

Влияние перемешивания в рассмотренных моделях массообмена менее значительно по сравнению с противотоком [11] и связано, в первую очередь, с усреднением состава жидкости. Однако влияние  $\varphi$  не исчезает полностью, т.к. наряду с перемешиванием частично учтены условия идеального вытеснения жидкости. Такое комбинированное состояние жидкости расширяет представление о происходящих на массообменной тарелке процессах.

### Обозначения

$E$  – эффективность тарелки;  $\varphi$  – степень перемешивания;  $L$  – молярный поток жидкости;  $m$  – константа равновесия;  $V$  – молярный поток пара;  $x, y$  – концентрация легколетучего компонента соответственно в жидкости и паре. Индексы:  $\varphi$  – учет перемешивания;  $v$  – идеальное вытеснение;  $k$  – конечный участок;  $liq$  – жидкая фаза;  $n$  – начальный участок;  $n$  – номер рассматриваемой тарелки;  $n-1$  – номер предыдущей тарелки по ходу движения пара;  $p$  – идеальное перемешивание;  $s$  – среднее значение;  $v$  – паровая фаза;  $*$  – идеальные условия;  $1 - 4$  – номера рассматриваемых вариантов изменения концентраций.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Onda K., Kobayashi O. // Kogaku kogaky. 1964. Vol. 28, № 10. P. 823 – 828.
2. Onda K., Sada E., Takahashi K., Mukhtar S.A. // A.I.Ch.E. J. 1971. Vol. 17, № 5. P. 1141 – 1152.
3. Onda K., Takeuchi H., Takahashi K. // J. Chem. Eng. Japan. 1972. Vol. 5, № 1. P. 13 – 19.
4. Onda K., Takeuchi H., Takahashi K., Matsuoka H. // J. Chem. Eng. Japan. 1974. Vol. 7, № 5. P. 387 – 388.
5. Кафаров В.В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа. 1972. С. 276 – 289.
6. Перри Дж. Справочник инженера-химика. Том 2. – Л.: Химия. 1969. С. 24 – 27.
7. Павлечко В.Н. // ИФЖ. 1999. Т. 72, № 4. С. 765 – 771.
8. Murphree E.V. // Ind. Eng. Chem. 1925. Vol. 17, № 7. P. 747 – 750.
9. Medina A.G., Ashton N., McDermott C. // Chem. Eng. Sci. 1979. Vol. 34, № 9. P. 1105 – 1112.
10. Hausen H. // Chem. Ing. Tech. 1953. Jahrg. 25, № 10. S. 595 – 597.
11. Павлечко В.Н. // ИФЖ. 2000. Т. 73, № 3. С. 514 – 519.

УДК 504.054:63

И.В. Лайковская, инженер; В.Н. Марцуль, доцент; В.Н. Леонтьев, доцент

### ОБ ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ ПЕСТИЦИДОВ

The pathways of ingress, cumulation and degradation of halogenated organics (pesticides) into the environment was discussed in this article. The methods of destruction this pollutants was analysed.

В результате интенсивной деятельности человека в биосферу поступает большое количество экотоксикантов – химических соединений, которые наносят вред живым организмам и нарушают стабильность экосистем, приводя к их деградации. Среди экотоксикантов особую опасность для человека представляют пестициды, многие из которых являются мутагенами и канцерогенами, а также обладают сенсibiliзирующим

действием и сверхкумуляцией. Выявлена прямая корреляционная связь между средне-годовыми территориальными пестицидными нагрузками и уровнем обнаруженных у детей хронических фарингитов, нозофарингитов, хронических болезней миндалин, отитов, а также врожденных аномалий и пороков развития [1].

В настоящее время в сельском хозяйстве применяется большое количество разнообразных химических препаратов, которые вносятся в почву с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур, для борьбы с сорняками, вредными насекомыми и болезнями растений. Если показатель персистентности пестицида превышает вегетационный период, то соединение может накапливаться в продуктах питания. Эко-токсиканты обладают способностью мигрировать в окружающей среде и накапливаться не только в обрабатываемых, но и в лесных и луговых почвах, а также в поверхностных, грунтовых, подземных водах и донных отложениях [2].

Среди применяемых в настоящее время пестицидов наибольшую опасность для окружающей среды представляют хлорсодержащие ксенобиотики. Они относятся к высокотоксичным, стойким органическим загрязнителям, применение которых контролируется на международном уровне. Хлорорганические пестициды трудно поддаются биологической деструкции в природных условиях. Остатки агрохимикатов, запрещенных для использования в 70-х годах, таких как ДДТ, дильдрин, хлордан, обнаруживают в почвах и продуктах питания до сих пор.

Помимо непосредственного применения пестицидов, значительное воздействие на окружающую среду оказывается на таких стадиях их жизненного цикла, как производство (сточные воды, газовые выбросы) и хранение (захоронение) непригодных и запрещенных для использования препаратов. Остаточные количества хлорорганических и фосфорорганических пестицидов обнаруживаются через десятки лет в почвах и водоемах, прилегающих к площадкам захоронения, что является причиной увеличения числа онкологических заболеваний среди населения [3].

В настоящее время существуют следующие направления снижения пестицидных нагрузок на окружающую среду.

