

## ВЛИЯНИЕ ПЕСТИЦИДОВ НА ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ РАСТЕНИЙ И МИКРООРГАНИЗМОВ

Е.А. Саратовских

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук, Черноголовка, Россия, [earar@icp.ac.ru](mailto:earar@icp.ac.ru)

**Аннотация.** Исследованы пестициды: зенкор, лонтрел, базагран, тачигарен, тил, кузагард, раундап, сетоксидим и комплексы лонтрела с Fe, Co, Ni, Zn, Mo, Mn, Mg, Cu. Все эти вещества образуют комплексные соединения с аденозинтрифосфорной кислотой. Константы комплексообразования ( $K_{к/обр}$ ) коррелируют с физиологическими эффектами, вызываемыми у растений, почвообитающих коллембол и гидробионтов. Действие пестицидов приводит к энергодефициту, является причиной токсичности и приводит к гибели живых организмов.

**Ключевые слова:** пестициды, комплексы пестицидов с металлами, связывание с аденозинтрифосфорной кислотой, энергодефицит

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-1126-1134

Экологическая опасность химического загрязнения окружающей среды проявляется в прямом и опосредованном токсическом действии на живые организмы веществ, не предназначенных природой к естественному метаболизму. Техногенные выбросы в окружающей среде приводят к изменению нормального протекания биохимических реакций. В результате этого, экосистемы теряют способность к самоочищению. Накопление токсикантов в природных объектах обуславливает прогрессирующие темпы сокращения ресурсов – запасов питьевой воды, промысловых организмов, плодородия почв. Преобладающими загрязнителями окружающей среды являются пестициды и тяжёлые металлы, что было признано ещё в 1986 году на конференции ООН по окружающей среде и развитию [Коптюг, 1992].

Существует стойкое мнение, что применение гербицидов повышает урожайность полей. Однако, значительное количество научных исследований [Скурлатов и др., 1994; Яблоков, 1990] доказывают обратное: использование пестицидов не способствует росту урожайности, а приводит к обратному эффекту из-за уничтожения микрофлоры и гумусовых веществ плодородного слоя земли [Головлёва, Филькенштейн, 1984]. Имеющиеся в литературе данные показывают, что применение пестицидов обуславливает большинство болезней современного человека [Гичев, 2003; Ключников, 2005] и влечёт поражения последующих поколений теплокровных существ, в том числе человека. Следствие этого - рост числа генетических заболеваний, врождённых отклонений, снижение иммунного статуса организма, появление новых заболеваний. Системы санитарно-гигиенических и медицинских технологий помогают увеличить продолжительность жизни, но не сократить число больных людей, которое непрерывно растёт [Хомяков и др., 2001; Лисичкина, Чернова, 2003].

Поскольку пестициды не обладают избирательностью действия, то для повышения устойчивости сельскохозяйственных (с/х) культурных против действия конкретных пестицидов проводится создание генно-модифицированных (ГМО) видов растений [Siddavattam et al., 2003; Bayes et al., 2005; Pyke et al., 2004; Sakagami et al., 2005; Christoffers et al., 2002; Didierjean et al., 2002]. Абсурд ситуации усиливается расширением применения ГМО видов растений. Объяснить происходящее невозможно с научной точки зрения, но можно попытаться с экономической. Болезни и гибель людей во всех странах мира, огромные затраты правительств государств на: а) оплату больничных листов; б) строительство онко- и других медицинских центров; в) оплаты разного рода медицинских страховок и пр. – всё это приносит прибыль нескольким

