7.2018 ISSN 0044-3913

# 3EMACEATE





МИКРОЭМУЛЬСИЯ СОВЕРШАЕТ НАУЧНЫЙ ПРОРЫВ!

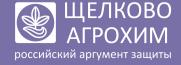
### ПРОТРАВИТЕЛИ

Бенефис, МЭ; Поларис, МЭ; Скарлет. МЭ: Туарег. СМЭ;

Депозит, МЭ

первый шаг к высокому урожаю **2019 года!** 

Все протравители поставляются с регулятором роста **Эмистим** 







#### АО Фирма «Август»

Центральный офис в Москве 129515, г. Москва, ул. Цандера, д. 6 Тел.: (495) 787-08-00 Факс: (495) 787-08-20



инновационные продукты

Трехкомпонентный системный протравитель против комплекса заболеваний зерновых культур

Обладает превосходной эффективностью против снежной плесени благодаря комплексному фунгицидному и физиологическому действию. Отлично подавляет широкий спектр возбудителей болезней зерновых, в том числе корневые гнили, головню и спорынью. Содержит уникальную комбинацию трех лучших в своих классах действующих веществ. Обеспечивает локальную дезинфекцию почвы, обеззараживание семян и длительную защиту растений от почвенной и аэрогенной инфекции. Способствует получению дружных всходов, формированию мощной и здоровой корневой системы, отличной перезимовке, закладке большего количества продуктивных стеблей.

С нами расти легче

avgust crop protection



#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science

#### СОДЕРЖАНИЕ

#### CONTENTS

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

О. А. Макаров, А. С. Строков, Е. В. Цветнов, Е. Н. Кубарев, Д. Р. Абдулханова, В. Н. Куделин, Н. А. Марахова. Экономическая оценка действия и бездействия по отношению к деградированным землям в Белгородской области О. Г. Чуян, Г. М. Дериглазова. Оценка агроклиматического потенциала продуктивности пашни для модели управления

агрохимическими свойствами почв

#### **USE OF SOIL AND AGRICULTURE SYSTEMS**

O. A. Makarov, A. S. Strokov, E. V. Tsvetnov, E. N. Kubarev, D. R. Abdulkhanova, V. N. Kudelin, N. A. Marakhova. **Economic Evaluation of Action** and Inaction in Relation to

- Degraded Lands in Belgorod Region O. G. Chuyan, G. M. Deriglazova. Assessment of Agroclimatic Potential of Arable Land Productivity for a Model of Management of Soil
- Agrochemical Properties

#### ПЛОДОРОДИЕ

**FERTILITY** 

- П. Н. Балабко, Р. Ф. Байбеков, А. А. Снег, Н. В. Орлова, Н. Г. Ракипов. Деградация аллювиальных почв долины р. Оки при интенсивном сельскохозяйственном использовании
- Д. И. Еремин, А. А. Ахтямова. Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании минеральных удобрений
- И. Г. Мельцаев, С. Т. Эседуллаев. Влияние доз внесения и способов заделки торфонавозного компоста на плодородие почв Верхневолжья и урожайность культур прифермского севооборота
- И. А. Бобренко, Н. В. Гоман, Н. К. Трубина, А. Г. Шмидт. Оптимизация применения птичьего помета под ячмень

на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири

P. N. Balabko, R. F. Baibekov, A. A. Sneg, N. V. Orlova, N. G. Rakipov.

Degradation of Alluvial Soils in the Valley of the Oka under Intensive Agricultural

- **12** Use
  - D. I. Eremin, A. A. Akhtyamova. Humus Mineralization in Arable Chernozem at Application of
- 16 Mineral Fertilizers
- I. G. Meltsaev, S. T. Esedullaev. Influence of Doses and Embedding Methods of Compost from Peat and Manure on Soil Fertility in the Upper Volga Region and Crop Yield 19 in a By-Farm Crop Rotation
  - I. A. Bobrenko, N. I. Goman, N. T. Trubina, A. G. Schmidt. Optimization of Application of Poultry Manure for Barley on Meadow-Chernozem Soil

of the Southern Forest-Steppe

23 of Western Siberia

Основан в 1939 г.

#### **УЧРЕДИТЕЛИ:**

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии

000 «Редакция журнала «Земледелие»

#### **ИЗДАТЕЛЬ**:

000 «Редакция журнала «Земледелие»

#### **ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ** КОЛЛЕГИИ:

- С. А. Балюк, академик НААН Украины, доктор сельскохозяйственных наук А. Н. Власенко, академик РАН и НА Монголии, доктор сельскохозяйственных наук
- Н. Г. Власенко, академик РАН, доктор биологических наук
- А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
- А. Л. Иванов, академик РАН, доктор биологических наук
- В. А. Иванов, почетный член редколлегии, главный редактор журнала «Землелелие» в 1978-2001 гг.
- А. Н. Каштанов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
- В. И. Кирюшин, академик РАН, доктор биологических наук
- В. В. Коломейченко, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
- В. В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
- В. В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук
- М. А. Мазиров, доктор биологических
- А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук
- П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
- И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

#### ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Р. Ф. Байбеков **BEPCTKA** Н. Ю. Луценко

#### контакты:

Тел./факс: +7 916 241 63 43

E-mail: jurzemledelie@yandex.ru www.jurzemledelie.ru

#### АДРЕС ДЛЯ ОТПРАВКИ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:

101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 629 Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати. телерадиовещения и средств массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № 77-9212 от 27 июня 2001 г.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «МЕДИАКОЛОР» 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, строение 10 Тел.: +7 (495) 786-77-14

Подписано в печать 10.10.18 Формат 60×90 1/8. Печать офсетная. Печ.л. 6,0+0,5 вкл. Заказ

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в журнале «Земледелие», возможны только с письменного разрешения редакции.

