

ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Т.Н. Волгина, В.Т. Новиков, Д.В. Регузова
Томский политехнический университет, г. Томск

В работе обобщён литературный материал по поведению пестицидов в объектах окружающей среды. Рассмотрены пути их попадания в атмосферу, почву и водные объекты. Указаны факторы, влияющие на содержание, накопление и разложения пестицидов в объектах окружающей среды.

К настоящему времени в окружающей среде обнаружено более 55000 различных химических соединений, многие из которых могут представлять определенную опасность для различных видов живых организмов. Из этого числа всего лишь 3 % приходится на пестициды, которые по своему вредному влиянию на окружающую среду (ОС) занимают одно из первых мест. Нарушение санитарных и природоохранных требований при применении, транспортировке и хранении этих веществ приводит к их устойчивому накоплению в объектах ОС. Эта проблема относится к разряду общемировых (глобальных), входя в область юрисдикции Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, Роттердамской конвенции об опасных химических веществах и пестицидах в международной торговле, Базельской конвенции о контроле за трансграничным перемещением опасных отходов, Международного кодекса по распространению и использованию пестицидов.

Целью настоящей работы является попытка обобщить литературные данные о путях миграции пестицидов в различных климатических условиях и выявить основные факторы, влияющие на их превращения в объектах ОС.

Распространение пестицидов в атмосфере

В атмосферу пестициды могут попадать непосредственно при применении путем опрыскивания или распыливания, а также в результате испарения с поверхности почвы, растений, воды и при их хранении, транспортировке и пересыпке. На содержание пестицидов в атмосфере влияют такие факторы как размер частиц пыли, скорость движения и температура воздуха, атмосферное давление и другие метеоусловия.

Значительное количество пестицидов попадает в атмосферу при авиационном распыливании, причем часть их в течение длительного времени остается в воздухе в виде аэрозоля. При определенных метеоусловиях, когда нет достаточно эффективного перемешивания воздушных масс, пары или аэрозоли могут мигрировать из зоны обработки на весьма значительные расстояния, сохраняя высокие локальные концентрации пестицидов.

Полевые исследования, проведенные на полях Австралии в 1993–1998 гг., показали, что при распыливании

эндосульфана на листья растений попадает от 50 до 60 % пестицидов, на почву – от 25 до 45 %, улетает за пределы поля от 7 до 14 %. При распыливании димеотата содержание его в воздухе превышает ПДК (0,003 мг/м³) в 7 раз на 3-й день и в 2 раза на 9-й день после авиаобработки хлопковых полей.

Находясь в воздухе, пестициды претерпевают очень медленное разрушение, поэтому, переходя из атмосферы в почву и водоемы, происходит их накопление в различных видах организмов, откуда они могут по пищевым цепочкам попасть к человеку.

Экотоксикологические исследования показали, что концентрация пестицидов в атмосферном воздухе даже в процессе их переноса на большие расстояния достаточна для проявления токсического действия на микроорганизмы, насекомых, членистоногих, животных и человека [1]. Исследователи установили [8], что для ряда территорий процесс нахождения пестицидов в воздухе является циклическим и зависит от времени года. При этом содержание их зимой значительно меньше, чем в остальные времена года. В этих условиях наиболее часто обнаруживают гексахлорциклогексан, дихлордифенилрихлорэтан и хлордан.

Основные пути распространения пестицидов в гидросфере

Гидросфера является средой обитания очень большого числа видов живых организмов различного характера. Вода – необходимый компонент жизни всех видов водных и наземных организмов и человека. Поэтому химическое загрязнение водных экосистем токсичными органическими соединениями имеет особое значение. Пестициды и другие химические соединения могут попадать в водные объекты из атмосферы вместе с осадками или прямым осаждением в виде капель или твердых частиц или из почвы в результате постепенного вымывания поверхностными стоками, дренажными и грунтовыми водами, а также в виде продуктов жизнедеятельности животных и человека. Кроме того, они могут попадать в водоемы в результате сноса ветром при авиационном опылении или опрыскивании растений, непосредственно внесением в водоемы и со сточными водами пред-

приятый по производству пестицидов. Общая персистенность пестицидов в гидросфере зависит от растворимости их в воде, реакционной способности, поглощения их донным илом, растениями и животными, а также от климатических условий, важнейшими из которых являются температура и солнечная радиация.

