бобовых культур, хлопка. Пик мирового применения ДДТ пришелся на 60-е гг. XX в. В настоящее время запрещен к применению во многих странах, так как эффективно кумулируется в жировой ткани животных и человека. На территории России практически использовался до 80-х гг. прошлого столетия. Однако и сегодня выбрасывается в атмосферу промышленными предприятиями и используется в ряде развивающихся стран. ВОЗ одобряется применение ДДТ для борьбы с малярийными комарами. Большие количества ДДТ могут сбрасываться в гидросферу и атмосферу (остатки прошлого использования и продукты распада). ДДТ и его метаболиты обладают летучими свойствами, поэтому могут обнаруживаться в высоких концентрациях вдали от известных источников использования. Водные организмы более чувствительны к действию ДДТ, чем наземные. Так, в концентрации 0,1 мкг/л ДДТ полностью угнетает рост зелёных водорослей. ДДТ является возможным человеческим канцерогеном. Его изомеры проявляют антиандрогенные и эстрогенные свойства. Есть данные о нейротоксическом, иммуносупрессорном действии ДДТ, а также о подавлении им фертильности. Допустимая доза для человека составляет 0,01 мг/кг массы тела в сутки. При этом поступление ДДТ в организм с пищей может превышать данную допустимую дозу, осо-

бенно в развивающихся странах, где пестицид применяют в санитарных целях [5–7].

ГХЦГ используется для культивирования ряда овощей, ягод и фруктов, обработки семян, очень активно – в лесном хозяйстве. В России его применение запрещено с 90-х гг. XX в. Однако производные ГХЦГ часто встречаются в экологических пробах из-за прошлого использования в качестве инсектицида. В связи с высокой токсичностью масштабы применения ГХЦГ уменьшаются. Применение γ -изомера ГХЦГ (линдана) возможно при внесении в верхние слои почвы, протравливании семян, обработке древесины, без использования самолетов, не ближе 2-километровой зоны от водоемов, в быту в закрытых помещениях. α - и γ -изомеры ГХЦГ растворимы в воде, при попадании в организм человека хорошо выводятся почками и не обладают способностью к биоконцентрации. Линдан часто определяется в морской воде и почве, но в живых организмах его концентрации невысоки. Остатки ГХЦГ встречаются в пробах воды и воздуха повсеместно, при этом в северных широтах чаще и больше, чем в средних, где расположены основные источники загрязнения. Частой примесью линдана является β -изомер ГХЦГ. Он малорастворим в воде, его накопление в живых организмах значительно выше. До 90 % изомеров ГХЦГ поступает в организм человека с пищей, другие механизмы их воздействия возможны при обработке мест проживания населения инсектицидами. ГХЦГ относится к токсикантам кожнорезорбтивного действия, вызывает гиперемиию кожи с появлением пузырьков, раздражение конъюнктивы глаза. ГХЦГ является возможным канцерогеном, способен накапливаться в жировой ткани, оказывать гематотоксическое действие, поступать в молоко кормящих женщин. Концентрация β -изомера ГХЦГ в грудном молоке составляет 0,1–0,69 мг/кг, а линдана – не более 0,1 мг/кг. Допустимая доза для человека – 0,001 мг/кг массы тела в сутки [5, 6, 8].

Алдрин – хлорорганический чрезвычайно токсичный и стойкий контактный и кишечный инсектицид, гербицид, применяемый для борьбы с комарами и саранчой, протравки семян, борьбы с сорняками хлопчатника. Биохимически

мически не разлагается, относится к одним из самых опасных пестицидов, широко применяемым в 70-е гг. прошлого века, в настоящее время запрещен во многих странах мира. Алдрин объединяет в себе группу соединений, включающую его производные. В СССР и РФ применение алдрина всегда было под запретом. Накапливается в почве, долго сохраняясь в ней и частично превращаясь в более токсичный диелдрин, из песчаных почв может испаряться. Аккумулируется в растениях, особенно в злаковых, легко мигрирует по трофическим цепям. Может легко проникать в подземные воды. Липофилен, легко проникает через кожу, кумулируется в жировой ткани, наиболее опасен при ингаляционном воздействии: ЛД₁₀₀ составляет 12 мг/кг массы тела в сутки [7, 9].