© "Земледелие". 2018.

Журнал «Земледелие» включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов (Перечень ВАК), рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (по агрономии).

Информация об опубликованных статьях поступает в систему Российского индекса научного цитирования.

Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, а также полнотекстовые версии статей находятся в свободном доступе в Интернете на сайте <u>www.jurzemledelie.ru</u>

Е. В. Шеин. М. А. Мазиров. А. И. Мартынов. Определение профильного распределения температуры почвы

на основании температуры ее поверхности

E. V. Shein, A. G. Bolotov. M. A. Mazirov, A. I. Martynov. Determination of the Profile Distribution of Soil Temperature Based on the Temperature

26 of the Soil Surface

#### полеводство и луговодство

#### **FIELD CROPS**

Н. З. Милащенко,

С. В. Трушкин. Резервы производства высококачественного зерна пшеницы в российском земледелии

Е. В. Гуреева. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области

А. И. Грабовец, К. Н. Бирюков. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи

Д. А. Иванов, О. В. Карасева, М. В. Рублюк. Результаты многолетнего мониторинга урожайности травостоев разного возраста в Центральном Нечерноземье

И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев. Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий

И. Г. Костин. Применение геоинформационных систем при инвентаризации многолетних насаждений и в точном земледелии 45 Plantations and in Precise Agriculture

N. Z. Milaschenko, S. V. Trushkin.

Reserves of Production of High-Quality Wheat Grain

30 in Russian Agriculture E. V. Gureeva. Influence of Hydrothermic Conditions on the Yield of Soybean Seeds in

34 Ryazan Region

A. I. Grabovets, K. N. Biryukov. Role of Foliar Fertilizing in the Cultivation of Winter Wheat and

36 Triticale under Drought Conditions

D. A. Ivanov, O. V. Karaseva, M. V. Rublvuk. Results of Long-Term Monitoring of Productivity of Grass Stands of Different Ages in the Central

39 Non-Black Soil Zone I. G. Pykhtin, A. V. Gostev. Conceptual Model of Designing the Database Structure for Agricultural Resource-Saving

42 Technologies

I. G. Kostin. Application of Geoinformation Systems in Inventory of Perennial

#### Уважаемые читатели!

В 2019 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге Роспечати 70329.

Возможна подписка через редакцию как на бумажную, так и электронную версию журнала.

Напоминаем авторам, что формирование планов и подготовка номеров начинается заблаговременно. Редакция заключает договоры с научными организациями и учебными учреждениями на издательские услуги по публикации статей. Заявки принимаются по электронной почте jurzemledelie@yandex.ru



DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10701

УДК 631.82

# Экономическая оценка действия и бездействия по отношению к деградированным землям в Белгородской области\*

О. А. MAKAPOB<sup>1, 2</sup>, доктор биологических наук, заведующий кафедрой (e-mail: oa makarov@mail.ru) А. С. СТРОКОВ<sup>3</sup>, кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник Е. В. ЦВЕТНОВ<sup>1,4</sup>, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Е. Н. КУБАРЕВ<sup>2</sup>, кандидат биологических наук, научный сотрудник Д. Р. АБДУЛХАНОВА<sup>1</sup>, младший научный сотрудник В. Н. КУДЕЛИН1, аспирант Н. А. МАРАХОВА<sup>1</sup>, аспирант <sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. Ленинские горы. 1. стр. 12, Москва, 119991, Российская Федерация <sup>2</sup>Учебно-опытный почвенноэкологический центр МГУ имени М. В. Ломоносова, пос. Чашниково, п/о Ударный, Солнечногорский р-н, Московская обл., 141592, Российская Федерация <sup>3</sup>Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, просп. Вернадского, 82, стр. 1, Москва, 119571, Российская Федерация <sup>4</sup>Автономная некоммерческая организация Евразийский центр по продовольственной безопасности (Аграрный центр МГУ имени М. В. Ломоносова), Ленинские горы, 1, стр. 12, Москва, 119991, Российская

Проанализирована динамика землепользования и NDVI растительного покрова в Белгородской области в период 2001–2009 гг. по данным дистанционного зондирования MODIS. Самое значительное сокращение площадей характерно для пастбищ, а наибольший рост – для территорий, занятых молодым лесом, что

