

- разработанные математические модели наиболее полно отражают спектр территориальных особенностей почвообразования, что дает возможность использовать расчетные методы для любых участков (плакорных, склоновых);
- посредством введения поправочных коэффициентов возможен переход к оценке ДНЭ при условии антропогенного использования земельных ресурсов;
- широкое использование картографического материала и математического аппарата позволяет применять данную методику при составлении ГИСов и полной автоматизации данной величины;
- современное развитие ГИС-технологий в совокупности с предлагаемым математическим аппаратом позволяет разработать технологию получения практических результатов в виде синтетической цифровой карты ДНЭ некоторого участка, района, региона;
- создание автоматизированного блока оценки эрозионной устойчивости территории позволит на более высоком количественном и качественном уровне рассматривать перспективы использования земельных ресурсов Крыма, что позволит проводить более качественную их оценку.

Источники и литература

1. Волобуев В.Р. Энергетика почвообразования// Изв. АН СССР. – Сер. биол. – 1959. – №1. – С. 45–54.
2. Кочкин М.А. Почвы, леса и климат горного Крыма и пути их рационального использования / Никит. бот. сад. Научн. труды. Т. 38. – М.: Изд-во Колос, 1967. – 260 с.
3. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970. – 240 с.
4. Муха В.Д. Общие закономерности и зональные особенности изменения почв главных генетических типов под воздействием сельскохозяйственных культур. Автореф. дис. ...д-ра с-х наук. – Харьков, 1979. – 36 с.
5. Позаченок Е.А. Введение в геоэкологическую экспертизу. – Симферополь: Таврия, – 2000. – 270 с.
6. Региональная программа защиты почв Республики Крым от водной, ветровой эрозии и других видов деградации. Академия аграрных наук. Институт землеустройства. Крымский филиал. – Симферополь, 1995. – 230 с.
7. Справочник по почвозащитному земледелию / Под ред. И.Н. Безручко, Л.Я. Мильчевской.- К.: Урожай, 1990. – 278 с.
8. Таргульян В.О. Развитие почв во времени/ Проблемы почвоведения. – М.: Наука, 1982. – С. 108–113.
9. Чорний С.Г. Оцінка допустимої норми ерозії для ґрунтів Степу України// Український географічний журнал. – 1999. – № 4. – С. 22–27.
10. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – К.: Вища школа, – 1981. – 224 с.
11. Edwards, W.M., Owens, L.B. Large storm effects on total soil erosion // J/ Soil Water Conserve.- 1991.- V.46. – P.75–78.
12. McCormak, D.E., Vound, K.K. Technical and societal implications of soil loss tolerance // Soil conserv. probl. and prosp. roc. int. conf., 1981, pp. 365–376

Ибрагимова Э. Э.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ КРЫМА

В настоящее время большинство культурных ландшафтов, включая агроценозы, загрязнены различными экотоксикантами. В число наиболее стойких включают радионуклиды, тяжёлые металлы и остатки пестицидов. Особо выделяют стойкие органические загрязняющие вещества – так называемые представители «чёрной» дюжины, в их числе 9 пестицидов (альдрин, дильдрин, эндрин, хлордан, гептахлор, ДДТ, мирекс, токсафен, ГХБ), полихлорированные бензолы, полихлорированные дибензодиоксины и полихлорированные дибензофураны [7].

Основным депо пестицидов в наземных экосистемах является почва, в которую пестициды попадают при непосредственном применении (внесение до посева, до всходов или после всходов культуры), с протравленными семенами, с атмосферными осадками, оросительной водой. При этом значительная часть пестицидов включается в почвообразовательный процесс, то есть сорбируется почвенно-поглощающим комплексом, связывается с органическим веществом, перераспределяется по почвенному профилю, трансформируется под действием почвенных микроорганизмов. Установлено, что пестициды оказывают влияние на целлюлозоразрушающую, уреазную, каталазную активность почвы, изменяют выход в раствор аммонийного азота. Под их воздействием биологическая активность почвы изменяется неоднозначно, что определяется множественным характером взаимодействия поллютантов с почвенными ферментами и микроорганизмами [5]. Из загрязненной почвы некоторая часть пестицидов поглощается растительностью, а другая – выносится с поверхностным и грунтовым стоком, что обуславливает их попадание в водоемы. В результате попадания пестицидов в почву и водоемы образуются соответственно положительные гидрогеохимические аномалии, характеризующиеся повышенным содержанием этих ксенобиотиков по сравнению с фоновыми или предельно допустимыми концентрациями [1, 4].