Гептахлор – хлорорганический высоко-токсичный инсектицид контактного действия, с 1953 г. используемый США в сельском хозяйстве для выращивания кукурузы, сахарного тростника, подсолнечника сорго, а также для протравки семян. Эффективен против жуков-вредителей и их личинок. С 2001 г. его производство и применение запрещено. Устойчив к биохимическому разложению. Накапливается и долго сохраняется в почве, превращаясь в эпоксид гептахлора, отличающийся более высокой токсичностью. Липофилен, легко всасывается кожей, в организме теплокровных превращается в эпоксидную форму, кумулируется в жировой ткани, наиболее опасен при ингаляционном воздействии: ЛД₅₀ составляет 20 мг/кг массы тела в сутки [7, 10].

С целью увеличения экспортного потенциала сельскохозяйственной отрасли количество вносимых в почву удобрений и ядохимикатов ежегодно возрастает в геометрической прогрессии. Так, по официальным данным, в 2015 г. применение только минеральных удобрений отмечалось на уровне 2 млн т в год, в 2020 г. – 4 млн т, а к 2025 г., по прогнозам, достигнет отметки в 8 млн т. В Воронежской области при общей площади пахотных земель 3,0 тыс. га использование химических средств защиты составляет более 1,5 тыс. т в год. По данным за прошедшее десятилетие, наивысший уровень химизации в сельском хозяйст-

ве выявлен в Лискинском районе области (36,2 кг/га). Также высокий ее уровень (более 30 кг/га) отмечен в Верхнехавском, Ольховатском, Хохольском, Подгоренском, Россошанском, Репьевском, Панинском районах, преимущественно находящихся на северо-западе и западе области [11].

В Воронежской области имеется свыше 700 сельскохозяйственных растениеводческих объектов, использующих пестициды и агрохимикаты. Важной проблемой в обороте ядохимикатов является утилизация непригодных агропрепаратов. В области функционирует программа «Экология и природные ресурсы Воронежской области», в рамках которой проводится утилизация пестицидов, в т.ч. ликвидация несанкционированных свалок. Всего за последнее десятилетие на спецполигонах для захоронения утилизировано более 100 т бесхозных пестицидов. Несмотря на это, ежегодно в Воронежском регионе фиксируются новые случаи обнаружения несанкционированных свалок ядохимикатов [12, 13].

По данным ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии Воронежской области» на 2013 г., после исследования более 5800 проб объектов окружающей среды в регионе выявлялось превышение предельно допустимых концентраций пестицидов в 2,1 % исследуемых проб почв и 1,6 % проб атмосферного воздуха. В наибольшей степени неблагополучными по концентрации данной группы поллютантов признаны пробы воздуха и почв, отобранные в Лискинском районе. Превышение гигиенических нормативов отмечено для следующих пестицидов: ДДТ и его метаболиты, α -, β -, γ -изомеры ГХЦГ, банкол, децис, малатион. Наиболее часто выявлялось превышение допустимых норм содержания производных ГХЦГ [4, 12, 13].

Известно, что пестициды могут загрязнять как культивируемое, так и дикорастущее ЛРС. Исследования дикорастущего ЛРС Курской области, проведенные на основе изучения химического состава листьев крапивы двудомной, травы зверобоя продырявленного, листьев мать-и-мачехи, листьев подорожника большого, показали его загрязнение фосфорорганическими и хлорорганическими пестицидами. Так, содержание γ -ГХЦГ (линдана) до-

стигало 0,61 мг/кг, что существенно превышает его предельно допустимую концентрацию [14].

Таким образом, в настоящее время из хлорорганических пестицидов в почве чаще всего обнаруживают ГХЦГ и его изомеры, а также ДДТ и его метаболиты. Данная группа пестицидов является самой токсичной и устойчивой в окружающей среде. Хлорорганические пестициды способны эффективно накапливаться в живых организмах. Несмотря на запрет применения отдельных соединений данной группы, их остаточные количества ежегодно находят в различных объектах окружающей среды, в т.ч. и лекарственных растениях. Эколого-гигиенический контроль содержания остаточных пестицидов в ЛРС чрезвычайно важен с точки зрения безопасности пациентов. Наличие остаточных пестицидов может быть причиной развития побочных эффектов в результате приема препаратов, их содержащих [15, 16].