Федерация

может свидетельствовать о выведении в этот период многих экономически неэффективных сельскохозяйственных земель в залежь и банкротстве молочных ферм с последующим зарастанием полей древесной растительностью. Стоимостная оценка указанного изменения землепользования выявляет отрицательный показатель роста экосистемных услуг (-3,5 млн долл. США). Общее снижение величины NDVI территории и плошалей экологически устойчивых земель можно трактовать как интенсивное развитие процессов легралации. Использование методологии экономики деградации земель (когда сравнивают цену действия по возвращению наиболее продуктивного растительного покрова и цену бездействия, то есть пассивного ожидания, когда продуктивность экосистемы ежегодно падает на какую-то величину) для периода 2001-2009 гг. выявляет экономическую оправданность инвестиций в восстановление продуктивности земель и поддержку экосистемных услуг на 6-летнем и 30летнем горизонтах планирования. Высокий уровень современного состояния сельскохозяйственного производства области, достигнутый в значительной степени за счет вложений в рост продуктивности земель, на практике подтверждает адекватность проведенного эколого-экономического анализа. Научно обоснованное восстановление продуктивности земель в Белгородской области позволило выйти сельскому хозяйству региона на показатели устойчивого роста. В период с 2010 г. по 2015 г. производство сельскохозяйственной продукции в регионе в фактических ценах выросло на 122,3 %.

**Ключевые слова:** деградация почв и земель, экосистемные сервисы, продуктивность земель, экономика деградации земель.

Для цитирования: Экономическая оценка действия и бездействия по отношению к деградированным землям в Белгородской области / О. А. Макаров, А. С. Строков, Е. В. Цветнов и др. // Земледелие. 2018. № 7. С. 3–5. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10701.

По определению, данному на саммите в Рио-де-Жанейро [1], устойчивое управление земельными ресур-

сами (УУЗР) означает использование земельных ресурсов, в том числе почв, вод, животных и растений для производства продуктов для растущих потребностей человека при условии обеспечения долговременного потенциала продуктивности этих ресурсов и поддержания их экологических функций. Очевидно, что нет единых методов УУЗР, которые были бы применимы во всем мире; даже для конкретных ландшафтов существует несколько альтернативных сценариев устойчивого землепользования. Для сравнения с ними, как правило, используют один из реально существующих сценариев, при котором нерациональные методы управления земельными ресурсами привели к снижению продуктивности почв и утере ландшафтом ряда экосистемных функций.

Необходимость развития такого подхода была сформулирована 21 сентября 2011 г., когда Секретариат Конвенции по борьбе с опустыниванием, Европейская комиссия и Правительство Германии объявили об открытии инициативы по Экономике деградации земель. Теоретические основы для этой инициативы разрабатывает Международный институт по исследованию продовольственной политики (IFPRI) и Университет Бонна; наработки этих учреждений изложены в ряде публикаций [2, 3, 4, 5]. Методику, созданную в рамках этого подхода, нередко называют именем одного из авторов – Й. фон Брауна.

Суть ее заключается в том, что оценивают изменение стоимости земель при смене типа землепользования или растительного покрова, например, при замене лесной растительности сельскохозяйственными угодьями или многолетних насаждений пастбищами. Сравнивают цену действия по возвращению наиболее продуктивного растительного покрова и цену бездействия, то есть пассивного ожидания, когда продуктивность экосистемы ежегодно падает на какую-то величину. Уменьшение стоимости земель расценивают как их деградацию. Такой метод позволяет учесть максимальное количество факторов, влияющих на экономическую эффективность использования земель: особое значение имеет то, что принимается во внимание и стоимость экосистемных сервисов, которая отличается при рациональном и нерациональном использовании земельных ресурсов.

<sup>\*</sup>Работа поддержана грантом РФФИ № 18-010-00775а.

Существующий опыт экономической оценки деградации земель, основанной на сравнении экономических показателей сельскохозяйственного производства при устойчивом управлении земельными ресурсами и при «традиционном» землепользовании» (подход «оценки действия / бездействия»), для субъектов Российской Федерации (Ставропольский край, Московская область, Тульская область), позволил оценить экономическую обоснованность восстановления (улучшения) продуктивности земель и поддержку экосистемных услуг в них [6]. Однако указанный опыт оценки регионов, к сожалению, пока недостаточен. Между тем, его применение, особенно для аграрных регионов нашей страны (куда относятся территории Центрально-Чернозёмного экономического района), подверженных активным процессам деградации почв, имеет особую научно-практическую актуальность.

Цель работы – экономическая оценка действия и бездействия по отношению к деградированным землям (согласно методике Й. фон Брауна) для региона Центрально-Чернозёмного экономический района – Белгородской области.

Белгородская область - территория интенсивного развития сельского хозяйства в нашей стране. По данным Белгородстата, в 2014 г. валовой сбор зерновых и зернобобовых в регионе составил 3524,8 тыс. т (3,35 % от РФ), сахарной свёклы (фабричной) -2814,1 тыс. т (8,4 %), подсолнечника - 314,84 тыс. т (3,49 %). Всеми товаропроизводителями (включая хозяйства населения и фермеров) реализовано на убой (в живой массе) КРС – 36,5 тыс. т (1,25 %), птицы 770 тыс. т (13,8 %), свиней 722,1 тыс. т (18,88 % от РФ). В хозяйствах всех категорий было произведено 544,2 тыс. т молока (1,77 %), 1300,2 млн. т. яиц (3,11 %) [7].

