

# ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ В ПОЧВЕ И РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ИНСЕКТИЦИДАМИ КЛАССА АВЕРМЕКТИНОВ И ПРОГНОЗ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА ПРИ ПОТРЕБЛЕНИИ КОНТАМИНИРОВАННОЙ ВОДЫ

Б.И. Шпак, А.Н. Антоненко, к.мед.н., доцент, Е.П. Вавриневич, д.мед.н., доцент,  
С.Т. Омельчук, д.мед.н., профессор

Национальный медицинский университет имени А.А. Богомольца, г. Киев, Украина

**Введение.** На сегодняшний день в мире существует тенденция интегрированной системы защиты растений, которая предполагает наряду с химическими средствами защиты растений применять и альтернативные экологически безопасные биологические препараты, в том числе и микробного происхождения [1].

Однако, даже после применения средств защиты растений, даже биологического происхождения, вследствие циркуляции в объектах окружающей среды, они могут интенсивно распространяться в окружающей среде, попадая в почву, воду, пищевые продукты, и наносить вред здоровью человека [1].

Учитывая вышеизложенное, **целью** работы была гигиеническая оценка устойчивости в почве и риска загрязнения грунтовых вод инсектицидами класса авермектинов и прогноз опасности для человека при потреблении контаминированной воды.

**Методы.** Нами были изучены представители класса авермектинов – абамектин и эмамектина бензоат. Авермектины – новый химический класс инсектицидов макроциклических лактонов, которые являются естественным продуктом и синтезируются почвенным микроорганизмом *Streptomyces avermitilis*.

Физико-химические свойства исследуемых инсектицидов приведены в таблице 1 [2].

В период с 2011 г. по 2017 г. на базе Института гигиены и экологии Национального медицинского университета имени А.А. Богомольца были проведены натурные эксперименты по изучению поведения действующих веществ класса авермектинов в почвенно-климатических условиях Полесья (Киевская, Житомирская область), Лесостепи (Киевская, Черкасская области) и область Украинских Карпат (Закарпатская область).

Условия применения исследуемого класса инсектицидов и характеристика почв названных регионов приведена в таблице 2. Норма расхода абамектина при максимальном количестве обработок составляла 0,036- 0,162 кг/га, эмамектина бензоата – 0,04-0,05 кг/га. С использованием метода математического моделирования, для оценки поведения

исследуемых инсектицидов в объектах агроценоза Украины, рассчитывали период полуразрушения ( $\tau_{50}$ ) веществ в почве.

Таблица 1

Физико-химические свойства исследуемых инсектицидов класса авермектинов [2]

Торговое название	Эмпирическая формула	$\log P$ $K_{o/w}$	Растворимость в воде, мг/л	$K_{oc}$
Абамектин	$C_{48}H_{72}O_{14} + C_{47}H_{70}O_{14}$	4,4	0,02	6633
Эмамектина бензоат	$C_{56}H_{81}NO_{15} + C_{55}H_{79}NO_{15}$	5,0	24,0	377000

Примечания: 1.  $K_{o/w}$  – коэффициент распределения «октанол-вода»;  
2.  $K_{oc}$  – коэффициент сорбции органическим углеродом в почве.

Оценку стабильности и миграционной способности исследуемых веществ в почве проведено с использованием Украинской классификации пестицидов по степени опасности ДСанПин 8.8.1.002-98 [3]. Данная классификация предусматривает разделение веществ по стабильности в почве на 4 класса: 1 – высокостойкие (при  $\tau_{50}$  более 120 суток), 2 – устойчивые (31-60 суток), 3 – умеренно стойкие (11-30 суток), 4 – мало устойчивые (менее 11 суток).

Прогнозирование возможности миграции исследуемых инсектицидов в подземные воды в почвенно-климатических условиях Украины осуществляли по ряду показателей. Индекс потенциального вымывания (GUS – Groundwater Ubiquity Score) [4].

Если величина  $GUS > 2,8$  – пестицид вероятно вымывается в грунтовые воды; если  $< 1,8$  – пестицид вероятно, не вымывается в грунтовые воды; 1,8-2,8 – возможность вымывания пестицида в грунтовые воды незначительная.