Анализ зарубежных фармакопей (Европейской, Британской, США, Японской, Белорусской, Украинской) показал, что выявление пестицидов в ЛРС основано на общем принципе: экстракция, очистка и определение. При этом требования большинства фармакопей сходны. Так, фармакопея США, а также Европейская, Британская, Белорусская фармакопеи предлагают одинаковую методику определения пестицидов, в соответствии с которой экстракцию проводят ацетоном, а для качественного и количественного определения используют метод газовой хроматографии. Требования отечественной ОФС.1.5.3.0011.15 «Определение содержания остаточных пестицидов в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах» имеют аналогичные принципы [1, 5, 14, 15].

Цель исследования. Изучение особенностей накопления наиболее опасных хлорорганических пестицидов в лекарственном растительном сырье, произрастающем в агроценозах Воронежской области.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использовали фармакопейные виды ЛРС, широко распространенные в средней полосе России, являющиеся характерными представителями как естественных растительных сообществ, так и синантропной

растительности: листья крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.), листья подорожника большого (*Plantago major* L.), цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.), цветки липы сердцевидной (*Tilia cordata* Mill.), траву пустырника пятилопастного (*Leonurus quinque-lobatus* Gilib.), траву полыни горькой (*Artemisia absinthium* L.), траву тысячелистника обыкновенного (*Achillea millefolium* L.), траву горца птичьего (*Polygonum aviculare* L.), корни лопуха обыкновенного (*Arctium lappa* L.), корни одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* F.H. Wigg.) [17]. Также отбирали пробы верхних слоев почв (0–10 см от поверхности).

Содержание остаточных пестицидов, как правило, определяют в культивируемом лекарственном растительном сырье и получаемых из него лекарственных растительных препаратов. Поэтому для оценки экологического состояния верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья Воронежской области в отношении загрязнения пестицидами были выбраны основные точки отбора образцов, лежащие в агроценозах области с высоким уровнем химизации в сельском хозяйстве. Для отбора образцов использовали агроценозы Лискинского, Ольховатского, Подгоренского, Петропавловского, Грибановского, Хохольского, Новохоперского, Репьевского, Воробьевского, Панинского, Эртильского, Россошанского районов [13].

Отбор проб ЛРС для определения остаточных пестицидов проводили в соответствии с требованиями ОФС.1.1.0005.15 «Отбор проб лекарственного растительного сырья и лекарственных растительных препаратов» в условиях, исключающих дополнительное загрязнение сырья. Пробы верхних слоев почвы на исследуемой пробной площадке отбирали в соответствии с ГОСТ Р 58595-2019 «Почвы. Отбор проб» и ГОСТ 17.4.4.02 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Пробоподготовка включала в себя измельчение образца с целью его гомогенизации и последующего взятия не менее двух параллельных навесок. Метод определения хлорорганических пестицидов в пробах почвы и ЛРС предусматривал

Территория отбора образцов Sampling area	Пестицид Pesticide	Гептахлор Heptachlor	Агробиоценоз Ольховатского района Agrobiocenosis of Olkhovatsky district				Агробиоценоз Подгоренского района Agrobiocenosis of Podgorensky district					
			ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor		
Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Корни одуванчика лекарственного Common dandelion roots		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Трава полыни горькой Absinthium herb		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Трава горца птичьего Knotgrass herb		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Листья подорожника большого Common plantain leaves		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Листья крапивы двудомной Common nettle leaves		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007
Почва Soil		.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007

Территория отбора образцов Sampling area	Агробиоценоз Петропавловского района Agrobiocenosis of Petropavlovsk district				Агробиоценоз Грибановского района Agrobiocenosis of Griбанovsky district			
	Гептахлор Heptachlor	Алдрин Aldrin	ДДТ DDT	ГХЦГ HCH	Гептахлор Heptachlor	Алдрин Aldrin	ДДТ DDT	ГХЦГ HCH
Пестицид Pesticide	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Корни одуванчика лекарственного Common dandelion roots	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Трава полыни горькой Absinthium herb	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Трава горца птичьего Knotgrass herb	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Листья подорожника большого Common plantain leaves	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Листья крапивы двудомной Common nettle leaves	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001
Почва Soil	.	.	<0,007	<0,001	.	.	<0,007	<0,001

