

23-1930

НА ДОМ НЕ ВЫДАЕТСЯ

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Монография

**ЦИФРОВЫЕ
ТЕХНОЛОГИИ
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА
И ОПТИМИЗАЦИЯ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

23-01930

Москва
2022

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

Монография

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО
МОНИТОРИНГА
И ОПТИМИЗАЦИЯ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Под редакцией И.И. Васенева

Москва
2022

УДК 519 : 631.58

ББК 26.1 + 41.41

Ц 75

Монография подготовлена в рамках исследований по Российско-Итальянскому проекту «Интеграция IoT датчиков и алгоритмов искусственного интеллекта для точного климатически сбалансированного сельского хозяйства и систем поддержки принятия решений» (грант Министерства науки и высшего образования РФ № 075-15-2021-1030). Внесена в РИНЦ.

Рецензенты:

доктор биол. наук, профессор **М.А. Мазиров**
(РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева),
доктор с.-х. наук, профессор **П.М. Сапожников**
(МГУ имени М.В. Ломоносова)

Ц 75 **Цифровые технологии агроэкологического мониторинга и оптимизация земледелия** / Под ред. И.И. Васенева. — М., 2022. — 240 с.
ISBN 978-5-6048783-0-9

Авторы: Васенев И.И. (введ., гл. 1–8, закл.), Александров Н.А. (гл. 5, р. 6.1), Андреева И.В. (гл. 7), Бесалиев И.Н. (р. 5.3, 6.4), Бузылев А.В. (р. 3.4), Валентини Р. (р. 1.2, 5.1, 5.2), Волков Я.А. (гл. 7), Габечая В.В. (гл. 7), Гоман Н.В. (гл. 8), Губарев Д.И. (р. 5.3, 6.2), Кузьмин А.В. (гл. 7), Мальчиков П.Н. (р. 5.3, 6.3), Мешалкина Ю.Л. (гл. 2), Морев Д.В. (гл. 6, 7), Нежевляк О.В. (гл. 8), Пивченко Д.В. (гл. 2), Потапова В.А. (р. 5.4), Серегин И.А. (гл. 5), Степанов А.В. (р. 1.1, 6.4, 8.1), Шахметов М. (гл. 8), Ярославцев А.М. (гл. 5, р. 1.2, 8.2, 8.4).

Ключевые слова: агроэкология, БПЛА, ДДЗ, ДЗЗ, земледелие, качество земель, модели, мониторинг, оценка земель, типизация земель, СППР, цифровизация, IoT.

В работе обсуждаются актуальные вопросы развития, апробации, локализации и верификации современных технологий и информационно-методической базы цифровизации агроэкологического мониторинга и оптимизации земледелия. Особое внимание уделяется системному анализу проблемных агроэкологических ситуаций, рамочным алгоритмам агроэкологической оценки земель, прогнозирования урожайности, оптимизации выбора рабочего участка, культуры (сорта), наилучшей доступной агротехнологии с учетом их агроэкологических особенностей и погодных условий вегетационного периода. Описаны структура агроэкологической системы поддержки принятия решений (СППР) и устройство миниатюрных полевых датчиков для IoT систем оперативного мониторинга. Приводятся результаты их полевого тестирования и анализа лимитирующих факторов урожайности мягкой и твердой яровой пшеницы на дерново-подзолистых глееватых почвах и черноземах в условиях четырех лесостепных областей Поволжья, Южного Урала и Западной Сибири, винограда – в условиях традиционного и органического возделывания в Крыму. Анализируется эффективность использования вегетационных индексов по данным спутникового зондирования, БПЛА и полевых IoT датчиков CropTalker.