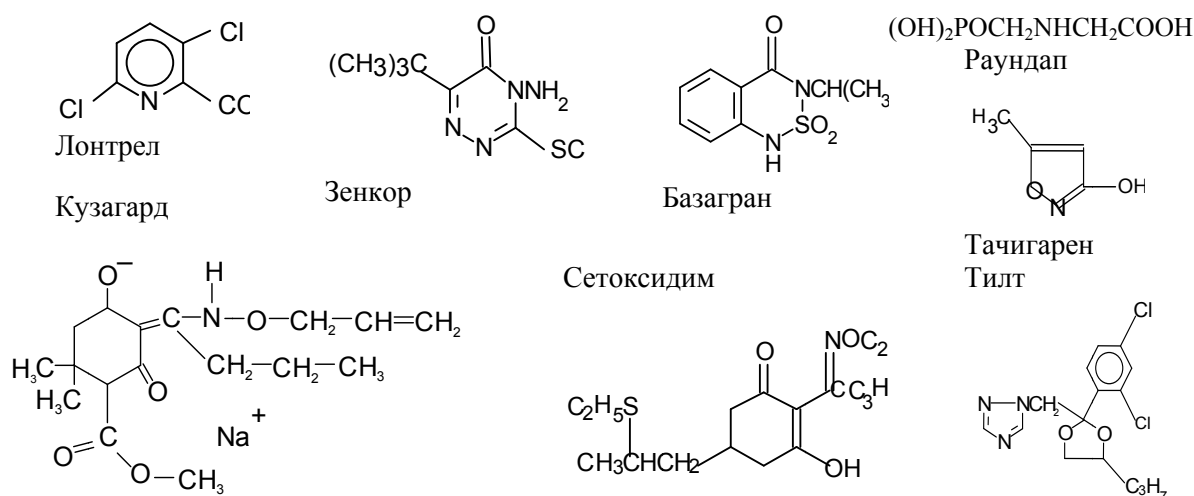
крупным химическим концернам. Несколько химических концернов производят: а) пестициды; б) ГМО сорта с/х культурных; в) лекарственные препараты – всё более дорогие и с серьёзными побочными эффектами.

**Экспериментальная часть.** В работе использовали действующие вещества гербицидов и фунгицидов (рис.1) выделяли из коммерческих форм экстракцией [Саратовских и др., 1988]. Синтез металлокомплексов лонтрела осуществляли кипячением спиртовых растворов лонтрела с соответствующими солями двухвалентных металлов [Алиев и др., 1988; Саратовских, 1989] (рис. 2).

### Результаты.

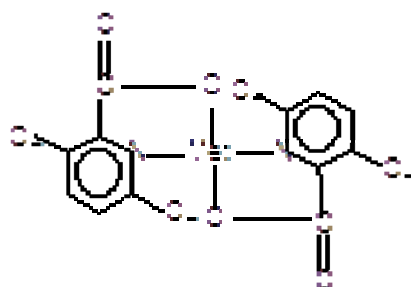
#### 1. Связывание АТФ - механизм ингибирования роста растений.

При обработке семян гербициды проникают внутрь семени и сохраняются в проростках, что приводит к ингибированию прорастания. Медленное прорастание с



**Рис. 1. Химические формулы действующих веществ, использованных в работе.**

биохимической точки зрения означает, что в клетках снижен уровень АТФ, а его увеличение коррелирует с выходом из состояния покоя. Прослеживается чёткая зависимость: с убыванием константы комплексообразования падает гербицидный эффект, вызываемый пестицидом (табл. 1). Та же тенденция прослеживается во влиянии пестицидов на прорастание семян злаковых культур.



**Рис. 2. Структура металлокомплексов гербицида лонтрел.**

Все комплексы металлов в концентрации  $10^{-8}$ – $10^{-4}$  М ингибируют прорастание семян гороха и пшеницы (рис. 3). Фитотоксические свойства металлокомплексов несколько отличны от свойств самого лонтрела.

Присутствие металлов: Co, Ni, Cu увеличивает ингибирующее действие лонтрела; Fe и Mn его несколько снижают. Это находится в соответствии с величинами  $K_{к/о}$  данных соединений с АТФ.

Опрыскивание вегетирующих растений пестицидами приводит к различным повреждениям: хлороз, некроз листьев, скручивание, полегание стеблей пшеницы, отмирание точки роста. Проращивание семян в присутствии АТФ и АТФ+пестицид показало, что лонтрел, зенкор, раундап, тилт на горохе; лонтрел, базагран, сетоксидим, тачигарен на пшенице проявляют сильно выраженную АТФ-зависимость. Всхожесть семян в среде АТФ+пестицид на 20-50% выше, чем без АТФ.