Территория отбора образцов Sampling area	Агробиоценоз Хохольского района Agrobiocenosis of Khokholsky district				Агробиоценоз Новохоперского района Agrobiocenosis of Novokhopersky district			
	Пестицид Pesticide	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin
Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Корни одувачника лекарственного Common dandelion roots	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава полыни горькой Absinthium herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава горца птичьего Knotgrass herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Листья подорожника большого Common plantain leaves	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Листья крапивы двудомной Common nettle leaves	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Почва Soil	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.

Территория отбора образцов Sampling area	Агробиоценоз Репьевского района Agrobiocenosis of Repyevsky district				Агробиоценоз Воробьевского района Agrobiocenosis of Vorobyevsky district			
	Пестицид Pesticide	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin
Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Корни одуванчика лекарственного Common dandelion roots	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава полыни горькой Absinthium herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава горца птичьего Knotgrass herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Листья подорожника большого Common plantain leaves	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Листья крапивы двудомной Common nettle leaves	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Почва Soil	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.

Территория отбора образцов Sampling area	Агробиоценоз Панинского района Agrobiocenosis of Paninsky district				Агробиоценоз Верхнехавского района Agrobiocenosis of Verkhnekhavsky district			
	Пестицид Pesticide	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin
Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Корни одуванчика лекарственного Common dandelion roots	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава полыни горькой Absinthium herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава горца птичьего Knotgrass herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Листья подорожника большого Common plantain leaves	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Листья крапивы двудомной Common nettle leaves	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.
Почва Soil	<0,001	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.

Территория отбора образцов Sampling area	Агробиоценоз Эртильского района Agrobiocenosis of Ertilsky district				Агробиоценоз Россошанского района Agrobiocenosis of Rossoshansky district			
	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor	ГХЦГ HCH	ДДТ DDT	Алдрин Aldrin	Гептахлор Heptachlor
Пестицид Pesticide								
Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Корни одуванчика лекарственного Common dandelion roots	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Трава полыни горькой Absinthium herb	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Трава горца птичьего Knotgrass herb	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Листья подорожника большого Common plantain leaves	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Листья крапивы двудомной Common nettle leaves	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.
Почва Soil	<0,001	<0,007	.	.	<0,001	<0,007	.	.

Территория отбора образцов Sampling area	Пестицид Pesticide	Корни лопуха обыкновенного Common burdock roots	Корни одувачника лекарственного Common dandelion roots	Трава полыни горькой Absinthium herb	Трава горца птичьего Knotgrass herb	Трава тысячелистника обыкновенного Common yarrow herb	Трава пустырника пятилопастного Quinquefoliate motherwort herb	Листья подорожника большого Common plantain leaves	Листья крапивы двудомной Common nettle leaves	Цветки пижмы обыкновенной Ginger plant flowers	Цветки липы сердцевидной Small-leaved lime flowers	Почва Soil
	ГХЦГ НСН		0,1		0,1		0,1		-		0,05	
Пределы допустимого содержания Consent limits	ДДТ DDT	0,1		Не допускается Harmful		-		0,05		-		
	Алдрин Aldrin	Не допускается Harmful		-		0,05		-		-		
	Гептахлор Heptachlor	Не допускается Harmful		-		0,05		-		-		
		0,1		-		0,05		-		-		

Результаты исследований образцов верхних слоев почв и ЛРС, отобранных в агроценозах Воронежской области (табл. 1), показали практическое отсутствие хлорорганических пестицидов в анализируемом материале: содержание ГХЦГ и его изомеров (в сумме) составляло для всех образцов менее 0,001 мг/кг, а для ДДТ и его метаболитов (в сумме) – менее 0,007 мг/кг, что соответствует порогу чувствительности газового хроматографа «Цвет 500М». Подтверждено полное отсутствие алдрина и гептахлора в изучаемых образцах верхних слоев почв и ЛРС.