Литературные данные свидетельствуют о том, что из загрязненной почвы значительные количества используемых в сельскохозяйственном производстве препаратов поглощаются корневой системой культурных растений и впоследствии распределяются по всему растению или локализируются в определенных органах, оказывая негативное влияние на физиологические и генетические процессы в растительном орга-

низме и урожай в целом.

Сельское хозяйство – важнейшая составная часть хозяйственного комплекса Крыма. Об этом свидетельствует его удельный вес в национальном доходе – 35%. Крымский регион лидирует по степени загрязнённости почв пестицидами – 16,9 кг/га, что в 2,5–4 раза выше по сравнению с другими регионами. В сельском хозяйстве АРК используется слишком много ядохимикатов и удобрений. При невысокой культуре земледелия часть их попадает в подземные и поверхностные воды, загрязняет сельскохозяйственную продукцию, убивает живые организмы, нарушая равновесие в природной среде [2, 15].

При применении различных пестицидов необходимо учитывать вероятность сохранения в определённых размерах остаточных их количеств, которые могут оказывать неблагоприятное действие на выращиваемые растения и чувствительность последующих сельскохозяйственных культур к ним, что вызывает необходимость разработки методов оценки вероятной угрозы последствия при применении новых пестицидов [17]. Знание загрязнения почвы персистентными пестицидами весьма важно, так как многие из них попадают в растения, которые аккумулируют из окружающей среды практически все экологические «вредности», и далее в пищевые цепи животных и человека. Главная опасность экотоксикантов заключается не в явном (остром) отравлении ими, а способности к негативному хроническому воздействию на организм. Постепенно накапливаясь в пищевых цепях, загрязняющие вещества достигают в кумулирующей их биоте критического уровня. По правилу трофической пирамиды органическое вещество каждого из последующих звеньев пищевой цепи прогрессивно уменьшается (примерно в 10 раз), а количество поглощённого консервативного поллютанта сохраняется неизменным, поэтому концентрация его постоянно возрастает. Человек, как консумент высшего порядка, рискует получить наибольшую концентрацию токсиканта [14].

Способность пестицидов и продуктов их распада кумулироваться в почве, растительных и животных организмах может привести к локальному загрязнению окружающей среды и нежелательным экологическим, экономическим и социальным последствиям. Особое беспокойство вызывает возможность загрязнения почв, воды, растений, в том числе урожая и продуктов его переработки, остаточными количествами пестицидов. В связи с этим особую **актуальность** приобретают данные о величине экологической опасности широко используемых в сельскохозяйственном производстве пестицидов.

Цель данного исследования заключается в определении величины экологической опасности некоторых пестицидов в загрязнении окружающей среды. В связи с этим нами проведена оценка экологической опасности ряда пестицидов, широко используемых в земледелии АР Крым. Одним из важных факторов, связанных с использованием пестицидов, является правильное определение их возможной экотоксичности. Знание коэффициента экологической опасности для персистентных препаратов весьма важно, так как многие из них поступают из почвы в растения и далее в пищевые цепи животных и человека [13, 18].

Материалы и методы исследования До настоящего времени возможная вредность оценивалась в основном по острой токсичности препарата, что недостаточно, так как большое значение имеют также продолжительность сохранения ксенобиотиков в объектах окружающей среды и их норма расхода. В связи с этим величину экотоксичности мы определяли по следующей формуле [8]:

$$\mathcal{E} = \frac{P \cdot H}{ЛД_{50}}, \text{ где}$$

\mathcal{E} – экотоксикологическая опасность, в экотоксах;

P – персистентность (период полураспада) в неделях для препаратов, вносимых в почву, или время ожидания в неделях для препаратов, применяемых на зеленых растениях;

$ЛД_{50}$ – летальная доза пестицида, вызывающая гибель 50% подопытных животных, мг/кг.