Территория области делится на два агроклиматических района, один из которых состоит из двух подрайонов. Граница между районами проходит по изолинии суммы температур выше 10 °C, равной 2600 °C, и имеет значительные отклонения от широтного направления, объясняющиеся неоднородностью физико-географических условий [7].

Площадь наиболее распространенных в области почв — чернозёмов — составляет 2090,8 тыс. га, или 77,1 % от всей площади Белгородчины, в том числе чернозёмов овражно-балочного комплекса (327,6 тыс. га). Площадь распаханных чернозёмов достигла 1484,9 тыс. га, или 89,9 % площади всей пашни. Среди чернозёмов преобладают

типичные (979,1 тыс. га) и выщелоченные (631,0 тыс. га), на третьем месте находятся обыкновенные – 318,9 тыс. га. Серые лесные почвы, представленные подтипами темносерых и собственно серых, вторые после чернозёмов по распространению, занимают 397,8 тыс. га. Затем следуют пойменно-луговые и лугово-болотные (129,9 тыс. га), чернозёмы солонцеватые (70,2 тыс. га), чернозёмы оподзоленные (64,2 тыс. га), черноземно-луговые (26,5 тыс. га) и лугово-черноземные (8,1 тыс. га) почвы и др. [7].

Почвенный покров Белгородской области подвержен различным деградационным процессам, среди которых можно выделить следующие:

эрозия – общая площадь эродированных почв составляет 53,6 %, в том числе сельскохозяйственных угодий – 50,7 %, почв пашни – 47,9 % [8];

исследованиях оперировали не традиционным делением земель по категориям их использования [10], а так называемыми «виды землепользования», предусмотренными MODIS (лес, кустарник, пастбища, посевы сельскохозяйственных культур, молодой лес, бесплодные земли, водные земли).

Анализ динамики изменения площадей различных видов земель в 2009 г., по сравнению с 2001 г., свидетельствует, что самое значительное сокращение площадей в Белгородской области характерно для пастбищ, а наибольший рост – для территорий, занятых молодым лесом (табл. 1). Это подтверждает факт перевода в залежь в тот период многих экономически неэффективных сельскохозяйственных земель, банкротство молочных ферм с последующим зарастанием полей древесной растительностью.

1. Изменения характера землепользования и общей стоимости экосистемных услуг на территории Белгородской области (2001–2009 гг.)\*

Вид	Изменение пло	щади земель	Изменение стоимости экоси-					
землепользования	га	%	стемных услуг, млн долл. США					
Лес	+1 421	+1	+4,3					
Кустарник	-1 257	-29	-2,0					
Пастбища	-3 813	-49	-10,9					
Посевы сельскохо-								
зяйственных культур	+233	0	+0,2					
Молодой лес	+3 553	+23	+5,6					
Бесплодные земли	-55	-7	0,0					
Водные земли	-82	-15	-0,7					
Всего			-3,5					

<sup>\*+</sup> увеличение; – уменьшение.

подкисление – доля кислых почв в 2010–2014 гг. составляла 45,8 % [7]; дегумификация;

загрязнение (в том числе, радионуклидами) – в результате чернобыльской катастрофы в наибольшей степени пострадали восточные районы области, где около 140 тыс. пашни были загрязнены цезием-137 в пределах 1...5 Ки/км<sup>2</sup>[7].

Для применения методики Й. фон Брауна изучали изменения в характере землепользования и величины NDVI растительного покрова в Белгородской области, произошедшие в 2001–2009 гг. по данным дистанционного зондирования MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) [9]. В связи с этим в проведенных

По результатам стоимостной оценки изменения землепользования. Белгородская область имеет отрицательный показатель роста экосистемных услуг (-3,5 млн долл. США), что связано со значительным уменьшением площади пастбищ, которые, с природоохранной точки зрения, более устойчивы, чем, например, посевы сельскохозяйственных культур.

Из-за падения общего уровня продуктивности растительности, которое выразилось в снижении индекса NDVI на исследуемом промежутке времени, площадь деградированных земель (428635 га) в Белгородской области больше, чем «улучшенных» (4182 га).

Результаты расчетов показывают (табл. 2), что стоимость бездействия

#### 2. Экономическая оценка деградации земель Белгородской области по методике Й. фон Брауна

	по потодино и фон эријии	
№ п/п	Показатель	Значение
1	Экономическая оценка деградации земель, млрд долл. США:	
	с учетом всех экосистемных услуг	0,058
2	с учетом только потери производства сельхозпродукции	0,0188
3	Стоимость действия против деградации, млрд долл. США:	
	за 6 лет	0,170
4	за 30 лет	0173
5	Стоимость бездействия против деградации, млрд долл. США:	
	за 6 лет	0,415
6	за 30 лет	0,8989
7	Соотношение стоимости бездействия к стоимости действия:	
	за 6 лет	2,43
8	за 30 лет	5,20

против деградации в Белгородской области выше стоимости действия: для горизонта планирования 6 лет – в 2,43 раза, для горизонта планирования 30 лет – в 5,20 раза. Это означает, что восстановление (улучшение) продуктивности земель и поддержка экосистемных услуг экономически оправданы [2, 3, 4, 5].