На процесс распространения пестицидов в водных объектах значительное влияние оказывает температура, повышение (или понижение) которой приводит к увеличению (или понижению) растворимости того или иного соединения. Исследования, проводимые во Франции, показали, что атразин, диэтилатразин и симазин в наибольших концентрациях присутствует в реках в период с апреля по сентябрь. Изопротурон и диурон также в наиболее высоких концентрациях обнаруживались в пробах из этих рек с ноября по март [5].

В термальных минеральных водах 8 источников Греции в течение года (март 1999 – январь 2000 гг.) проводился мониторинг содержания пестицидов и продуктов их распада. Остатки пестицидов (в основном гексахлорциклогексан) обнаружены в половине проб, однако все они не превышают максимально разрешенных концентраций, установленных Европейским Сообществом.

Уникальные особенности таких экосистем, как Берингово и Чукотское моря, а именно: сильные холода, высокое содержание взвешенного вещества в воздухе и высокая летняя биологическая продуктивность – привели к необычному циклу современных пестицидов – хлорпирифоса, атразина, эндосульфана, трифлуралина, хлорталонила по сравнению с более умеренными широтами. Гексахлорциклогексан в период 1950–1990 гг. в результате интенсивных атмосферных выпадений накопился в высоких концентрациях под постоянным паковым льдом Арктики.

Согласно официальным данным [12], по уровню загрязнения хлорорганическими пестицидами (ХОП) основные водные источники России можно расположить в следующий ряд: восточная Арктика > западная Арктика >

Тихий океан > Балтийское море > Каспийское море > Черное море > Байкал. Эстуарии Карского, Каспийского, Охотского и Баренцева морей получали большие количества изомеров гексахлорциклогексана. Совсем не обнаружены гексахлорциклогексан в эстуариях Восточно-Сибирского и Берингова морей. Что касается дихлордифенилтрихлорэтана, то установлено, что наибольшее количество пестицидов сбрасывается с речными стоками в Карское, Каспийское, Охотское и Балтийское моря.

В донных отложениях содержание пестицидов снижается в значительно меньшей степени, чем в водной среде, поэтому они остаются источником вторичного загрязнения и представляют опасность для промысловой ихтиофауны моря (табл. 1).

Распределение загрязняющих веществ в донных отложениях происходит неравномерно. Это обусловлено сложной системой прибрежной циркуляции вод и образованием циклонических и антициклонических структур в периоды максимального континентального стока. Концентрация пестицидов в значительной степени контролируется фракционным составом донных отложений. Со временем содержание пестицидов в донных отложениях возрастает. Многовариантный регрессионный анализ, проведенный датскими исследователями [9], показал, что на сорбцию некоторых пестицидов влияет pH среды, присутствие силикатов железа и тяжелых металлов.

Биофаза в глубинных зонах рек и морей может действовать как глобальный накопитель для пестицидов в водной среде, подобно почве на континентах. Концентрирование пестицидов происходит в планктоне, беспозвоночных организмах, в различных породах речных и морских рыб и даже в обитателях арктической морской среды – кольчатых червях. Однако основными накопителями органических веществ являются микроорганизмы. Экспериментально доказано, что микроорганизмы пресных и соленых водоемов играют основную роль в процессах самоочищения воды и донных отложений водных источников от пестицидов [13]. С одной стороны, в воде

Таблица 1

Содержание некоторых органических пестицидов в водоемах и донных отложениях ряда стран [12]

Страна	Год	Водоем	Водоем (нг/дм ³) / донные отложения (нг/г)
Китай	2002	Река	Дихлордифенилтрихлорэтан: от 75,9 до 349 / от 0,45 до 7,26
Россия	1990	Реки	Гексахлорциклогексан – 44 (т/год) / –
Россия	1987	Море	ХОП – 66 / от 0,02 до 20
Россия	1998	Море	ХОП – 4,8 / 1,2 · 10 ⁻³
Россия	1999	Море	ХОП – 5,5 / 1,8 · 10 ⁻³
Россия	2000	Море	ХОП – 7,2 / 2,8 · 10 ⁻³
Россия	2002	Моря	ХОП – от 0,413 до 0,446 / –
Франция	2002	Реки	Атразин – 600 / –
Германия	1999	Ручьевая вода	Этилпарагион – 6 · 10 ⁻³ / –
Греция	1999	Термальные воды	Гексахлорциклогексан – (от 5 до 10) · 10 ⁻⁶ / –
США	1994, 2000	Озеро	Атразин – 1039 / –
Коста-Рика	1999, 2000	Реки	Проконазол – (от 0,05 до 1,0) · 10 ⁻³ / – Этопрофос – (от 0,06 до 6,2) · 10 ⁻³ / –
Нидерланды	2001	Подземные воды	Атразин – более 100 / –
Австралия	2000	Дренажные стоки	Диурон, атразин, аметрин – от 7000 до 13000/ Дихлордифенилтрихлорэтан – 2,4