Таблица 1.

Подавление прорастания семян и образования хлорофилла в двудольных растениях (горох «Улановский юбилейный») при действии пестицидов и их константы комплексообразования с  $\epsilon$ -АТФ и их константы комплексообразования с  $\epsilon$ -АТФ

Пестицид, $[10^{-3} \text{ M}]$	зенкор	лонтрел	кузагард	сетоксидим	базагран	тачигарен	тилт
$K_{к/о} \cdot 10^{-3}, \text{ M}^{-1}$	26,5±3,3	15,9±2,0	9,7±0,5	5,0±0,3	4,7±0,4	1,1±0,04	0,8±0,06
подав. прораств%	92±4	90±1	80±10	75±5	60±10	55±5	45±10
$[\text{хлрф}] \cdot 10^{-3}, \text{ мл}^{-1}$	8,37	8,48	20,46	22,20	23,15	87,5	87,5

Содержание хлорофилла в образцах гороха и пшеницы на 5-7 день после обработки (табл. 1) демонстрирует обратную зависимость от  $K_{к/о}$  соответствующего пестицида.

Во всех сериях экспериментов, на двудольных и злаковых растениях чётко прослеживаются закономерности: а) максимально активны – зенкор и лонтрел; б) активны – раундап, кузагард, сетоксидим; в) слабо активны – базагран, тачигарен, тилт. Полученные данные показывают, что комплексование с АТФ – нарушение энергетического метаболизма или возникновение энергодефицита, реализуется *in vivo* в живой клетке.

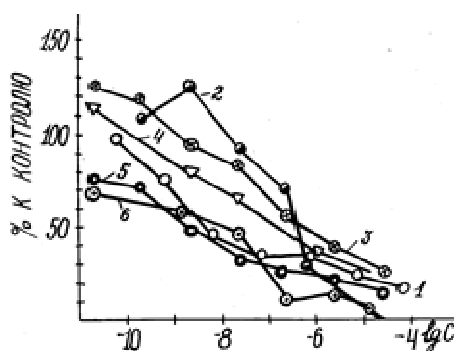


Рис. 3. Влияние комплексов гербицида лонтрел на прорастание злаковых культур. 1. – лонтрел; 2. –  $\text{CuL}_2$ ; 3. –  $\text{FeL}_2$ ; 4. –  $\text{MnL}_2$ ; 5. –  $\text{NiL}_2$ ; 6. –  $\text{CoL}_2$ .

2. Химическое взаимодействие с ДНК и РНК – причина изменения жизненного цикла микроантропоид.

При многократном внесении препаратов изменяются показатели процесса размножения (табл. 2). Наблюдается задержка появления первых кладок до 42 дней (14 в контроле) при внесении кузагарда ( $10^{-2} \text{ M}$ ). Снижается количество яиц в кладках: под влиянием кузагарда (50% от контроля,  $10^{-2} \text{ M}$ ) в большей степени, чем раундапа (60% от контроля,  $10^{-2} \text{ M}$ ). Продолжительность эмбрионального периода в присутствии раундапа 6 дней=контролю; кузагарда – возрастает в 1,5–2 раза. Кузагард снижает долю выхода ювенильных особей в 2,3 раза (при  $10^{-2} \text{ M}$ ); раундап – в 1,2–1,5 раза. Кратность

увеличения численности популяции через месяц после обработки раундапом (при  $10^{-2}$  М) падает в 2 раза; под воздействием кузагарда – более чем в 5 раз ( $10^{-2}$  М); в 2 раза ( $10^{-3}$  М), и только при  $10^{-4}$  М близка к контролю. Раундап оказывает большее влияние на первое поколение, кузагард на второе.

Комплексы оказывают существенное воздействие на общее число взрослых и молодых особей коллембол *Xenylla grisea* (*Hypogastruridae*) при однократной обработке во всех рассмотренных концентрациях. Рост концентрации увеличивает эффект. При  $10^{-2}$  М количество коллембол в 2 раза ниже, чем при  $10^{-4}$  М – за 5 недель. При равных исходных концентрациях действие  $CuL_2$  существенно сильнее, чем  $MnL_2$ : в 3,1 раза при  $10^{-4}$  М; в 2,6 раз при  $10^{-3}$  М. Аналогично – при  $10^{-2}$  М.