Как известно, деградация почв и земель в Российской Федерации достигла значительных масштабов к началу 2000-х годов [11]. Эрозия, агроистощение (в том числе, дегумификация), подкисление почв сельскохозяйственных угодий, зарастание пахотных угодий древесной растительностью, уменьшение площад пастбищ – все эти неблагоприятные процессы в полной мере проявились в нашей стране в первое десятилетие XXI века. Как уже было отмечено ранее, указанные процессы идут в Белгородской области до сих пор, однако с ними достаточно успешно борются (в частности, с развитием почвенной эрозии) [7].

Научно обоснованное восстановление (улучшение) продуктивности земель в Белгородской области позволило выйти сельскому хозяйству региона на показатели устойчивого роста. Так, в период с 2010 г. по 2015 г. производство сельскохозяйственной продукции в регионе в фактических ценах выросло на 122,3 %, или на 120,0 млрд руб. и в 2015 г. составило 218,1 млрд руб. Это 4,3 % от общей стоимости произведенной сельскохозяйственной продукции России [7]. По величине этого показателя Белгородская область занимает третье место среди регионов РФ (после Краснодарского края и Ростовской области).

Выводы. Анализ динамики землепользования и NDVI растительного покрова в Белгородской области в период 2001-2009 гг. по данным дистанционного зондирования MODIS показал развитие в этот период деградационных процессов, проявившихся через снижение величины указанного вегетационного индекса и уменьшение площади экологически устойчивых земель. Последовавшая за этим экономическая оценка действия и бездействия (по методике Й. фон Брауна) выявила экономическую оправданность инвестиций в восстановление продуктивности земель и поддержку экосистемных услуг на 6-летнем и 30-летнем горизонтах планирования. Высокий уровень современного состояния сельскохозяйственного производства области на практике подтверждает адекватность проведенного эколого-экономического анализа.

#### Литература.

- 1. Agenda 21: Press Summary. United Nations Earth Summit. New York: United Nations, 1992. 43 p.
- 2. The Economics of Land Degradation: Toward an Integrated Global Assessment, Development Economics and Policy / E. Nkonya, N. Gerber, P. Baumgartner, etc. Frankfurt am Main, Berlin, Bern, Bruxelles, New York, Oxford, Wien, 2011. XXII. 262 pp.
- 3. Von Braun J., Gerber N. The economics of land and soil degradation toward an assessment of the costs of inaction // Recarbonization of the Biosphere. Springer Netherlands, 2012. Pp. 493–516.
- 4. The Economics of Land Degradation / J. von Braun, N. Gerber, A. Mirzabaev, etc. // An Issue Paper for Global Soil Week, Berlin, 08-22 November, 2012. ZEF (Bonn), IFPRI (Washington), 2012, 25 p.
- 5. The Economics of Land Degradation / J. von Braun, N. Gerber, A. Mirzabaev, etc. // ZEF Working Paper Series. University of Bonn, 2013. № 109. 20 p.
- 6. Эколого-экономическая оценка деградации земель: монография / А. С. Яковлев, О. А. Макаров, С. В. Киселев и др. М.: МАКС Пресс, 2016. 256 с.
- 7. Лукин С. В. Агроэкологическое состояние и продуктивность почв. 2-е изд., доп. Белгород: КОНСТАНТА, 2016. 344 с.
- 8. Соловиченко В. Д., Уваров Г. И. Почвенно-географическое районирование территории Белгородской области: учебно-производственное пособие. Белгород: Отчий край, 2010. 40 с.
- 9. The Economics of Land Degradation in Russia / A. Sorokin, A. Bryzzhev, A. Strokov, etc. // Economics of Land Degradation and Improvement A Global Assessment for Sustainable Development. Cham: Springer, 2016. Pp. 541–576.
- 10. Федеральный закон от 25.10.2001 N 136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации» (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 15.07.2016) // Консорциум Кодекс [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/744100004 (дата обращения: 17.09.2018).
- 11. Деградация и охрана почв / под ред. Г. В. Добровольского. М.: Изд-во МГУ, 2002. 658 с.

### Economic Evaluation of Action and Inaction in Relation to Degraded Lands in Belgorod Region

O. A. Makarov<sup>1,2</sup>, A. S. Strokov<sup>3</sup>, E. V. Tsvetnov<sup>1,4</sup>, E. N. Kubarev<sup>2</sup>, D. R. Abdulkhanova<sup>1</sup>, V. N. Kudelin<sup>1</sup>, N. A. Marakhova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, str. 12, Moskva, 119991, Russian Federation <sup>2</sup>Educational-Experimental Soil and Environmental Center, Lomonosov Moscow State University, pos. Chashnikovo, p/o Udarnyi, Solnechnogorskii r-n, Moskovskaya obl., 141592, Russian Federation <sup>3</sup>Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, prosp. Vernadskogo, 82, str. 1, Moskva, 119571, Russian Federation