Поведение отдельных пестицидов в нейтральных почвах при агрохимических нормах расхода [7]

Пестицид	Химическая природа	Адсорбция		Устойчивость (распад 75–100 %)	Подвижность
		Глина	Гумус		
Дихлорди-фенилтри-хлорэтан	Хлоруглеводород	Сильная	Сильная	более 2 лет	Низкая
Линдан		Низкая		более 2 лет	
Паратион	Эфир фосфорной кислоты	От низкой		1–12 недель	
Манеб	Дитиокарбамат	до средней		1–12 недель	

существуют микроорганизмы, способные разрушить определенные загрязнители, с другой стороны, ряд загрязнителей обладают мутагенной активностью, и под их влиянием происходит автоселекция новых форм биоценозов, адаптированных к данным субстанциям.

Разложение многих стойких хлорорганических пестицидов (при их низком содержании) в воде под влиянием различных микроорганизмов протекает довольно быстро с образованием менее токсичных продуктов. Скорость разрушения пестицидов в донных отложениях без внешних воздействий (анаэробная) на порядок ниже, чем при внесении внешнего источника углерода и гидроксидов металлов. Микроорганизмы водоемов и донных отложений обладают достаточно развитым механизмом устойчивости к металлоорганическим пестицидам, в частности, они способны продуцировать сероводород, внеклеточные экзополимеры и другие вещества, которые, взаимодействуя с металлами, переводят их в менее токсичные формы [3].

Основные пути распространения пестицидов в почве

Загрязнение почвы пестицидами может проходить как непосредственно при агрохимической обработке, так и при высевах протравленных семян, в результате смыва с обработанных растений и при их поливе.

Наряду с известными путями проникновения пестицидов в почву имеются и такие источники, как дожди и туманы. В США, например, установили, что в тумане концентрация пестицидов превосходит в 3000 раз их концентрацию в газовой фазе, а кратковременные дожди несут больше загрязнений, чем длительные (в 1 дм³ дождевой воды было обнаружено 11 различных пестицидов в концентрациях порядка микрограммов). Так же пестициды могут попадать в почву при различных стадиях производственных процессов, транспортировке, пересыпке и хранении.

Устойчивость пестицидов в почве зависит от таких факторов, как почвенный состав, физико-химические

свойства и реакционная способность пестицидов, поглощение их микро- и макроорганизмами, а также от климатических условий [7] (табл. 2).

Уменьшение устойчивости отдельных представителей важнейших классов пестицидов в почвах характеризуется следующим рядом: хлорсодержащие углеводороды (от 2 до 5 лет); производные мочевины, S-триазины (от 2 до 18 месяцев); карбаматы, сложные эфиры фосфорной кислоты (от 2 до 12 недель).

Испарение пестицидов в атмосферу

Вещества с высокой упругостью давления паров, например, гексахлорциклогексан сравнительно легко испаряются с поверхности почвы. Посчитано, что с гектара земли при 30°C за год может испариться 2,38 кг γ -гексахлорциклогексана и 0,014 кг дихлордифенилтрихлорэтан. Несмотря на высокую температуру кипения, содержание дихлордифенилтрихлорэтана над различными участками почвы может колебаться в широких пределах. Например, в сельской местности количество дихлордифенилтрихлорэтана находится в пределах от 0,3 до 8500 нг/м³, а в городе – до 430 нг/м³. На скорость испарения существенное влияние оказывает также состав почв (табл. 3) и скорость движения воздуха над поверхностью почвы (табл. 4).