Таблица 2.

**Размножение коллембол при многократном внесении гербицидов**

Показатели	Кузагард <i>F. candida</i>		Раундап <i>F. candida</i>		Лонтрел <i>F. candida</i>		Базагран <i>C. denticulata</i>	
	Контр	$10^{-2}$ М	Контр	$10^{-2}$ М	Контр.	$10^{-2}$ М	Конт	$10^{-2}$ М
Сроки появления первых кладок, дни	14±0	42±0	3±0	3±0	10±0,6	48±1,5	6±2	8±0
Количество яиц в кладках (экз.)	100±1	50±1	51±10	30±20	16,3±4,9	5,3±1,8	12±48	12±3
Продолжительность эмбрион. развития (дни)	7±0	10±3	6±4	6±0	7,7±0,3	13,3±1,6	9±1	9±1
Доля выхода ювенильных особей, %	77±0	33±20	60±17	40±18	100±0	78±0	80±0	50±0
Кратность увелич. числ. через месяц	16±0	3±1,5	18±8	9±7	16±0	0,9±0	6,3±0	0,5±0

По убыванию воздействия на численность микроартропод, изученные вещества выстраиваются в ряд:  $CuL_2$ >лонтрел>кузагард>раундап>базагран> $MnL_2$ , который коррелирует с их  $K_{к/обр}$  с  $\epsilon$ -АТФ. Почти в 400 раз  $K_{к/обр}$   $CuL_2$  выше, чем  $K_{к/обр}$   $MnL_2$  – во столько раз  $CuL_2$  превосходит  $MnL_2$  по прочности связи с АТФ. По сравнению с лонтрелом,  $K_{к/обр}$   $CuL_2$  больше в 54,6; и в 7 раз меньше у  $MnL_2$ . Биологическая активность  $CuL_2$  также выше, чем у  $MnL_2$ . В большей степени  $MnL_2$  влияет на численность взрослых особей, а  $CuL_2$  – на численность потомства, прирост молоди самый низкий ( $10^{-4}$  М).

Комплексы пестицидов с ДНК [Саратовских и др., 1989] изменяют вторичную структуру двойной спирали. Сопоставление показателей размножения микроартропод (табл. 2) с  $K_{к/обр}$  пестицидов с  $\epsilon$ -ДНК и  $\epsilon$ -РНК [Саратовских и др., 1989], демонстрирует корреляцию молекулярных параметров с эффектами, проявляемыми живыми организмами. Рассмотренные пестициды изменяют строение и функции ДНК и РНК коллембол, что является причиной нарушения процесса размножения и снижения численности потомства. Величины  $K_{к/обр}$  токсичных химических соединений с нуклеотидами (АТФ, ДНК) коррелируют с биологической активностью, проявляемой пестицидами – степенью воздействия на жизненные циклы почвообитающих коллембол.

Таким образом, ингибирование энергетического метаболизма, энергодефицит клеток является причиной снижения численности почвенных микроартропод при соприкосновении с гербицидами.

3. Процессы комплексообразования, как причина формирования токсичности в организмах гидробионтов.

Токсичность растворов в отношении светящихся бактерии *Benekea harvey* возрастает пропорционально концентрации пестицидов [Саратовских и др., 2008]: нарастание токсичности максимальное у зенкора, наиболее слабое – у тачигарена (рис. 4). Тачигарен ( $10^{-1}$  М) нетоксичен – индекс токсичности  $T < 19\%$ . Базагран во всей области концентраций слабо токсичен:  $24 < T \leq 40\%$ . Высокая токсичность наблюдалась при концентрации зенкора  $5 \cdot 10^{-3}$  М; лонтрела –  $10^{-2}$  М; раундапа –  $10^{-1}$  М. Во всех концентрациях наибольшую токсичность проявляет зенкор. Токсичность пестицидов уменьшается в ряду: зенкор > лонтрел > раундап > базагран > тачигарен. Значения  $EC_{50}$  полученные на бактериях и инфузориях близки (табл. 3).