ISBN 978-5-6048783-0-9

© РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
Глава 1. Современные агроэкологические проблемы и оптимизация земледелия в России	7
1.1. Проблемные агроэкологические ситуации сельскохозяйственного землепользования	7
1.2. Агроэкологические основы устойчивого развития земледелия в России	10
1.3. Агроэкологические основы устойчивого развития земледелия в России	23
Глава 2. Почвенно-агроэкологическое моделирование продукционного процесса в рамках цифровизации сельского хозяйства	32
2.1. Задача цифровизации сельского хозяйства России	32
2.2. Агроэкологические модели продукционного процесса	34
2.3. Система поддержки принятия решений по трансферу агротехнологии DSSAT	35
2.4. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для агроэкологического мониторинга	44
Глава 3. Автоматизированная система комплексной оценки и нормативного прогнозирования агроэкологического качества земель	49
3.1. Методические особенности комплексной оценки агроэкологического качества земель	49
3.2. Алгоритмы частной оценки агроэкологического качества почв и земель	50

3.3. Алгоритмы функциональной (факторной) оценки качества почв и земель	55
3.4. Региональная автоматизированная система комплексного агроэкологического анализа земель (РАСКАЗ)	61
Глава 4. Региональная агроэкологическая СППР выбора сорта и корректировки наилучшей доступной агротехнологий	75
4.1. Аналитическая блок-схема агроэкологической СППР выбора сорта и проектирования НДАТ	75
4.2. Алгоритм прогноза урожайности по ФАР и осадкам	81
4.3. Алгоритм уточнения прогноза урожайности с учетом бонитета почв и лимитирующих почвенных условий	83
4.4. Алгоритмы расчета рациональных доз удобрений на рабочем участке	87
4.5. Модули оптимизации выбора культуры на рабочем участке	94
4.6. Модули оптимизации выбора и модификации агротехнологии	96
4.7. Автоматизированная книга истории полей и адаптация СППР к условиям конкретного региона и хозяйства	99
Глава 5. Миниатюрные полевые датчики для IoT систем оперативного агроэкологического мониторинга	104
5.1. Создание прототипов миниатюрных полевых датчиков для IoT систем оперативного агроэкологического мониторинга	104
5.2. Лабораторная калибровка миниатюрных полевых датчиков для IoT систем оперативного агроэкологического мониторинга	109

5.3. Полевая верификация миниатюрных полевых датчиков для IoT систем оперативного агроэкологического мониторинга	112
5.4. Опыт по оценке пигментов в листьях растений посредством CropTalker	123
Глава 6. Выявление и анализ лимитирующих агроэкологических факторов продукционного процесса и урожайности пшеницы	136
6.1. Выявление лимитирующих агроэкологических факторов продукционного процесса мягкой яровой пшеницы на дерново-подзолистых глееватых почвах	136
6.2. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности твердой яровой пшеницы на черноземах в засушливых районах Юго-Востока	146
6.3. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности твердой яровой пшеницы на черноземах в Самарском НИИСХ им. Н.М. Тулайкова	152
6.4. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности твердой яровой пшеницы на черноземах в Оренбургском НИИСХ	156
Глава 7. Выявление и анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества винограда в условиях Крыма	163
7.1. Агроэкологические особенности современного возделывания винограда в условиях Крыма	163
7.2. Агроэкологические особенности объектов и методы исследования	168
7.3. Анализ лимитирующих агроэкологических факторов урожайности и качества винограда при разных системах землепользования	172

7.4. Анализ агроэкологического состояния почв виноградников по показателям почвенного дыхания	178
---	-----

**Глава 8. Анализ и моделирование лимитирующих
агроэкологических факторов урожайности пшеницы
в условиях Омской области** 187

8.1. Агроэкологические особенности интенсивного земледелия в лесостепной зоне Омской области	187
8.2. Агроэкологические особенности объектов и методы исследования	190
8.3. Анализ внутривольной неоднородности агроэкологического качества почв	195
8.4. Анализ и моделирование суточной и сезонной динамики агроэкологического состояния почв и посевов пшеницы по данным IoT мониторинга	205

Заключение	217
------------------	-----

Список использованной литературы	219
--	-----