

# ШАГ СМЕШЕНИЯ КАК КЛЮЧЕВОЙ ПАРАМЕТР ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРЕИМУЩЕСТВЕННОЙ МИГРАЦИИ ПЕСТИЦИДОВ В ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ PEARL

**А.А. Белик**

аспирантка 1-го года обучения кафедры физики и мелиорации почв  
МГУ имени М.В. Ломоносова

**А.А. Кокорева**

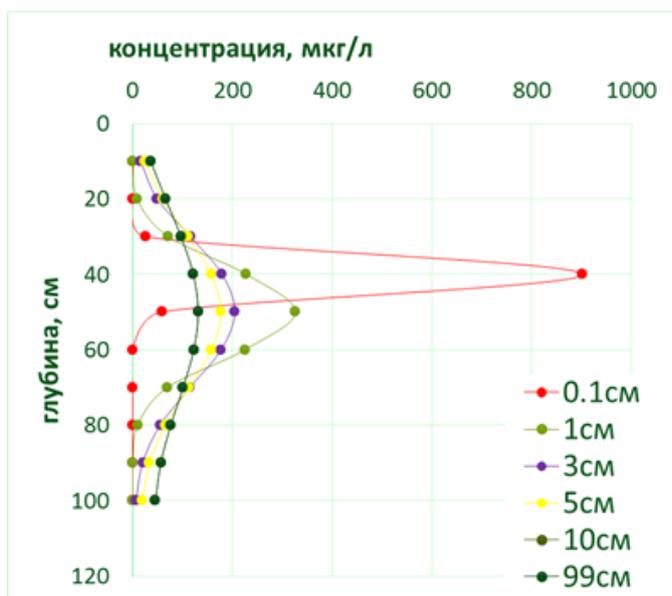
к.б.н., н.с. кафедры физики и мелиорации почв МГУ имени М.В. Ломоносова

Одним из видов деградации почв является их загрязнение, в том числе загрязнение почв пестицидами в результате бурного развития средств химизации сельского хозяйства в последние десятилетия. Типичными инструментами экологической оценки пестицидов являются физически обоснованные математические модели, позволяющие учитывать большое разнообразие природных факторов. В Российской Федерации для целей регулирования обращения с пестицидами рекомендована хроматографическая модель PEARL в сочетании с российскими сценариями входных данных (почва-погода-культура). Однако в реальной почве равномерного (хроматографического) фронта передвижения не наблюдается вследствие, прежде всего, быстрого передвижения веществ по макропорам и трещинам. Коэффициент, учитывающий диффузность фронта движущегося раствора, получил название «шаг смешения». Особенность внутрипочвенных путей преимущественной миграции веществ состоит в том, что большая часть веществ, передвигающаяся с почвенными растворами, не успевает взаимодействовать с почвенной матрицей и в сравнительно короткие сроки может оказаться в грунтовых водах [1].

Для предотвращения ошибок прогноза в процессе разработки сценариев важно пройти адаптацию и настройку модели, т.е. определение численных значений параметров модели и их доработку для точного описания движения токсикантов [3]. Оценка чувствительности модели PEARL, показала, что на максимальную концентрацию вещества в стоке оказывают влияние 4 основных параметра: это плотность почвы, содержание органического вещества, коэффициент фильтрации и шаг смешения. Следовательно, именно эти параметры необходимо учитывать для настройки модели. Особое внимание следует уделить шагу смешения, значение которого часто в модели задается по “умолчанию”.

При прогнозировании концентрации пестицида в почвенном профиле видно, что при увеличении шага смешения закономерно размывается фронт движения вещества. При этом, чем более размыт фронт движения (чем больше значения шага смешения), тем меньшие значения максимальной концентрации пестицида обнаруживаются (рис.1. А). Пестицид выходит дольше (пик концентрации более широкий), но максимальные концентрации в стоке меньше (рис. 1. Б).