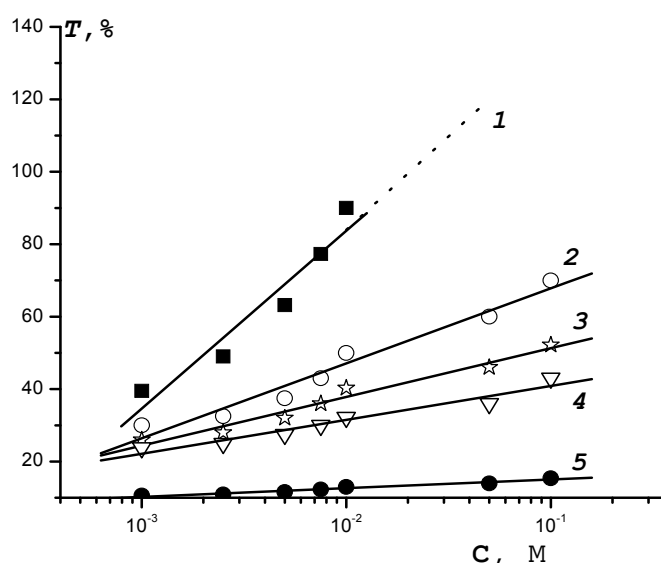


Рис. 4. Изменение токсичности в отношении *Benekea harvey* от концентрации пестицидов. 1. - зенкор; 2. - лонтрел; 3. – раундап; 4. - базагран; 5. – тачигарен.

Комплексы металлов обладают токсичностью по отношению к *Benekea harvey* вплоть до концентрации  $10^{-7}$  М. При концентрации  $10^{-4}$  М  $CuL_2$ ,  $CoL_2$ ,  $NiL_2$ , – а при  $10^{-3}$  М и выше – комплексы всех металлов проявляют токсичность в отношении *Tetrahymena pyriformis*  $K > 50\%$ . Различия в вычисленных значениях токсичности для *Benekea harvey* и *Tetrahymena pyriformis*, возможно, объясняется тем, что в первом случае – *in vitro* на модельной системе контролируется инактивация только одного фермента – люциферазы, в отличие от опыта *in vivo* на *Tetrahymena pyriformis* и повышением резистентности живого организма.

Таблица 3.

Значения  $EC_{50}$  пестицидов и комплексов металлов, М

пестицид	<i>Benekea harv.</i>	<i>Tetrahymena</i>	Комплекс	<i>Benekea harv.</i>	<i>Tetrahymena</i>
зенкор	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$CuL_2$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
лонтрел	$6,0 \cdot 10^{-3}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$	$CoL_2$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$
раундап	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$NiL_2$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$
базагран	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$5,0 \cdot 10^{-2}$	$MoL_2$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$
тачигарен	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$MnL_2$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-3}$
$MgL_2$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$ZnL_2$	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$

Токсичность комплексов металлов проявляется при концентрациях на один – два порядка более низких, чем любого из рассмотренных пестицидов (табл. 3).

Аналогично, параметры  $EC_{50}$  пестицидов и комплексов металлов указывают, что токсичность последних на один - два порядка выше, чем у всех пестицидов и исходного лиганда – лонтрела, в частности. В области изученных концентраций, как пестициды, так и комплексы металлов располагаются в одной и той же последовательности по убыванию степени токсичности.

Изменение токсичности в отношении *Tetrahymena pyriformis* от  $K_{к/обр}$  (рис. 5), свидетельствует о наличии корреляции между снижением ферментативной активности и репродуктивной способности инфузорий от величины энергодефицита, возникающего под действием пестицидов. Зависимость прямо пропорциональная: токсичность веществ с низкими значениями  $K_{к/обр}$  – наименьшая, а у веществ с высокими значениями константы, с высокой способностью к комплексообразованию – наибольшая. По отношению к *Benekea harvey* зависимость аналогичная. Наблюдается корреляция эффекта токсичности по отношению к бактериям и инфузориям от величины энергодефицита, создаваемого комплексами металлов. Обе зависимости прямо пропорциональные и имеют место при концентрациях  $10^{-1}$ - $10^{-7}$  М.