Определение потенциального риска для окружающей среды и здоровья человека при употреблении воды, содержащей остаточные количества исследуемых инсектицидов, проведено с использованием скрининг-модели их максимальной концентрации в грунтовых водах SCI-GROW. Модель SCI-GROW разработана специалистами Агентства по защите окружающей среды (EPA) США [5]. Данный показатель учитывает скорость деградации вещества в почве ( $\tau_{50}$ ), коэффициент сорбции органическим углеродом ( $K_{oc}$ ), норму расхода и кратность использования пестицида. В результате расчета получали максимально возможную концентрацию вещества в грунтовых водах в мг/л при норме расхода 1 кг/га или 1 л/га.

Таблица 2

## Условия применения исследуемых инсектицидов класса авермектинов

Действующее вещество	Препарат	Норма расхода препарата	Культура	Год исследования	Место обработки	Тип почвы
абамектин	Вертимек 018 ЕС, КЭ	1,0 л/га	огурцы	2011	Киевская область	дерново-подзолистые
		3,0 л/га	хмельники	2011	Житомирская область	дерново-подзолистые, черноземы
		1,0 л/га	соя	2014	Киевская область	дерново-подзолистые
		15 мл/10 л воды/6-8 деревьев	яблони	2015	Черкасская область	черноземы
		12 мл/5 л воды/0,1 га	огурцы	2015	Киевская область	дерново-подзолистые
		1,0 л/га	груши	2017	Черкасская область	черноземы
		10 мл/100 м <sup>2</sup>	груши	2017	Черкасская область	черноземы
	Сарапе, КЭ / Акарамик, КЭ	1,5 л/га	яблони	2016	Закарпатская область	дерновые оподзоленные, болотно-луговые и болотные
	Лирум 78 SC, КС	1,5 л/га	яблони	2016	Черкасская область	черноземы
	Оберон Репид 240 SC, КС	0,8 л/га	яблони	2016	Киевская область	дерново-подзолистые
Макрогард, СК	1,5 л/га	хмельники	2017	Житомирская область	дерново-слабо-подзолистые	
эмамектин бензоат	Проклейм 05 SG, РГ	0,5 кг/га	персики	2017	Черкасская область	черноземы
		0,4 кг/га	томаты	2013	Киевская область	дерново-подзолистые

Для оценки полученных показателей SCI-GROW был использован разработанный нами метод комплексной оценки возможного негативного влияния на организм человека пестицидов при их вымывании в воду, основанный на установлении максимально возможного суточного поступления пестицида с водой (МВСПВ) и последующем сравнении с допустимым суточным поступлением пестицида с водой (ДСПВ) [6]. Риск считали допустимым, если полученная величина  $(P) \leq 1$ .

**Результаты и обсуждение.** Результаты математического моделирования данных натуральных исследований, проведенных в почвенно-климатических условиях Украины, приведены в табл. 3. Было установлено, что между минимальными и максимальными значениями  $\tau_{50}$  исследуемых пестицидов нет значительной разницы. Полученные результаты сходны с результатами полученными в почвенно-климатических условиях других стран Европы. Это связано не только со схожими типами почв, но и крайне быстрым разрешением в них исследуемых веществ. Исследования стойкости абабектина проведены в Австрии (дерново-подзолистые, бурые лесные, выщелоченные оподзоленные черноземы), на Мальте (грунты близки по типу к материковым горным: красные средиземноморские, дерново-карбонатные и карбонатные); эмабектина бензоата – в Нидерландах (дерно-подзолистые, подзолистые и иловатые почвы).

При применении препаратов на основе изучаемых веществ на территории Республики Беларусь ожидаемо, что показатели стойкости абабектина и эмабектина бензоата в почве будут аналогичны, приведённым выше странам, так как для ее территории характерны аналогичные типы почв (дерново-карбонатные, бурые лесные, дерновые, дерново-подзолистые и другие).

