

Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 3 (47). С. 82–89  
Vestnik Kurganskoy GSNA. 2023; (3-47): 82–89

### Научная статья

УДК 631.86:504.064

Код ВАК 4.3.1

EDN: YZRMUN

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МАССОПЕРЕНОСА В ПОЧВЕ С УПЛОТНЕННЫМ СЛОЕМ В ПРОЦЕССЕ УТИЛИЗАЦИИ СЖИЖЕННОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА

Петр Алексеевич Смирнов<sup>1✉</sup>, Михаил Петрович Смирнов<sup>2</sup>, Виктор Васильевич Алексеев<sup>3</sup>,  
Владимир Петрович Филиппов<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup> Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары, Россия

<sup>3, 4</sup> Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, Чебоксары, Россия

<sup>1</sup> smirnov\_p\_a@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6643-6657>

<sup>2</sup> sttmo@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0001-7067-3583>

<sup>3</sup> av77@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2780-1727>

<sup>4</sup> filippov\_v\_p@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7240-4405>

**Аннотация.** Цель исследований – моделирование пространственной локализации при внесении жидких органических удобрений. Внесение органических удобрений в современном сельском хозяйстве – ключевой аспект успешного выращивания. Однако в процессе внесения возникают проблемы, связанные с избыточной концентрацией питательных веществ в одних областях и недостатком в других. В работе рассматриваются проблемы внесения и моделирования пространственной локализации удобрений при утилизации бесподстилочного навоза. Их решение позволяет точно определить области, в которых концентрируются питательные вещества и соответственно корректировать параметры разрабатываемых орудий. Разработанная программа позволяет задавать широкий ряд начальных и граничных условий: градиенты влажности по глубине, расстояния между областями подачи веществ. Расчеты производятся с учетом законов гидрофизики почвы. Исследования показали, что моделирование дает возможность прогнозирования и выявления нежелательных ситуаций, связанных с появлением избыточных или недостаточных концентраций и их динамики. Использование моделей и расчетов массопереноса позволяет более точно определить оптимальные периодичность и объемы подачи удобрений. Решаемая проблема требует дальнейших исследований, связанных с улучшением алгоритмов программы и ее универсализации. Программное средство имеет графический интерфейс для возможности точно задать начальные и граничные условия, описывающие состояние почвенного профиля и визуализации результатов. Актуальность темы исследования подтверждается перспективностью бесподстилочного навоза в обозримом будущем. Изготовлен глубокорыхлитель-дренер (патент на полезную модель № 217154 U1). Практическое изучение модели проведено на подпахотном внесении сжиженного бесподстилочного навоза при закладке хмельника (глубина 40 см) и внесении жидкой фракции навоза на глубину 20 см в почву теплицы. Опыты показали идентичность модели.

**Ключевые слова:** внесение удобрений, фильтрация, навоз, кольматация, подпахотный слой, моделирование.

**Благодарности:** работа выполнена в рамках плана-задания по заданию НИР МСХ РФ на 2023 год по теме: «Разработка технологии и технических средств для внесения в подпахотный слой жидких органических удобрений».

**Для цитирования:** Смирнов П.А., Смирнов М.П., Алексеев В.В., Филиппов В.П. Моделирование массопереноса в почве с уплотненным слоем в процессе утилизации сжиженного бесподстилочного навоза // Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 3 (47). С. 82–89. EDN: YZRMUN.

### Scientific article

## MODELING OF MASS TRANSFER IN SOIL WITH A HARDPAN WHEN UTILIZING LIQUID MANURE

Pyotr A. Smirnov<sup>1✉</sup>, Mikhail P. Smirnov<sup>2</sup>, Viktor V. Alekseev<sup>3</sup>, Vladimir P. Philippov<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup> Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russia

<sup>3, 4</sup> I.N. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary, Russia

<sup>1</sup> smirnov\_p\_a@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-6643-6657>

<sup>2</sup> sttmo@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0001-7067-3583>

<sup>3</sup> av77@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2780-1727>

<sup>4</sup> filippov\_v\_p@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7240-4405>

**Abstract.** The purpose of the research is to simulate spatial localization when applying liquid organic fertilizers. The application of organic fertilizers in modern agriculture is a key aspect of successful cultivation. However, during the application process, problems arise associated with an excessive concentration of nutrients in some areas and nutrient lack in others. This work deals with the problems of applying and modeling the

© Смирнов П.А., Смирнов М.П., Алексеев В.В., Филиппов В.П., 2023