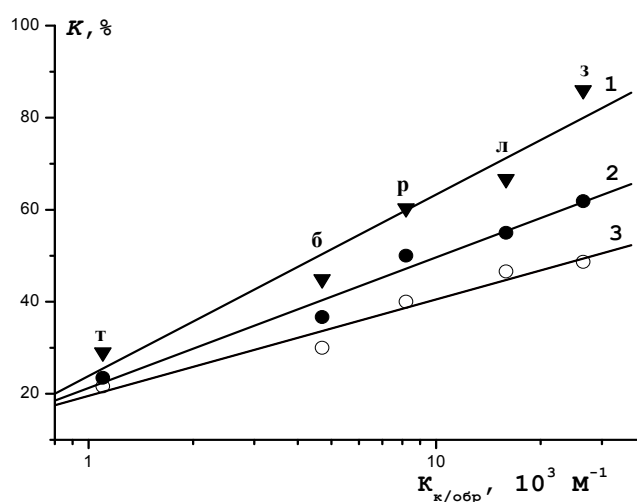


Рис. 5. Изменение степени токсичности пестицидов в отношении *Tetrahymena pyriformis* в зависимости от их констант комплексообразования с АТФ. Концентрации: 1 –  $10^{-1}$  М; 2 –  $10^{-2}$  М; 3 –  $10^{-3}$  М. з – зенкор; л – лонтрел; р – раундап; б – базагран; т – тачигарен.

Выявленная закономерность изменения величины токсичности пестицида от его константы комплексообразования с АТФ подтверждается литературными данными на большом количестве разных видов многоклеточных организмов (рис. 5). Она может быть использована в качестве экспресс-теста для определения токсичности ЗВ по отношению к гидробионтам.

**Заключение.** Проведённые нами исследования показывают, что при попадании пестицида (или его комплекса с металлом) внутрь организма происходит его химическое связывание с АТФ. Образуется прочный комплекс пестицид-АТФ, характеризующийся  $K_{к/обр}$ . Возникновение биоорганических комплексов приводит к нарушению энергетического метаболизма в организме. Возникает энергодефицит клетки, который приводит к её гибели и гибели всего организма. На организменном уровне, такой внутримолекулярный механизм действия пестицидов выражается в форме снижения ферментативной активности бактерий или репродуктивной способности инфузорий.

Причиной изменений, проявляемых растениями (гербицидный эффект, в отношении прорастания семян и вегетирующих растений, уровень хлорофилла), насекомыми; водными (ингибирование люциферазы, снижение прироста клеток), почвообитающими (изменение жизненных циклов, снижение репродуктивных функций) организмами, является подавление энергетического метаболизма и возникновение **энергодифицита** клетки, вследствие взаимодействия пестицида с АТФ.

Прерывание энергетических процессов и цепей транспорта электронов, блокирование функционирования цикла трикарбоновых кислот и фотосинтетических процессов – всё это результат энергодифицита, возникающего из-за образования комплексных соединений пестицидов с нуклеотидами.

Пестициды связываются с металлами, составляющими свободный пул внутри клетки и необходимыми для синтеза металл-содержащих ферментов. Таким образом, они ингибируют систему функционирования окислительно-восстановительных ферментов. В результате, в организме блокируются процессы жизнедеятельности, осуществляемые этими ферментами. С другой стороны, организм не может «вывести» токсины.

В клетке перечисленные химические реакции протекают одновременно. Полученные результаты дают основания утверждать, что пестициды являются опасными химическими токсикантами, применение которых в практике сельскохозяйственного производства приводит к химическому заражению почв и угрожает здоровью нации.