Заключение. Проведены фундаментальные региональные эколого-гигиенические исследования качества ЛРС на примере Воронежской области, изучены особенности накопления наиболее опасных хлорорганических

пестицидов в ЛРС, произрастающем в наиболее важных агроценозах региона с высоким уровнем химизации в сельском хозяйстве. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о полном экологическом благополучии верхних слоев почв агроценозов Воронежской области, а также ЛРС и культурных растений, на них произрастающих, с точки зрения загрязнения хлорорганическими пестицидами. Полученные результаты выгодно отличают изучаемый регион от других субъектов Российской Федерации, где периодически выявляются высокие концентрации хлорорганических пестицидов как в почве, так и в растительных объектах, что открывает значительные перспективы для культивирования и заготовки дикорастущего ЛРС в Воронежской области.

Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда (проект № 24-27-00272).

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Великанова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. LAMBERT Academic Publishing; 2013.
2. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Кукуева Л.Л., Мындра А.А. Анализ загрязненности лекарственного растительного сырья Воронежской области наиболее опасными пестицидами. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2015; 3: 112–115.
3. Гравель И.В., Иванова Е.А. Требования зарубежных фармакопей к качеству лекарственного растительного сырья по содержанию пестицидов. Фармация. 2010; 7: 50–53.
4. Дьякова Н.А. Методические рекомендации по заготовке лекарственного растительного сырья в Воронежской области. Воронеж: Издательский Дом ВГУ; 2022. 160.
5. Дьякова Н.А. Экологическая оценка сырьевых ресурсов лекарственных растений Воронежской области. Воронеж: Цифровая полиграфия; 2022. 264.
6. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. Москва: Химия; 1987. 712.
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. URL: <https://www.atsdr.cdc.gov> (дата обращения: 06.10.2021).
8. Тулакин А.В., Механтьева Л.Е., Куролан С.А. Гигиена окружающей и производственной среды предприятий минеральных удобрений. Москва: Истоки; 2007. 220.
9. Чубирко М.И., Мамчик Н.П., Механтьев Л.Е. Гигиенические проблемы применения пестицидов. Гигиена: прошлое, настоящее, будущее. 2001; 1: 239–240.
10. Лазарев Н.В., Левина Э.Н. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей: в 3 т. Т. 1. Органические вещества. Ленинград: Химия; 1976. 592.
11. Управление Роспотребнадзора по Воронежской области. URL: <http://36.rospotrebnadzor.ru/key-areas/sanitary/14645> (дата обращения: 26.04.2021).
12. Заряева Е.В. Анализ данных регионального мониторинга содержания пестицидов в объектах окружающей среды Воронежской области. Вестник новых медицинских технологий. 2011; 2: 476–478.
13. Куролан М.С., Мамчик Н.П., Клепиков О.В. Медико-экологический атлас Воронежской области. Воронеж: Издательство им. Е.А. Болховитинова; 2010. 167.
14. Терешкина О.И., Гуськова Т.А., Рудакова И.П., Самылина И.А. Нормирование остаточных пестицидов в растительном сырье и лекарственных растительных препаратах. Фармация. 2011; 2: 3–5.
15. Терешкина О.И. Нормирование остаточных пестицидов в растительном сырье зарубежными фармакопеями. Фармация. 2012; 1: 50–54.
16. Делова О.В., Денисенко В.И. Гигиеническая оценка факторов окружающей среды и риска для здоровья населения. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2010; 4: 810–813.
17. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара: Офорт; 2004. 1180.
18. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 15.04.2021).
19. Государственная фармакопея Российской Федерации. Изд-е XIV. Т. 2. Москва: ФЭМБ; 2018. 1423.
20. Клисенко М.А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. Москва: Колос; 1983. 123.

Поступила в редакцию 07.01.2024; принята 01.02.2024.

Автор

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». 394007, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1; e-mail: Ninotchka_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-388>.

Образец цитирования

Дьякова Н.А. Особенности накопления хлорорганических пестицидов в лекарственном растительном сырье Воронежской области. Ульяновский медико-биологический журнал. 2024; 1: 115–129. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-1-115-129.