За единицу, названную «экотокс», принята величина, получаемая по данной формуле для хорошо изученного ДДТ при норме расхода 1 кг/га, токсичности для животных 300 мг/кг и персистентности 312 недель. «Экотокс» позволяет проводить сравнение опасности загрязнения почвы тем или иным веществом – чем больше значение данного показателя, тем большую возможную опасность представляет данное соединение [9]. Для расчета величины экотоксичности использовали справочные данные [6, 10, 12].

Результаты исследования Нами проведен анализ пестицидной нагрузки (кг/га) на обрабатываемые почвы в АРК (табл.1) за 2000–2002 гг.

Анализируя представленные данные, можно прийти к заключению, что за последние годы в Крыму отмечается тенденция к снижению пестицидной нагрузки на почвы. Однако вызывают тревогу данные, полученные по некоторым районам. Так, за период 2000–2002 гг. в Судакском районе данный показатель составил 5,2 кг/га, в Кировском районе – 2,7 кг/га, в Феодосии – 3,1 кг/га соответственно, при средней нагрузке 1,6 кг/га. Алушта характеризуется довольно низкой пестицидной нагрузкой, однако является лидером по загрязнённости почв тяжелыми металлами (соединения серы и медного купороса – 9,96 кг/га). В литературе имеются сведения о том, что при применении различных препаратов Си происходит загрязнение почвы тяжёлым металлом. Установлено, что повышенные дозы Си, при низких pH (< 4,5) почвенной среды и низком содержании гумуса, особенно токсичны для бактерий, водорослей, дождевых червей, ризобиальных организмов, а также корней растений [16].

Справочные данные препаратов, использующихся в земледелии Крымского региона и определенные путем математических расчетов показатели величин экотоксичности изученных пестицидов, представлены в таблице 2.

Табл. 1. Нагрузка пестицидов на гектар в 2000–2002 гг. в АР Крым

№	Наименование города, района	Нагрузка на гектар в 2000 году	Нагрузка на гектар в 2001 году	Нагрузка на гектар в 2002 году
1.	г. Симферополь	–	–	–
2.	г. Керчь	–	–	–
3.	г. Феодосия	3,2	3,1 (5,7)	3,1
4.	г. Евпатория	–	–	–
5.	г. Ялта	1,4	1,4	0,6
6.	г. Алушта	0,6 (13)	0,5 (9,8)	0,3 (7,1)
7.	Бахчисарайский район	0,7	0,6	0,6
8.	Белогорский район	1,6	1,4	1,2
9.	Джанкойский район	1,35	1,3	0,9
10.	Кировский район	1,7	1,7	4,7
11.	Красногвардейский район	1,4	1,4	1,2
12.	Краснопереконский район	2,7	1,5	1,4
13.	Ленинский район	1,5	1,8	2,0
14.	Нижнегорский район	3,8	1,1	0,8
15.	Первомайский район	1,8	1,2	1,4
16.	Раздольненский район	1,8	1,6	1,6
17.	Сакский район	1,0	0,5	0,4
18.	Симферопольский район	0,5	0,5	0,5
19.	Советский район	1,4	1,2	0,8
20.	Судакский район	5,7	5,7	4,3
21.	Черноморский район	2,3	1,9	0,7
Средняя нагрузка на гектар		1,9	1,6	1,5

Примечание: в скобках указаны показатели пестицидной нагрузки совместно с препаратами медного купороса и серы (кг/га).