Применение пестицидов и гербицидов давно перестало способствовать росту урожайности [Скурлатов и др., 1994; Яблоков, 1990]. Их использование привело к весьма суровым негативным последствиям. Имеющиеся в литературе данные показывают, что пестициды обуславливают большинство болезней современного человека [Гичев, 2003; Ключников, 2005]. Конференция ООН по окружающей среде и развитию в 1986 году признала пестициды преобладающими загрязнителями окружающей среды [Коптюг, 1992]. Однако, масштабы применения пестицидов, гербицидов и ускорителей роста растений и животных не сокращаются. Фирмы-производители меняют названия препаратов, маскируя таким образом, одно и то же химическое действующее вещество, или же создают генно-модифицированные растения, устойчивые к тому или иному конкретному пестициду.

***Человечество уже перешло допустимый порог использования ёмкости природы и стоит перед лицом экологической катастрофы.*** Эта формулировка прозвучала в 1987 г. в докладе Премьер министра Норвегии Г.Х. Брунтланд, и получила развитие в 1992 г. на Конференции ООН на уровне глав государств и правительств по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро [Sustaining ..., 1997; Sustainable ..., 1996].

Экологическая защищенность отдельной страны или группы стран - иллюзия, поскольку в экологической угрозе доминирует глобальный фактор. Локальные улучшения, достигаемые за счёт разрушения экосистем и бесконтрольного использования природных ресурсов других регионов, приводят к дальнейшей деградации глобальной экосистемы и усилению экологической опасности для всех стран [Данилов-Данильян, Лосев, 2000; Бейтсон, 2005].

Полученные результаты и анализ имеющейся совокупности данных мировой научной литературы по всему спектру проблем, связанных с использованием пестицидов в практике сельского хозяйства доказывает, что применение пестицидов не приносит даже прямой пользы; некогда «отдалённые» последствия их введения в настоящее время обернулись огромным числом разнообразных заболеваний взрослого и детского населения, а, значит, и огромными экономическими убытками. На этом основании неизбежно напрашивается вывод – применение пестицидов следует резко сократить.

## Литература

Алиев З.Г., Атовмян Л.О., Саратовских Е.А., Криничный В.И., Карцев В.Г. Синтез, структура и спектральные характеристики комплексов меди с производными пиколиновой кислоты // Изв. АН СССР. Сер. хим. – 1988. – № 11. – С. 2495–2501.

Бейтсон Г. Шаги в направлении экологии разума: Избранные статьи по антропологии. Пер. с англ. – М.: КомКнига, 2005. – 232 с.

Гичев Ю.П. Загрязнение окружающей среды и экологическая обусловленность патологии человека: Аналит. обзор. – Новосибирск: ГПНТБ СО РАН, 2003. – 138 с. – (Сер. Экология, вып. № 68).

Головлёва Л.А., Филькенштейн З.И. Условия микробной деградации пестицидов // Агрехимия. – 1984. – № 3. – С. 105–119.

Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие. – М.: Прогресс-Традиция, 2000. – 416 с.

Клюшников В.Ю. Организм человека как индикатор загрязнений природной среды // Сенсор. – 2005. – № 3. – С. 26–33.

Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, июнь 1992г.): Информ. Обзор / СО РАН. – Новосибирск, 1992. – 62 с.

Лисичкина Г.В., Чернова Н.Н. (ред.) Человек и среда его обитания. – М.: Мир, 2003. – 460 с.

Саратовских Е.А., Кондратьева Т.А., Психа Б.Л., Гвоздев Р.И., Карцев В.Г. Комплексообразование некоторых пестицидов с аденозинтрифосфорной кислотой // Известия АН СССР. Сер. хим. – 1988. – № 11. – С. 2501–2507.

Саратовских Е.А. Синтез бидентатных комплексов 3,6-дихлорпиколиновой кислоты // Известия АН СССР. Сер. хим. – 1989. – № 10. – С. 2327–2329.

Саратовских Е.А., Козлова Н.Б., Байкова И.С., Штамм Е.В. Корреляционная зависимость между токсическими свойствами загрязняющих веществ и их константами комплексообразования с АТФ // Химическая физика. – 2008. – Т. 27, № 11. – С. 87–92.