ACCUMULATION OF ORGANOCHLORINE PESTICIDES IN MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS OF THE VORONEZH REGION

N.A. D'yakova

Voronezh State University, Voronezh, Russia

The purpose of the study is to examine the peculiarities of accumulation of the most dangerous organochlorine pesticides in medicinal plant materials of Voronezh region agroecosystems.

Materials and Methods. The author analyzed pharmacopoeial species of medicinal plant raw materials, widespread in central Russia. The plants belong to both natural plant communities and synanthropic vegetation: common nettle leaves, common plantain leaves, ginger plant flowers, small-leaved lime flowers, quinquelobate motherwort herb, absinthium herb, common yarrow herb, knotgrass herb, common burdock roots, and common dandelion roots. Samples of the surface soil were also taken. The author determined dichlorodiphenyltrichloroethane, hexachlorocyclohexane, hexachlorane, and aldrin content in medicinal plant raw materials and surface soil. The studies were carried out on a Tsvet 500M gas chromatograph with a microsyringe dispenser, glass capillary separation columns and flame ionization detection.

Results. Studies of surface soil samples and medicinal plant raw materials showed the virtual absence of organochlorine pesticides in the analyzed materials: the content of hexachlorocyclohexane and its isomers (total) was less than 0.001 mg/kg, the content of dichlorodiphenyltrichloroethane and its metabolites (total) was less than 0.007 mg/kg. Aldrin and hexachlorane were not detected. The results obtained favorably distinguish the Voronezh region from other constituent entities of the Russian Federation, where high concentrations of organochlorine pesticides are periodically detected both in soil and in plants. This fact opens prospects for the cultivation and procurement of wild plants in the Voronezh region.

Key words: Voronezh region, medicinal plant raw materials, organochlorine pesticides.

The research was supported by the Russian Science Foundation (project No. 24-27-00272).

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

References

1. Velikanova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.I. *Ekoatsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha* [Eco-assessment of medicinal plant raw materials in urban conditions of Voronezh]. LAMBERT Academic Publishing; 2013 (in Russian).
2. D'yakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Kukueva L.L., Myndra A.A. Analiz zagryaznenosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya Voronezhskoy oblasti naibolee opasnymi pestitsidami [Analysis of contamination of medicinal plant raw materials in the Voronezh region with the most dangerous pesticides]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya.* 2015; 3: 112–115 (in Russian).
3. Gravel' I.V., Ivanova E.A. Trebovaniya zarubezhnykh farmakopey k kachestvu lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya po sodержaniyu pestitsidov [Requirements of foreign pharmacopoeias for the quality of medicinal plant raw materials in terms of pesticide content]. *Farmatsiya.* 2010; 7: 50–53 (in Russian).
4. D'yakova N.A. *Metodicheskie rekomendatsii po zagotovke lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v Voronezhskoy oblasti* [Methodological recommendations for the procurement of medicinal plant raw materials in the Voronezh region]. Voronezh: Izdatel'skiy Dom VGU; 2022. 160 (in Russian).
5. D'yakova N.A. *Ekologicheskaya otsenka syr'evykh resursov lekarstvennykh rasteniy Voronezhskoy oblasti* [Ecological assessment of raw materials of medicinal plants in the Voronezh region]. Voronezh: Tsifrovaya poligrafiya; 2022. 264 (in Russian).
6. Mel'nikov N.N. *Pestitsidy. Khimiya, tekhnologiya i primeneniye* [Pesticides. Chemistry, technology and application]. Moscow: Khimiya; 1987. 712 (in Russian).
7. *Agency for Toxic Substances and Disease Registry.* Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov> (accessed: October 6, 2021).