<sup>4</sup>Eurasian Center for Food Security (MSU Agrarian Center), Leninskie gory, 1, str. 12, Moskva, 119991, Russian Federation

Abstract. The dynamics of land use and NDVI of vegetation cover in Belgorod region was analyzed according to data of MODIS remote sensing during the period of 2001–2009. The area of pastures reduced in the greatest degree, but the areas, occupied by young forest, increased significantly. This indicates that during this period, many economically inefficient agricultural lands turned into idle lands, and dairy farms went bankrupt with the subsequent overgrowing of fields by tree vegetation. The valuation of this land use change reveals a negative growth rate of ecosystem services (-3.5 million U.S. dollars). The overall reduction of NDVI of the territory and areas of ecologically sustainable lands can be interpreted as intensive development of land degradation processes. The methodology of the economy of land degradation implies the comparison of the price of the action for restitution of the most productive vegetation cover and the cost of inaction, that is, passive waiting, when the productivity of the ecosystem falls annually on some value. For the period of 2001-2009, the use of this methodology revealed the economic justifiability of investments in the restoration of land productivity and support of ecosystem services in the 6-year and 30-year planning horizons. The high level of the current state of agricultural production in the region, achieved largely due to investments in the growth of land productivity, in practice confirms the adequacy of the environmental and economic analysis carried out. Scientifically based restoration of land productivity in Belgorod region enabled the agriculture of the region to achieve sustainable growth. In the period from 2010 to 2015, agricultural production in Belgorod region increased by 122.3% in actual prices.

**Keywords:** soil and land degradation; ecosystem services; land productivity; land degradation economics.

Author Details: O. A. Makarov, D. Sc. (Biol.), head of department (e-mail: oa\_makarov@mail.ru); A. S. Strokov, Cand. Sc. (Econ.), leading research fellow; E. V. Tsvetnov, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; E. N. Kubarev, Cand. Sc. (Biol.), research fellow; D. R. Abdulkhanova, junior research fellow; V. N. Kudelin, post graduate student; N. A. Marakhova, post graduate student.

For citation: Makarov O. A., Strokov A. S., Tsvetnov E. V., Kubarev E. N., Abdulkhanova D. R., Kudelin V. N., Marakhova N. A. Economic Evaluation of Action and Inaction in Relation to Degraded Lands in Belgorod Region. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 3–5. (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10701.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10702 УДК 631.524.84:631.41

# Оценка агроклиматического потенциала продуктивности пашни для модели управления агрохимическими свойствами почв

О. Г. ЧУЯН, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: agrochemgis@mail.ru) Г. М. ДЕРИГЛАЗОВА, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Курский федеральный аграрный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, ул. Карла Маркса, 70 б, Курск, 305021, Российская Федерация

На основе системного подхода, анализа научной литературы, сопряженных данных об урожайности сельскохозяйственных культур за длительные ряды лет и погодно-климатических условий в областях ЦФО и районах Курской области Центрального Черноземья выявлена возможность расчета величин климатически обеспеченной урожайности сельскохозяйственных культур при использовании минимально доступного набора агроклиматических показателей. Для условий территории ЦЧР (Курская область) изменчивость урожайности зерновых в зависимости от агротехники и погоды составляет 54 и 46 % соответственно. При элиминировании агротехнологического тренда за длительный период (45 лет) влияние агроклиматических условий обусловливает 25,2 % варьирования урожая, изменчивость которого носит циклический характер, аналогичный по периодичности изменению гидротермических условий (ГТК). К годам со средними условиями можно отнести только около 50 % лет, благоприятные условия возникают в 26...29 % случаев, неблагоприятные складываются в 23...26 % лет. Оценка ресурсов тепла и влаги для периода активной вегетации отдельных культур основана на учете среднемноголетних условий - продолжительности периода с температурой выше 10 °C (дней), суммы активных температур, суммы осадков за период с температурой выше 10 °C, весенних влагозапасов, а также кумулятивной кривой относительного (в долях единицы) накопления сумм температур и осадков в зависимости от длительности периодов. Оценка климатически обеспеченной продуктивности проводится по возможному расходу влаги, откорректированному с учетом отличия условий от оптимальных, и минимальным величинам коэффициентов водопотребления (транспирации) в расчете на оптимальные условия. Степень оптимальности по эффективности использования гидротермических ресурсов оценивается по отличию показателя увлажнения за вегетационный период от единицы.

**Ключевые слова:** ресурсы продуктивности, климатически обеспеченная урожайность, качество почв.

Для цитирования: Чуян О. Г., Дериглазова Г. М. Оценка агроклиматических ресурсов продуктивности для модели управления агрохимическими свойствами почв // Земледелие. 2018. № 7. С. 6–11. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10702.

Важнейший принцип современного сельскохозяйственного производства - использование интенсивных методов ведения отрасли с целью увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции [1, 2]. Несмотря на повышение культуры земледелия и технической оснащенности сельского хозяйства, зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур от погоды остается значительной, что и определяет колебание урожаев по годам. Климатические ресурсы зачастую имеют решающее значение в формировании урожая [3]. В большинстве сельскохозяйственных регионов России на долю погодных условий приходится 40...50 % общей амплитуды колебаний урожайности культур и лишь одна треть посевных площадей расположена в зоне гарантированных урожаев [4].