Чем выше сорбирующая способность почвы, тем медленнее идет из нее испарение пестицида. Так исследования, проведенные на тербутилазине, показали, что через 10 дней после нанесения его на почву с разным содержанием песка потери его составили от 6,9 до 23,1 %, причем по мере насыщения почвы водой летучесть тербутилазина падала.

Сорбция пестицидов в различных почвах

Пестициды накапливаются в почве в результате диффузии в кристаллические решетки минералов (глин), при отложении их в гумусах и при их проникновении в полости частиц гумуса. В этом случае скорость деградации будет зависеть от типа, физико-химических и гидродинамических свойств почвы [6], микроклиматических усло-

Летучесть дильдрин из различных почв при 30°C [6]

Почва	Содержание органического углерода, %	Содержание глины, %	Концентрация паров (нг/дм ³) при различной влажности (ω)	
			$\omega - 100\%$	$\omega - 50\%$
Тонкий песчаник	0,19	16,3	175	1,7
Стандартная глина	0,2	67,3	200	2,9
Илистый суглинок	0,58	18,4	52	0,7
Супесчаная	1,62	10,0	32	0,4
Жирный суглинок	2,41	33,4	32	0,6

Скорость испарения хлорорганических пестицидов при 30°C [10]

Концентрация пестицида, мг/кг	Скорость движения воздуха, км/ч	Летучесть, кг/га в год	
		Дихлордифенил-трихлорэтан	γ-гексахлор-циклогексан
1	0,028	0,28	3,3
5	0,028	1,3	19,0

вий, наличия и интенсивности фотолиза, особенностей растительного покрова [10].

В обычных климатических условиях пестициды хорошо адсорбируются коллоидами почвы, вследствие чего и происходит их устойчивое накопление в объектах окружающей среды. Высокие концентрации суммы пестицидов (γ-гексахлорциклогексан, дихлордифенилтрихлорэтан и их метаболиты) характерны для более высоких площадей, где почвы обогащены глинистым материалом и органическим веществом.

Так содержание пестицида фосфамидон (в %) за 14-дневный период составляет в жирной глине – 53, глинисто-песчаной – 20, песчаной – 11,6, илстой – 70. Более 50 % линдана адсорбируется пахотным слоем почвы и 6 % мигрирует по профилю почвы на глубину до 1 м. Примерно от 50 до 98,7 % примененного ДДТ за период в 1 год находили в слое почвы глубиной до 10 см, от 5 до 15 % препарата разрушалось в почве, около 18 % улетучивалось, от 5 до 20 % мигрировало вглубь.

Гидрофобные пестициды в основном остаются в верхних горизонтах почвы, обогащенной органическими веществами. В этом случае процессы разложения пестицидов, в частности дихлордифенилтрихлорэтан, могут приводить не только к их детоксикации (потеря исходным веществом токсических свойств), но и токсификации (увеличение токсичности образующихся веществ). В очень жестких условиях (при замораживании) содержание и состав таких загрязняющих веществ как атразин, дикамб и др., в почве любого типа остается неизменным даже по истечению 450 дней, а разложение γ-дихлордифенилтрихлорэтана в условиях Севера протекает более 10 лет.

Повысить эффективность сорбции пестицидов можно путем внесения в почву гуминовой кислоты, солей железа, смеси поверхностно-активных веществ биологического или синтетического происхождения, а также различных природных сорбентов.

Влажность почвы тоже имеет большое значение, так как наиболее легко гидролиз пестицидов протекает именно во влажных почвах. Такой стойкий пестицид, как дихлордифенилтрихлорэтан, в определенных условиях, например при заливе почвы водой и при относительно высокой температуре, может сравнительно быстро разлагаться с образованием нетоксичных продуктов. Особенно легко разлагаются его аналоги, содержащие в ароматическом радикале алкильные, алкоксильные и сульфидные группы.

Во влажной почве пестициды долго сохраняют свою активность и таким образом легко проникают в растения и почвенные микроорганизмы. В этом случае агрохимикаты не накапливаются в объектах окружающей сре-

ды и в жире млекопитающих. Однако от 30 до 65 % случаев внесения пестицидов в переувлажненные почвы ведет к деградации последних. В условиях повышенной влажности почв наиболее интенсивное выведение пестицидов с дренажной водой наблюдается в глинистых почвах весной. Так, например, выведение атразина продолжается на протяжении 7 лет после обработки им почв.