Табл. 2. Сравнительная экологическая опасность некоторых пестицидов

Препарат	ЛД ₅₀ для крыс (мг/кг)	Время ожидания (недели)	Норма расхода (кг/га)	Экотоксичность, в экотоксах
Фозалон (бензофосфат, золон)	127	5	0,9	0,0354
Диметоат (БИ-58, фосфамид)	220	5	0,5	0,0113
Дельтаметрин (децис)	129	3	0,13	0,00030
Витавакс	3200	4	2,0	0,0025
ДНОК (динон)	62	8	6,0	0,774
Фюзилад (фузилад)	3328	1	2,0	0,0006
Каратэ	700	8	0,01	0,0001142
2,4-ДА	1175	2	0,8	0,012
СКОР	1453	0,067	3,0	0,00013
Эфаль	5800	1,6	3,0	0,00082
Актеллик	2050	0,45	3,0	0,0006
Тербуфос (кацнтер)	5,3	1,5	4,3	1,2100
Фастак	80	0,011	2,5	0,00031
Фьюри	106	0,018	3,0	0,00051
Дурсбан	126	4,2	35	1,16
Эупарен	1850	4,2	6	0,01362
Альдрин	38	7,4	0,6	0,116842
Эндрин	7,5	7,4	0,6	0,592
Фурадон (карбофуран, адифур)	11	7	1,1	0,70

Примечание: экологически опасные препараты

Из представленных материалов следует, что практически все наиболее применяемые современные препараты отличаются низкой величиной экотоксичности. Однако необходимо отметить, что некоторые из них обладают достаточно высокой острой токсичностью для животных и по этим параметрам могут быть отнесены к «чрезвычайно опасным» и «опасным» пестицидам [11]. Например, пестицид Децис с ЛД₅₀ = 129 мг/кг, имеет низкий уровень экотоксичности – Э = 0,00030, а пестициды, имеющие уровень ЛД₅₀ в пределах от 51 до 200 мг/кг относят к классу «опасных пестицидов».

Нами было проведено экспериментальное изучение влияния различных доз гербицида Тотрил на общебиологические и цитогенетические показатели клеток проростков корешков хлопчатника [3]. Установлено, что изученный препарат обладает достаточно выраженным действием на исследуемую культуру, о чем свидетельствует нарушение обмена нуклеиновых кислот, снижение митотической активности ткани, уменьшение всхожести семян, подавление ростовых процессов и накопление биомассы растущих корешков. Однако, при расчете величины экотоксичности изученного препарата, было установлено, что Тотрил обладает низкой экотоксичностью (Э = 0,00688), хотя, согласно экспериментальным данным, оказывает определенное неблагоприятное воздействие на генетический аппарат клетки. Таким об-

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ ШИРОКО ПРИМЕНЯЕМЫХ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ КРЫМА

разом, экотокс показывает сравнительную экотоксичность соединения и, следовательно, возможную опасность загрязнения почвы этими соединениями. Однако следует отметить, что низкая величина показателя экотоксичности не должна ослаблять внимания к технике безопасности при применении препаратов, поскольку она лишь характеризует сравнительную опасность для объектов окружающей среды возможных остаточных количеств соединений.

Амплитуда размаха величин экотоксичности (\mathcal{E}) изученных препаратов от 0 экотоксов (*малозотоксичный*) до 1,5 экотоксов (*чрезвычайно высокоэотоксичный*) представлена на рис. 1 и 2.

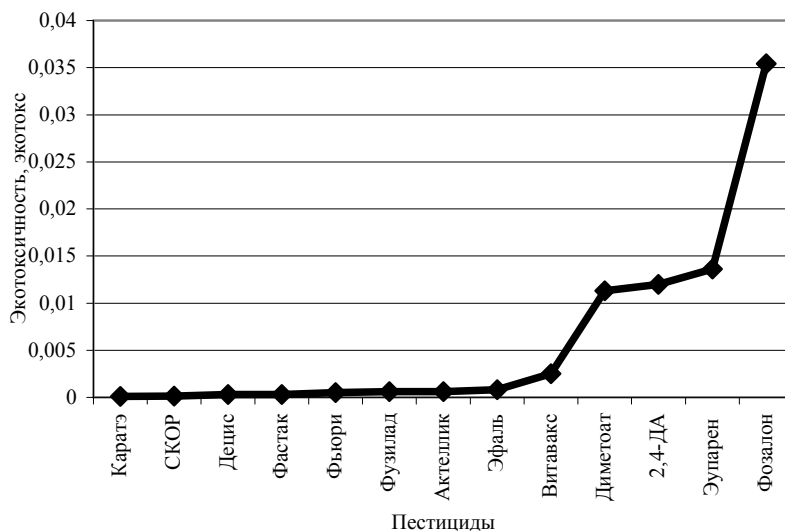


Рис. 1. Сравнительная экотоксичность пестицидов I степени экологической опасности