Необходимо отметить, что продуктивный потенциал реализуется в триединой системе: климатические условия – качество почв – агротехника. При этом доля почвенных ресурсов в формировании урожая сельскохозяйственных культур составляет не менее 50 % [5].

Агрономическое качество климата определяет значительное количество параметров, отражающих ту или иную степень проявления причинно-следственных связей в процессе формирования урожая

сельскохозяйственных культур. Для обобщённых оценок территорий обычно ограничиваются главными из них - приходом фотосинтетически активной радиации, суммой активных температур, суммой осадков, суммой дефицитов влажности воздуха, показателями радиационного баланса и испаряемости. Эти параметры в составе комплексных показателей оценки качества агроклиматических условий используют при балльной оценке биоклиматического потенциала Д. И. Шашко, биогидротермического потенциала продуктивности А. М. Рябчикова [6]. Дальнейшее развитие подходов этих ученых обусловило более тесную привязку исходных параметров к условиям вегетационного периода

Однако, характеризуя общий тренд изменений продукционного потенциала территорий в соответствии с изменениями показателей тепло-влагообеспеченности. основные комплексные показатели не отражают его снижения при одностороннем (при прочих равных условиях) повышении тепло- или влагообеспеченности. При этом, например, в условиях достаточной влагообеспеченности растения максимально используют солнечное тепло, накапливают наибольшее количество биомассы. При недостатке влаги ограничивается и использование тепла [8].

Климатические ресурсы – теплои влагообеспеченность – на равнинных территориях могут быть различными на уровне административных районов и областей. На территориях, расчлененных овражно-балочной сетью, различия обнаруживаются даже на уровне хозяйств, полей и рабочих участков [9].

В связи с изложенным, необходимо совершенствование подходов к оценке продукционного потенциала территорий для их практического использования при регулировании плодородия почв.

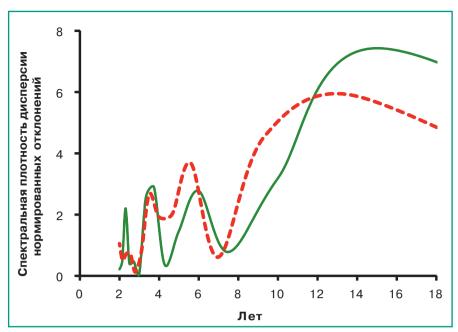
Цель работы – оценить агроклиматический потенциал продуктивности пашни для разработки модели управления агрохимическими свойствами почв.

Для ее достижения решали следующие задачи:

обосновать необходимый и достаточный комплекс агроклиматических характеристик для анализа продукционного потенциала;

усовершенствовать подходы к комплексной оценке гидротермических условий периода активной вегетации при использовании минимального доступного набора показателей для расчета климатиче-





**Рис. 1.** Периодичность изменений урожайности зерновых культур и гидротермических условий (ГТК): — продуктивность; — • • — ГТК.

ски обеспеченной продуктивности основных сельскохозяйственных культур;

провести апробацию предложенных алгоритмов при использовании среднемноголетних данных агроклиматических и почвенных характеристик различного уровня генерализации по территориям ЦЧР (на примере Курской области) и ЦФО.

Исследования проводили с использованием системного анализа результатов производственной деятельности хозяйств ЦЧР и включали концептуальное математическое моделирование с использованием сопряженного комплекса агроклиматических и почвенных параметров, а также показателей урожайности сельскохозяйственных культур. Климатические условия оценивали по количеству осадков, температуре и сумме активных температур за период вегетации сельскохозяйственных культур, а также по содержанию продуктивной влаги в метровом слое почвы.

Объектом для научно-теоретических обобщений послужили модели взаимосвязей между базовыми почвенными и агрохимическими параметрами свойств почвы, а также между ними и агроклиматическими показателями и продуктивностью сельскохозяйственных культур. Использовали методы вариационной статистики, а также корреляционнорегрессионный и дисперсионный анализ данных. Главные условия сопряженность данных и соответствие уровня их генерализации по средним и средневзвешенным данным для территорий с широким размахом условий и наличием

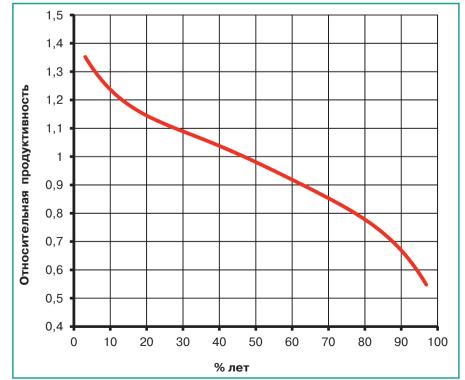
основного комплекса условий; в динамических рядах сопряженных (климат – урожай) данных для отдельных объектов с известными почвенными характеристиками.