8. Tulakin A.V., Mekhant'eva L.E., Kurolap S.A. *Gigiena okruzhayushchey i proizvodstvennoy sredy predpriyatiy mineral'nykh udobreniy* [Hygiene of the environmental and production environment of mineral fertilizer enterprises]. Moscow: Istoki; 2007. 220 (in Russian).
9. Chubirko M.I., Mamchik N.P., Mekhant'ev L.E. Gigienicheskie problemy primeneniya pestitsidov [Hygienic problems of pesticide usage]. *Gigiena: proshloe, nastoyashchee, budushchee*. 2001; 1: 239–240 (in Russian).
10. Lazarev N.V., Levina E.N. Vrednye veshchestva v promyshlennosti. Spravochnik dlya khimikov, inzhenerov i vrachev: v 3 t. T. 1. Organicheskie veshchestva [Harmful substances in industry. Handbook for chemists, engineers and doctors: in 3 vol. Vol. 1. Organic substances]. Leningrad: Khimiya; 1976. 592 (in Russian).
11. *Upravlenie Rospotrebnadzora po Voronezhskoy oblasti* [Office of Rospotrebnadzor for the Voronezh region]. Available at: <http://36.rospotrebnadzor.ru/key-areas/sanitary/14645> (accessed: April 26, 2021) (in Russian).
12. Zaryaeva E.V. Analiz dannykh regional'nogo monitoringa sodержaniya pestitsidov v ob"ektakh okruzhayushchey sredy Voronezhskoy oblasti [Analysis of regional monitoring data on pesticide content in environmental objects of the Voronezh region]. *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2011; 2: 476–478 (in Russian).
13. Kurolap M.S., Mamchik N.P., Klepikov O.V. *Mediko-ekologicheskiy atlas Voronezhskoy oblasti* [Medical and environmental atlas of the Voronezh region]. Voronezh: Izdatel'stvo im. E.A. Bolkhovitinova; 2010. 167 (in Russian).
14. Tereshkina O.I., Gus'kova T.A., Rudakova I.P., Samylina I.A. Normirovanie ostatochnykh pestitsidov v rastitel'nom syr'e i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh [Standardization of residual pesticides in plant raw materials and medicinal herbal preparations]. *Farmatsiya*. 2011; 2: 3–5 (in Russian).
15. Tereshkina O.I. Normirovanie ostatochnykh pestitsidov v rastitel'nom syr'e zarubezhnyimi farmakopeyami [Standardization of residual pesticides in plant materials by foreign pharmacopoeias]. *Farmatsiya*. 2012; 1: 50–54 (in Russian).
16. Delova O.V., Denisenko V.I. Gigienicheskaya otsenka faktorov okruzhayushchey sredy i riska dlya zdorov'ya naseleniya [Hygienic assessment of environmental factors and risks to public health]. *Sistemnyy analiz i upravlenie v biomeditsinskikh sistemakh*. 2010; 4: 810–813 (in Russian).
17. Kurkin V.A. *Farmakognoziya* [Pharmacognosy]. Samara: Ofort; 2004. 1180 (in Russian).
18. *SanPiN 1.2.3685-21. Gigienicheskie normativy i trebovaniya k obespecheniyu bezopasnosti i (ili) bezvrednosti dlya cheloveka faktorov sredy obitaniya* [Sanitary Rules and Regulations 1.2.3685-21 Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and (or) harmlessness of environmental factors to humans]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (accessed: April 15, 2021) (in Russian).
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii* [State pharmacopoeia of the Russian Federation]. Izd-e XIV. T. 2. Moscow: FEMB; 2018. 1423 (in Russian).
20. Klisenko M.A. *Metody opredeleniya mikrokolichestv pestitsidov v produktakh pitaniya, kormakh i vneshney srede* [Methods for determining trace amounts of pesticides in food, feeding stuff and external environment]. Moscow: Kolos; 1983. 123 (in Russian).

Received January 07, 2024; accepted February 01, 2024.

Information about the author

D'yakova Nina Alekseevna, Candidate of Sciences (Biology), Associate Professor, Chair of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, Voronezh State University. 394007, Russia, Voronezh, Universitetskaya Sq., 1; e-mail: Ninochka_V89@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0766-388>.

For citation

D'yakova N.A. Osobennosti nakopleniya khlororganicheskikh pestitsidov v lekarstvennom rastitel'nom syr'e Voronezhskoy oblasti [Accumulation of organochlorine pesticides in medicinal plant raw materials of the Voronezh region]. *Ulyanovskiy mediko-biologicheskiy zhurnal*. 2024; 1: 115–129. DOI: 10.34014/2227-1848-2024-1-115-129 (in Russian).