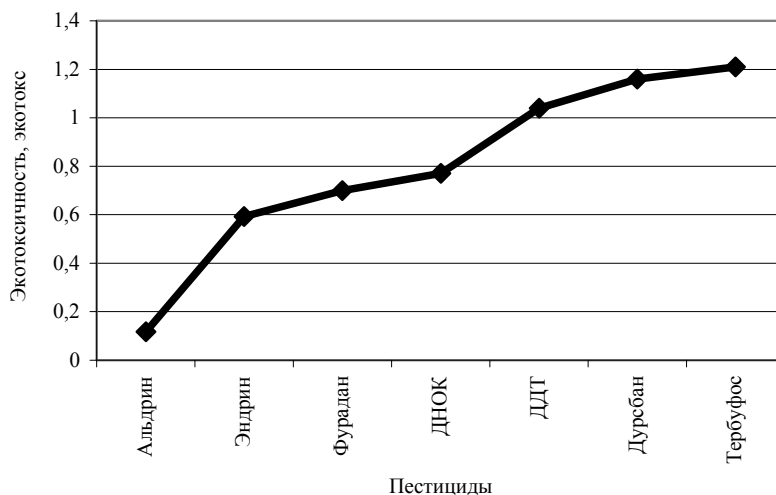


Рис. 2. Сравнительная экотоксичность опасных пестицидов II, III и IV степеней экологической опасности

Нами проведено ранжирование изученных препаратов по следующей градации:

- I степень – *малозотоксичные* препараты (\mathcal{E} – до 0,1 экотоксов);
- II степень – *среднеэотоксичные* препараты (\mathcal{E} = 0,11–0,4 экотоксов);
- III степень – *высокоэотоксичные* препараты (\mathcal{E} = 0,41–0,8 экотоксов);
- IV степень – *чрезвычайно высокоэотоксичные* пестициды (\mathcal{E} > 0,8 экотоксов).

Пестициды I степени экологической опасности могут быть рекомендованы к применению в сельскохозяйственном производстве. Однако при их использовании необходимо придерживаться строгих правил применения, так как многие из них при низком показателе экотоксичности, характеризуются высоким показателем острой токсичности для живых организмов (Децис), или обладают довольно выраженным генетическим эффектом на культурные растения (Тотрил); а также могут длительное время сохраняться в окружающей среде и вовлекаться в круговорот веществ (Альдрин).

Применение пестицидов II степени экологической опасности необходимо ограничить в сфере сельскохозяйственного производства, так как при их использовании повышается риск загрязнения почвы, водосточников, растительных организмов остаточными количествами и их дальнейшая миграция по пищевым цепям.

Особую тревогу вызывают пестициды с высоким уровнем экотоксичности – III и IV степеней экологической опасности, к которым относятся ДНОК, Тербуфос, Фурадан, Дурсбан, Эндрин (рис. 2). Использование указанных ксенобиотиков, по нашему мнению, необходимо запретить.

Полученные данные подтверждают необходимость расчета величины экотоксичности для оценки степени экологической опасности пестицидов и других веществ, тем или иным путем попадающих в окружающую среду.