По способности мигрировать с инфильтрационными водами пестициды располагаются в такой убывающей последовательности: γ-гексахлорциклогексан, дихлордифенилтрихлорэтан, тиофос, альдрин, дильдрин. Применение дихлордифенилтрихлорэтана в течение 15 лет привело к накоплению его в поверхностном слое почвы (60 мг/кг), а его следы обнаруживались на глубине 9 м; тиофос – на глубине до 60 м. В условиях леса за 18 месяцев через почву профильтровалось до 1,3 % примененного дихлордифенилтрихлорэтана. В течение 20 лет через почву фруктового сада благодаря почвенной фильтрации попало в подземные воды 0,36 кг/га дихлордифенилтрихлорэтана.

Типы почв также оказывают влияние на процесс миграции пестицидов по вертикали. Так, количество фосфамидона, обнаруживаемого в фильтрате при прохождении через песок, составляет 94 %, супесь – 89 %, глину – 85 % и ил – 39 % от примененного. В условиях орошаемого земледелия установлена миграция γ-гексахлорциклогексана на глубину до 5 м в легких лессовидных суглинках.

Поглощение пестицидов микроорганизмами

Почва является универсальным биологическим адсорбентом и нейтрализатором разнообразных органических соединений, в которой существуют различные виды микроорганизмов, в том числе бактерии, грибы и актиномицеты. Экспериментально доказано, что микрофлора способна восстанавливать свойства почвенного слоя после попадания в него органических видов пестицидов.

При микробиологической трансформации пестицидов важное значение имеет химическое строение, определяющее физико-химические свойства вещества, в частности его летучесть, реакционную способность, термическую и фотохимическую стабильность, доступность пестицидов ферментам микроорганизмов, которая определяется степенью сорбции ксенобиотиков почвенными частицами и коллоидами; наличие косубстратов в почве; оптимальные влажность, уровень аэрации, температура, pH почвы и др. [4, 2].

Взаимодействие пестицидов с почвенными микроорганизмами выражается в форме двух основных процессов: 1) токсического действия ксенобиотиков как физиологически активных соединений на микрофлору, про-

Содержание гексахлорциклогексана (ГХЦГ), дихлордифенилтрихлоэтана (ДДТ) и фенилмеркурацетата (ФМА), мг/кг [11]

Сельскохозяйственная культура	В почве			В растениях		
	ДДТ	ГХЦГ	ФМА	ДДТ	ГХЦГ	ФМА
Морковь	25	1,7	10	3,2	6,0	13
Томаты	–	–	10	–	–	9
Брюква	25	–	–	0,9	–	–
Горох	–	1,7	–	–	1,5	–
Капуста	–	1,7	10	–	0,37	Нет
Клубни картофеля	25	–	–	1,6	–	–

являющееся в нарушении механизма синтеза ферментов, замедлении и остановке метаболизма, задержке роста и развития; 2) микробиологической трансформации и разложения ксенобиотика (при использовании его микроорганизмами в качестве источника углерода и/или азота) в целом проявляемое через изменение дегидрогеназной активности почвы.

Большинство микроорганизмов почвы с большей или меньшей скоростью разлагают органические пестициды, при условии гомогенного распределения ксенобиотика и отсутствии ингибирования активности микроорганизмов-деструкторов.

Во многих случаях разложение начинается не сразу, а через некоторое время, необходимое для приспособления микроорганизмов к разрушению данного химического соединения, причем с большей скоростью протекает деструкция загрязняющих почву соединений до безвредных веществ в случае нахождения в ней популяции жизнеспособных анаэробных и аэробных микробов.

Аэрация почвы имеет большое значение, так как некоторые стойкие пестициды в анаэробных условиях разрушаются быстрее, чем в аэробных. Так под влиянием микроорганизмов (в присутствии восстановителей) смешанные ртутьорганические соединения разлагаются с образованием ртутьорганических соединений типа R_2Hg и металлической ртути. В зависимости от характера почвы и концентрации органических соединений ртути процесс разложения их протекает в течение 4 месяцев.