А: Концентрация пестицида в профиле почвы на 300 день после внесения



Б: Концентрация пестицида в стоке с нижней границы профиля

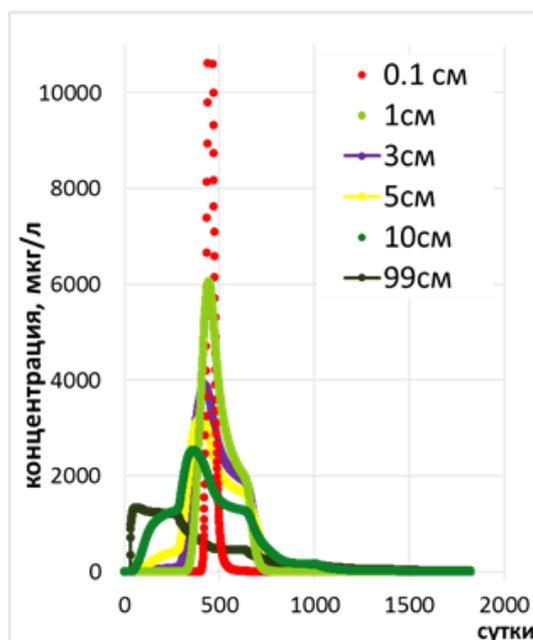


Рис. 1. Влияние шага смешения на прогноз модели

Не смотря на то, что при движении по преимущественным путям миграции выносится большое количество вещества и за короткий срок [2], так или иначе, но увеличение шага смешения, вводимого в модель, приводит к резкому увеличению его в стоке (прогнозом) в короткие сроки, после его применения, что характерно для явления быстрого проскока вещества по макропорам. Следовательно, варьирование шага смешения можно использовать для симуляции явления преимущественных потоков в хроматографической модели PEARL.

Для изучения миграции пестицидов в почве был проведен фильтрационный эксперимент для монолитов высотой 30 см и диаметром 10 см двух почв: дерново-подзолистой среднесуглинистой и аллювиальной серогумусной супесчаной. Определение концентрации пестицида (флуртамон) проводилось как в фильтрате, так и в почвенных образцах. Вынос флуртамона уже в первом такте составил до 40-50 % в дерново-подзолистой почве, в аллювиальной же общий вынос за 4 такта не достиг и 20 %. Концентрация флуртамона в верхних слоях аллювиальной почвы (500-800 мкг/кг) в 2,5-4 раза выше, чем в дерново-подзолистой почве (не превышает 200 мкг/кг). Наличие преимущественных путей миграции в дерново-подзолистой почве привело к тому, что пестицид не успевал взаимодействовать с почвенной матрицей и сорбировался в значительно меньшей степени, чем в случае переноса только с конвективным потоком (даже учитывая несколько большее содержание органического вещества в аллювиальной почве).

Непосредственно для определения шага смешения в почве были получены выходные кривые иона хлора (в монолитах проводилась одновременная фильтрация пестицида и хлорид-иона). Метод обратной задачи показал, что для дерново-подзолистой почвы значение шага смешения намного выше, чем для

аллювиальной (40-64 см и 4-9 см соответственно). Эти значения демонстрируют наличие перимущественных путей миграции в первом случае.

Для адаптации и настройки модели PEARL мы провели моделирование лабораторного эксперимента. Использование полевых коэффициентов фильтрации и значения шага смешения по умолчанию приводит ошибочному прогнозу. Особенно значительны различия между прогнозными и экспериментальными концентрациями флуртамона в стоке из агродерново-подзолистой почвы (табл. 1). Моделирование с использованием лабораторного коэффициента фильтрации или экспериментального значения шаг смешения по отдельности улучшают точность прогноза, однако только их совместное использование приводит к лучшему результату.

Табл. 1. Относительная концентрация пестицидов (C/C0) в стоке с нижней границы профиля

	Исходные значения Кф и $\lambda^*$	$\lambda^{**}$	Кф и $\lambda^{***}$	Кф <sup>****</sup>	Экспериментальные значения, %
Тип почвы	Прогнозные значения, % / ошибка модели, %				
<b>ФЛУРТАМОН</b>					
агродерново-подзолистая, I	4/-94	25/-63	52/-24	45/-34	68
агродерново-подзолистая, II	3/-96	25/-68	51/-35	41/-47	78
аллювиальная серогумусовая, I	6/-40	13/+30	13/+30	15/+50	10
аллювиальная серогумусовая, II	6	17	18	10	0

На основании приведенных данных можно заключить, что шаг смешения является неотъемлемой частью экспериментального обеспечения математической модели PEARL, с помощью которого можно имитировать явление преимущественной миграции. Полученные лабораторным путем значения этого параметра в дальнейшем могут быть использованы для построения сценариев, более точно учитывающих местные почвенные условия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Katagi, T. Soil Column Leaching of Pesticides / T. Katagi // Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, 221, 2013.
2. Сметник, А.А. Миграция пестицидов в почвах / А.А. Сметник, Ю.Я. Спиридонов, Е.В. Шеин. – М.: РАСХН-ВНИИФ, 2005. – 327 с.
3. Оценка чувствительности, настройка и сравнение математических моделей миграции пестицидов в почве по данным лизиметрического эксперимента / Е.В. Шеин [и др.] // Почвоведение. – 2009. – № 7.