ВЫВОДЫ

1. Пестицидная нагрузка в АРК за последние годы имеет тенденцию к снижению. Вместе с тем, г. Феодосия, Судакский и Кировский районы характеризуются довольно высоким уровнем применения пестицидов; г. Алушта является также лидером по загрязненности почв тяжелыми металлами.
2. Дана характеристика экотоксичности ряда пестицидов широко используемых в земледелии АР Крым.
3. При токсикологической оценке необходимо учитывать уровень экотоксичности пестицидов для исключения возможных отдаленных последствий
4. В результате ранжирования изученных препаратов, по 4-балльной шкале оценивания, выявлены наиболее опасные для объектов окружающей среды ксенобиотики экотоксичность которых близка к показателю токсичности печально известного ДДТ (Эндрин, Фурадан, ДНОК) и даже превышает указанный уровень (Дурсбан, Тербуфос). Пестициды IV степени экотоксичности рекомендуется исключить из сферы производства.
5. Масштабы применения препаратов II и III степеней экотоксичности следует либо ограничить, либо заменить их менее экотоксичными пестицидами.
6. При токсикологической оценке необходимо учитывать уровень экотоксичности пестицидов для исключения возможных отдаленных последствий
7. Дальнейшие исследования по определению и изучению последствий влияния на объекты окружающей среды, используемых в агропромышленном комплексе пестицидов, необходимо углубить с учетом их *генетического воздействия* на растительные организмы.

Источники и литература

1. Галиулин Р.В. Концептуальное моделирование поведения пестицидов в системе почва – вода – донные отложения // *Агрохимия*. 1999. – №4. – С 81–92.
2. География Крыма: Учеб. пособие для учащихся общеобразоват. учеб. заведений / Л.А. Багрова, В.А. Боков, Н.В. Багров. – К.: Лыбидь, 2001. – 304 с.
3. Ибрагимова Э.Э. Цитогенетическое и общебиологическое действие различных доз гербицида Тотрил на семена хлопчатника // *Ученые записки Крымского государственного инженерно-педагогического университета*. Выпуск 5. Симферополь, 2004. – С. 85–89.
4. Ивлев А. М. Биогеохимия. М.: Высшая школа, 1986. – 427 с.
5. Кочетков И. А., Лазарева И. О. Влияние некоторых загрязнителей на показатели биологической активности почвы // *Вопр. экол. и охраны природы в лесостеп. и степ. зонах* / Самар. гос. ун-т. – Самара, 1999. – С. 160–165.
6. Мартыненко В. И., Промоненко В. К. и др. Пестициды: Справочник.– М.: Агропроиздат, 1992. – 307 с.
7. Материалы субрегионального совещания по выявлению и оценке выбросов стойких органических загрязнителей СОЗ. – (РФ, С-Петербург, 1-4 июля 1997 г.) М.: ЮНЕП, 1998. – 288 с.
8. Мельников Н.Н., Белан С.Р. Об экотоксичности некоторых современных пестицидов. // *Защита и карантин растений*. – 1998. – №9. – С.10.
9. Мельников Н.Н., Белан С.Р. Органические соединения хлора в окружающей среде / *Агрохимия*. – 1998. – № 10. – С. 83–93.
10. Мельников Н.Н., Новожилов К.В. Химические средства защиты растений (пестициды). Справочник. – М.: Химия. 1980. – 288 с.
11. Ракитский В.Н. Новая генетическая классификация пестицидов // *Защита и карантин растений*. – 2000. – №3. – С.16–18.
12. Седокур Л.К. Справочник по пестицидам: Гигиена применения и токсикология. – К.: Урожай, 1986. – 200 с.
13. Федоров Л.А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспективы и перспективы. – М.: Наука, 1993. – С. 262.
14. Филипчук О.Д. Экотоксикологическая оценка агроландшафтов Южно-предгорной зоны табаководства России // *Агрохимия*. – 1999. – №10. – С. 82–88.
15. Экология Крыма. Справочное пособие / Под ред. Н.В. Багрова и В.А. Бокова. – Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное изд-во, 2003. – 360 с.
16. Alternativen gesucht // *Dtsch. Weinmag.* – 2000. – № 7. – С. 28–30.
17. Godson T.D. A decision-making scheme for managing the risk of damage to succeeding crops from carry-over of pesticide residues in soil // *Brighton Crop Prot. Conf. “Weeds”*: Proc. Int. Conf. Brit Crop. Prot. Coune., Brighton, 17-20 Nov., 1997. Vol. 3. – Farnham, 1997. – С. 1053–1058.
18. Ryan J., Lizdotte R., Lau D. // *Chemosphere*. 1985. V.14. – P.697.