Микроорганизмы оказывают влияние на степень сохранения того или иного пестицида в почве, а их количество, ферментативная активность и генетические характеристики напрямую зависят от устойчивости пестицидов. В слое почвы от 0 до 10 см срок жизни пестицида 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота оказался 30,7 суток в посадках под деревьями против 1,6 суток в торфяной почве, засаженной травой. А устойчивость дикамба в посадках под куполом деревьев гораздо выше, чем у 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты (149 суток против 7,9 суток в мульчированной почве).

Американскими учеными на примере пестицида диэтилатразина доказано, что численность и активность микроорганизмов в ранее загрязненной почве гораздо выше, чем в незагрязненной, что ускоряет разложение

внесенного в почву при обычной норме расхода новой порции пестицида.

Увеличить скорость преобразования пестицидов под действием микроорганизмов в десятки раз и очистить от загрязнения на 95 % за пять месяцев 300 м³ земли позволяет дополнительное введение в почву, загрязненную пестицидами, специфических стимуляторов и питательных веществ.

Поглощение пестицидов растениями

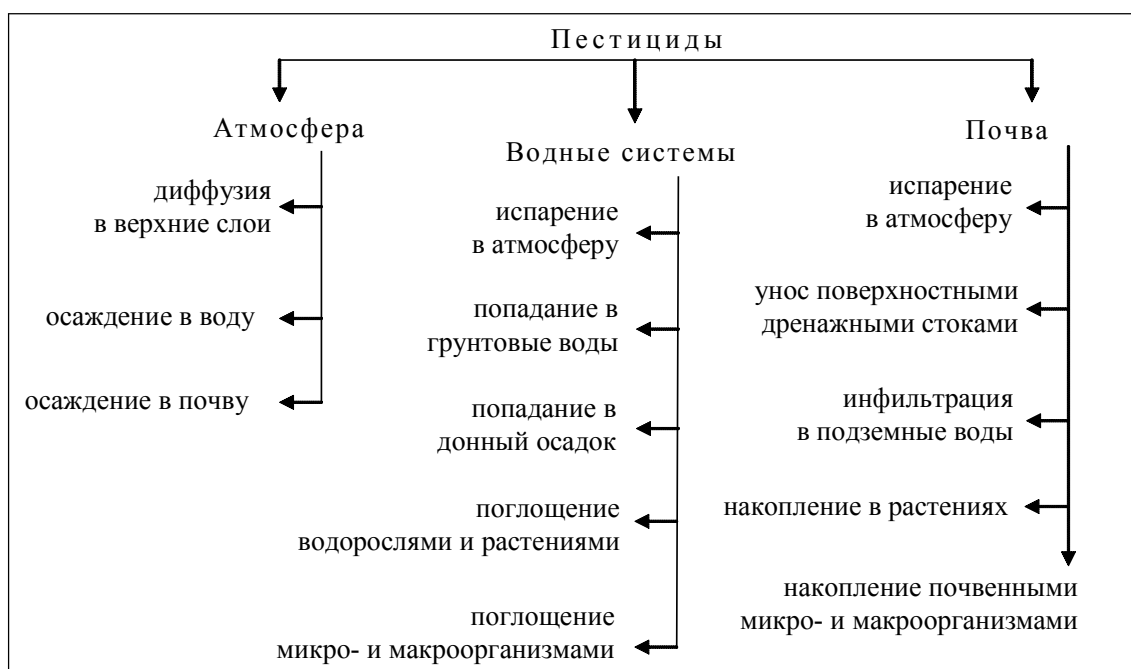
Некоторые растения способны накапливать в корневой ткани устойчивые органические пестициды и могут использоваться для очистки почвы от загрязнения. Так концентрации дихлордифенилтрихлоэтан в прикорневой зоне и ризосфере патиссонов, тыквы и шпината ниже в 10 раз по сравнению с загрязненной им почвой [11]. Дихлордифенилтрихлоэтан может накапливаться в больших количествах в листьях растений и в незначительных количествах в плодах [4], а также в перегное с сосновыми иглами, где он растворяется в восковом веществе сосновой хвои.

При норме расхода гексахлорциклогексана 2,8 кг/га содержание его в кукурузе составляло до 0,6 мг/кг. При протравливании семян редиса и турнепса из расчета 90 г линдана на 1 кг семян редис через 28 дней содержал линдана 0,8 мг/кг, а турнепс – до 0,5 мг/кг. Из данных, приведенных в табл. 5 видно, что различные растения поглощают пестициды по-разному.