Таблица 3

Нормы расхода, параметры устойчивости и миграции в грунтовые воды исследуемых инсектицидов

Действующее вещество	$\tau_{50}^1$ почва, сутки	$\tau_{50}^2$ почва, сутки	GUS <sup>1</sup>	GUS <sup>2</sup>	SCI-GROW <sup>1</sup> , мкг/л	Суточное поступление с 3 л воды, мкг / сутки	ДСП <sup>3</sup> , мкг/сутки	ДСП з водою, мкг/сутки	ДСП <sup>4</sup> , мкг / сутки
абабектин	1,74	1,8	0,043	0,045	$1,56 \times 10^{-04}$	$4,68 \times 10^{-04}$	12	2,4	72
эмабектина бензоат	0,95	2,6	0,035	-0,65	$6,00 \times 10^{-04}$	$18,00 \times 10^{-04}$	60	12	300

Примечания: 1 – максимальные результаты, полученные в почвенно-климатических условиях Украины; 2 – максимальные данные литературы [2]; 3 – с учетом величины ДСД утвержденной в Украине; 4 – с учетом величины ADI утвержденной в ЕС [2]; GUS – индекс потенциального вымывания; SCI-GROW – скрининг концентрации в грунтовых водах; ДСП – допустимое суточное поступление.

Согласно ДСанПин 8.8.1.002-98 [3] инсектицид класса авермектинов малоустойчивые (4 класс, малоопасные). Оценка вероятности загрязнения грунтовых вод проведена с использованием показателя GUS в почвенно-климатических условиях Украины и других стран Европы (табл. 3). Установлено, что при использовании в почвенно-климатических условиях Украины пестицидных препаратов на основе авермектинов риск загрязнения

грунтовых вод низкий – вещества вероятно, не вымываются в грунтовые воды. Стоит отметить, что в целом риск загрязнения грунтовых вод для исследуемых инсектицидов, значительно ниже, чем для других групп пестицидов, как в почвенно-климатических условиях Украины, так и остальных европейских стран [6].

Для оценки возможного негативного влияния на организм человека пестицидов при их вымывании в воду нами был рассчитан показатель SCI-GROW. Было установлено, что в почвенно-климатических условиях Украины максимально возможные концентрации исследуемых инсектицидов значительно ниже допустимых (табл. 3). Полученные допустимые величины колебались от 12 до 60 мкг/сут., с учетом величины допустимой суточной дозы (ДСД), утвержденной в Украине, и от 72 до 300 мкг/сут., с учетом величины ADI, утвержденной в ЕС [2].

**Вывод.** Полученные результаты показывают, что максимально возможные концентрации исследуемых инсектицидов в грунтовых водах незначительны (они практически отсутствуют), и намного ниже допустимых, что связано, в первую очередь, с низкими нормами расхода и свидетельствует об относительной безопасности для человека при употреблении воды, в которую могли попасть исследуемые соединения при их использовании в сельском хозяйстве против вредителей сельскохозяйственных культур.

### Литература

1. Таутанова А., Калиева А. Применение биологических препаратов в сельском хозяйстве // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2018. - № 1-8 (33). – С. 28-32.
2. BPDB: Bio-Pesticide Data Base [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/atoz.htm#E>. – Date of access: 02.07.2019.
3. Пестициди. Класифікація за ступенем небезпечності: ДСанПіН 8.8.1.002-98 – [Затв. 28.08.98] // Зб. важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань. – Київ, 2000. – Т. 9. – Ч. 1. – С. 249–266.
4. Gustafson, D.I. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability / D.I. Gustafson // Environmental Toxicology and Chemistry. – 1989. – № 8. – P. 339-357.
5. Cohen, S. Recent examples of pesticide assessment and regulation under FQPA / S. Cohen // Agricultural chemical news. – 2000. – p. 41-43.
6. Comparative hygienic evaluation and prediction of hazard to human health of groundwater contamination by herbicides of the most common chemical classes / A.M. Antonenko,

O.P. Vavrinevych, S.T. Omelchuk, M.M. Korshun // The unity of science. – Vienna, 2015. – P. 153–157.