Саратовских Е.А., Личина М.В., Психа Б.Л., Гвоздев Р.И. О характере взаимодействия ди- и полинуклеотидов с некоторыми пестицидами // Известия АН СССР. Сер. хим. – 1989. – № 9. – С. 1984–1989.

Скурлатов Ю.И., Дука Г.Г., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высш.шк., 1994. – 400 с.

Хомяков П.М., Кузнецов В.И., Алферов А.М., Бусаров В.Н., Дубовский С.Н., Иванов В.Д., Искандарян Р.А., Кирьянов Д.В., Кирьянова Е.Н., Конищев В.Н., Кривобок И.Г., Крутько В.Н., Менжухин Г.В., Пегов С.А., Савенко В.С., Смирнова В.А., Смолин В.С., Смолина С.Г., Тумель Н.В. Влияние глобальных изменений климата на функционирование экономики и здоровье населения России. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 380 с.

Яблоков А.В. Ядовитая приправа. Проблемы применения ядохимикатов и пути экологизации сельского хозяйства. – М.: Мысль, 1990. – 125 с.

Bayes A., Comellas-Bigler M., de la Rodriguez V.M., Maskos K., Bode W., Aviles F.X., Jongsma M.A., Beekwilder J., Vendrell J.S.O. Structural basis of the resistance of an insect carboxypeptidase to plant protease inhibitors // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. – 2005. – V. 102, No. 46. – P. 16602–16607.

Christoffers M.J., Berg M.L., Messersmith C.G., An isoleucine to leucine mutation in acetyl-CoA carboxylase confers herbicide resistance in wild oat // Genome. – 2002. – V. 45, No. 6. – P. 1049–1056.

Didierjean L., Gondet L., Perkins R., Lau S.M., Schaller H., O'Keefe D.P., Werck-Reichhart D.E.I. Engineering herbicide metabolism in tobacco and Arabidopsis with CYP76B1, a cytochrome P450 enzyme from Jerusalem artichoke // Plant Physiol. – 2002. – V. 130, No. 1. – P. 179–189.



Pyke F.M., Bogwitz M.R., Perry T., Monk A., Batterham P., McKenzie J.A. The genetic basis of resistance to diazinon in natural populations of *Drosophila melanogaster* // *Genetica* (Dordrecht). – 2004. – V. 121, No. 1. P. 13–24.

Sakagami H., Hashimoto K., Suzuki F., Ogiwara T., Satoh K., Ito H., Hatano T., Takashi Y., Fujisawa S. Molecular requirements of lignin-carbohydrate complexes for expression of unique biological activities // *Phytochem.* – 2005. – V. 66, No. 17. – P. 2108–2120.

Siddavattam D., Khajamohiddin S, Manavathi B, Pakala SB, Merrick M. Transposon-like organization of the plasmid-borne organophosphate degradation (opd) gene cluster found in *Flavobacterium sp.* // *Appl. Environ. Microbiol.* – 2003. – V. 69, No. 5. – P. 2533–2539.

Sustainable development: old conundrums, new discords // *System dynamics rev.* Cambridge, VCH. – 1996. – V. 12, No. 1. – P. 59–80.

Sustaining social security. – New York: United Nations, 1997. – 200 p.

## INFLUENCE OF PESTICIDES ON THE PHYSIOLOGICAL PROCESSES OF THE GROWTH AND MICROORGANISMS

E.A. Saratovskikh

Institute of Problems of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Chernogolovka, Moscow, Russia, [esarar@icp.ac.ru](mailto:esarar@icp.ac.ru)

**Abstract.** Pesticides: zenkor, lontrel, basragran, tachigaren, til, kuzagard, roundap, sethoxydim and lontrel complexes with Fe, Co, Ni, Zn, Mo, Mn, Mg, Cu have been studied. All these substances form complex compounds with adenosine triphosphoric acid. The complexing constants ( $K_c / ob$ ) correlate with the physiological effects caused by plants, soil-forming cymbol and hydrobionts. The action of pesticides leads to energy deficiency, is the cause of toxicity and leads to the death of living organisms.

**Keywords:** pesticides, pesticide complexes with metals, binding with adenosine triphosphoric acid, energy deficiency