Характер почвы также оказывает влияние на накопление органических пестицидов в растениях. Так при содержании фенилмеркурацетата в крупном песчанике 10 мг/кг максимальное его поглощение (в пересчете на ртуть) составило 0,327 мг на 1 кг клубней картофеля. Максимальное же поглощение ртути растениями из более сорбционноемких почв, например, из илистого суглинка и перегноя составляет 0,53 и 2 % соответственно.

Таким образом, миграция пестицидов в объектах окружающей среды может быть проиллюстрирована следующей схемой, изображенной на рис.

На основании выше сказанного можно сделать вывод о том, что наиболее медленное превращение в ОС пестициды претерпевают в жестких климатических условиях, где влияние различных природных факторов минимально.



Дей. йѣѣѣѣѣѣ ѣѣѣѣѣѣѣѣ ѣѣѣѣѣѣѣѣ ѣѣѣѣѣѣѣѣ ѣѣѣѣѣѣѣѣ

ЛИТЕРАТУРА:

1. Врочинский К.К., Маковский В.Н. Применение пестицидов и охрана окружающей среды. Киев: Вища школа, 1979. 208 с.
2. Галиулин Р.В., Галиулина Р.А. Дегидрогеназная активность почвы как критерий для оценки ее загрязнения пестицидами: Мат-лы IV Рос. биогеохимической школы «Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы». М.: Наука, 2003. С. 114–115.
3. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. 576 с.
4. Мельников Н.Н., Волков А.И., Короткова О.А. Пестициды и окружающая среда. М.: Химия, 1977. 240 с.
5. Brahim Fauchon S., Cote-Benezet M., Gatel D., Cavard J. Evolution de la contamination des cours d'eau par les pesticides en Ile-de-France // Techn. sci. meth. 2002. N. 3. P. 35–42.
6. Cupples Alison M., Sims Gerald K., Hultgren Ryan P., Hart Steven E. Влияние почвенных условий на разрушение хлорансуламметила. Effect of soil conditions on the degradation of chloransulam-methyl // J. Environ. Qual. 2000. V. 29, N. 3. P. 786–794.
7. Gamble Donald S., Lindsay Elspeth, Bruccoleri Aldo G., Langford Cooper H., Leyes Gregory A. Chlorothalonil and its 4-hydroxy derivative in simple quartz sand soils: A comparison of sorption processes // Environ. Sci. and Technol. 2001. V. 35, N. 11. P. 2375–2380.
8. Hung H., Halsall C.J., Blanchard P., Li H.H., Fellin P., Stern G., Rosenberg B. Temporal trends of organochlorine pesticides in the Canadian arctic atmosphere // Environ. Sci. and Technol. 2002. V. 36, N. 5. P. 862–868.
9. Madsen Lene, Lindhardt Bo, Rosenberg Per, Clausen Liselotte, Fabricius Ida. Pesticide sorption by low organic carbon sediments: A screening for seven herbicides // J. Environ. Qual. 2000. V. 29, N. 5. P. 1488–1500.
10. Novak Jeffrey M. Soil factors influencing atrazine sorption: Implications on fate // Environ. Toxicol. and Chem. 1999. V. 18, N. 8. P. 1663–1667.
11. White Jason C. Plant-facilitated mobilization and translocation of weathered 2,2-bis(p-chlorophenyl)-1,1-dichloroethylene (p,p'-DDE) from an agricultural soil // Environ. Toxicol. and Chem. 2001. V. 20, N. 9. P. 2047–2052.
12. Zhang Xiu-fang, Dong Xiao-li Хлороорганические пестициды в среднем и нижнем течении реки Ляохэ // J. Dalian Inst. Light Ind. 2002. V. 21, N. 2. P. 102–104.
13. Zheng Tian-ling, Zhuang Tie-chen, Cal Li-zhe, Tian Yun, Guo Chu-ling, Xu Mei-zhu, Li Shao-Jing. Роль микроорганизмов в процессах самоочищения морской воды // J. Xiamen Univ. Natur. Sci. 2001. V. 40, N. 2. P. 524–534.

The material on pesticides behavior in the environmental objects is summarized in the work. The ways of their ingress to the atmosphere, soil and water have been considered. We have specified the factors influencing maintenance, accumulation and decomposition of pesticides in the objects of the environment.