1. Создание новых биорациональных препаратов, экологически безопасных средств и методов защиты растений, таких, как феромоны, пищевые аттрактанты, антифиданты, ингибиторы синтеза хитина и др., а также средств химической коммуникации полезных насекомых.

2. Применение малолетучих и нестойких в почве препаратов с низкой способностью к миграции.

3. Разработка научно обоснованных гигиенических и экологических нормативов содержания пестицидов в воздухе, воде, почве, продуктах питания. При установлении гигиенических нормативов должна учитываться возможность одновременного поступления вещества с воздухом, водой и пищей. При разработке экологических нормативов необходимо оценивать воздействие вещества на все элементы экосистемы.

4. Использование, наряду с экономическим анализом, концепции риска при обосновании целесообразности применения пестицидов.

5. Разработка способов детоксикации ксенобиотиков, среди которых различают физические (адсорбционные), химические и биологические методы.

Опасность хлорорганических пестицидов необходимо оценивать не только с точки зрения их токсичности, но и по параметрам токсикокинетики исходных веществ и интермедиатов. Особенно важно учитывать этот фактор при химическом воздействии на ксенобиотики. В зависимости от механизмов протекающих процессов в результате

деструкции возможно образование большого количества различных продуктов и промежуточных соединений, часто более токсичных, чем исходные вещества.

Химическая деструкция пестицидов может происходить в природных условиях под воздействием различных факторов (кислорода воздуха, солнечного излучения, совместного присутствия нескольких ксенобиотиков). Основными химическими процессами превращения хлорсодержащих веществ в окружающей среде являются фотохимические, окислительно-восстановительные реакции и гидролиз. Опасность хлорсодержащих агрохимикатов может увеличиваться в присутствии радионуклидов. Под воздействием радиационного излучения из пестицидов возможно образование активных радикалов, обладающих высокой канцерогенной и мутагенной активностью. Это особенно актуально для Республики Беларусь, подвергшейся радиационному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС [4].

Вторичное загрязнение также имеет место при обезвреживании загрязненных почв, дренажно-коллекторных вод обрабатываемых земель и сточных вод производств по переработке сельскохозяйственной продукции химическими реагентами ( $H_2O_2$ ,  $O_3$ ), в присутствии катализаторов, под действием ультрафиолетового излучения, повышенной температуры и др.

Образование токсичных продуктов деградации пестицидов возможно также в результате химических превращений при водоподготовке, сопутствующих обесцвечиванию, обеззараживанию природных вод.

Таким образом, при протекании химических процессов с участием хлорорганических соединений существует опасность вторичного загрязнения. В отличие от биологической, химическая трансформация характеризуется большим разнообразием образующихся соединений. Поэтому при оценке опасности (токсичности) хлорсодержащих пестицидов актуальным является изучение процессов их химической деструкции. Исследования в этом направлении до настоящего времени не проводились, и при оценке опасности рассматриваемых веществ в основном исходят из параметров токсикокинетики исходных пестицидов. Контроль интермедиатов в почве не проводится.

В работе предлагается процедура и критерий оценки опасности пестицидов с учетом процессов их химической трансформации в окружающей среде и при обезвреживании. Реализация указанной методики позволит установить механизмы превращения ксенобиотиков, кинетику протекающих процессов, токсичность образующихся интермедиатов и продуктов в зависимости от воздействия различных факторов. Предлагаемая схема оценки опасности пестицидов представлена на рисунке.

В качестве интегральной величины, характеризующей опасность хлорорганических пестицидов с учетом процессов их трансформации и токсичности образующихся интермедиатов, предлагается ввести индекс опасности пестицида (ИОП) – эквивалент токсичности, приведенный к исходному веществу, определяющийся по формуле

$$\text{ИОП} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ЛД}_{50}^i * \tau_i}{\text{ЛД}_{50}^{\text{П}} * \tau_{1/2}}$$

где  $\text{ЛД}_{50}^{\text{П}}$  – летальная доза исходного вещества, мг/кг;  $\tau_{1/2}$  – время полураспада пестицида;  $n$  – количество интермедиатов, образующихся в процессе деструкции;  $\text{ЛД}_{50}^i$  – летальная доза  $i$ -го интермедиата, мг/кг;  $\tau_i$  – время “жизни”  $i$ -го компонента за период  $\tau_{1/2}$ .



Рис. Схема оценки опасности хлорорганических пестицидов

В настоящее время проводятся исследования процессов химической деструкции хлорорганических пестицидов с использованием методов газовой и жидкостной хроматографии для качественного и количественного анализа интермедиатов и продуктов трансформации. Полученные результаты могут служить основой разработки санитарно-гигиенических и экологических нормативов, а также использоваться при оценке воздействия пестицидов и агрохимических предприятий на окружающую среду. На основании исследований будут разработаны рекомендации по организации контроля стойких органических соединений с учетом закономерностей их трансформации и определены критерии оценки опасности, используемые при экологической маркировке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соколова Н.К. Мониторинг загрязнения почв ксенобиотиками и адсорбционные методы детоксикации//Агрохимия. – 1994. - №5. – С.117 – 123.
2. Фелленберг Г. Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию: Пер. с нем. – М.: Мир, 1997. – 232 с.
3. Ярмоленко А.С., Соколова Т.А. Ядомогильник – потенциальный источник загрязнения пестицидами окружающей природной среды//Материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности»-Санкт-Петербург, 1999. Т1.-С 150.
4. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.