Для анализа характеристик общей и сопряженной с погодноклиматическими условиями изменчивости урожая сельскохозяйственных культур использовали статистические данные по урожайности зерновых культур по Курской области в сочетании с применением минеральных и органических удо-

брений с 1966 по 2010 гг. За этот период урожайность повышалась и варьировала от 14,6 до 43,2 ц/га. Общий тренд ее изменения за 45 лет имеет как временную составляющую, связанную с развитием технологий, сортообновлением, так и эффект от удобрений - множественный коэффициент корреляции 0,68. Отклонения от тренда по годам принимали за влияние текущих погодных условий и оценивали в процентах изменения относительно среднего и в виде коэффициентов к среднему по тренду. Климатические условия учитывали за 41 год.

Оценка относительных изменений урожайности зерновых по Курской области показала, что только в зависимости от фактора погодных условий она варьирует на 25,2 %. При этом вклад в общую изменчивость урожайности агротехники и погоды составляет 54 и 46 % соответственно. К средним условиям можно отнести только около 50 % лет, благоприятные условия возникают в 26...29 % случаев, неблагоприятные, связанные как с недостатком влаги, так и тепла складываются в 23...26 % лет.

Спектральный анализ временных рядов за 30 и более 40 лет показал тесную сопряженную периодичность гидротермических условий вегетации и изменений продуктивности зерновых культур. Максимальные значения, зарегистрированные в указанные периоды, соответствуют солнечному циклу (рис. 1).



**Рис. 2.** Ордината кривой обеспеченности урожайности зерновых культур по Курской области в связи с гидротермическими условиями.

Вероятность формирования определенного уровня урожая относительно средней оценивали путем построения кривой обеспеченности (рис. 2).

Согласно расчетам в многолетнем цикле сбор урожая выше среднего на 15 % и более возможен 1 раз в 6...7 лет, а 80 % вероятности соответствует урожайность только 76 % от средней.

В иерархической структуре категорий уровней продуктивности формирование максимально возможного урожая зависит от основных лимитирующих факторов [10]. Поступление фотосинтетически активной радиации, как правило, не ограничивает продуктивности посевов, поэтому практически значимым уровнем оцениваемой продуктивности может быть принята климатически обеспеченная урожайность (КОУ), оцениваемая по ресурсам тепла и влаги.

Из законов равнозначности и незаменимости, а также совокупного действия факторов жизни растений следует, что для оценки потенциала продукционного процесса необходимо учитывать фактические ресурсы тепла и влаги, а также их соотношение.

Объективной основой такой оценки служат тесные зависимости между накоплением сухого вещества и транспирацией, транспирацией (эвапотранспирацией) и гидротермическими условиями, поэтому для практических целей целесообразно пользоваться самыми доступными показателями и при этом опираться на наиболее общие взаимосвязи, как непосредственно агроклиматических показателей, так и зависимости продукционного процесса от складывающихся условий.

Мера возможного расхода влаги - испаряемость при достаточном количестве влаги, которая может неограниченно расходоваться на испарение [11]. В условиях дефицита влажности почвы в теплое время года, испарение зависит в первую очередь от запасов влаги в почве [12]. Главная особенность этого процесса – наличие обратной связи скорости испарения с результатами испарения, при этом суммарное количество испарившейся воды не может превысить как запасов влаги, так и испаряемости за тот же период.

Для годового цикла на территории РФ с коэффициентом увлажнения от 0,35 до 1,5 (n=81) выявлено, что фактическое испарение прямо пропорционально ресурсам влаги, а доля испарившейся влаги определяет испаряемость за тот же

период, нормированная по емкости деятельного слоя, при насыщении которого испарение не лимитирует сама влажность.

В общем виде зависимость испарения от испаряемости и ресурсов влаги можно охарактеризовать следующим выражением:

$$E = P \cdot (1 - exp(-0.36 \cdot exp(E_0/P_M)) \times (E_0/P_M))), \tag{1}$$

где  $P_{\scriptscriptstyle M}$  – максимальная емкость деятельного слоя почвы, мм;  ${\rm E_0}$  – испаряемость за период вегетации, мм.

Расчетные величины  $P_{\scriptscriptstyle M}$  для исследованной выборки данных варьируют от 450 до 600 мм и в среднем составляют 500 мм, что близко по величине и физическому смыслу соответствует полной влагоемкости слоя 1 м. При использовании средних величин  $(P_{\scriptscriptstyle M})$  расчетные значения испарения воспроизводят фактические с коэффициентом детерминации 0,94.

Испарение с поверхности почвы зависит от ее свойств и метеорологических условий внешней среды, а транспирация, в том числе обусловлена совокупным влиянием внешних и внутренних факторов жизни растений [13, 14]. При этом физические составляющие эвапотранспирации как расходной части водного баланса сельскохозяйственного поля (транспирация растений и испарение с поверхности поля) в целом зависят от одних и тех же факторов - состояния влажности почвы (воздуха), температуры воздуха (почвы).

Активная роль растительного покрова обеспечивает испарение той доли влаги, которая не реализуется при его отсутствии. Возможность большего или меньшего использования влаги в зависимости от наличия соответствующих ресурсов характеризует только общую направленность изменений продукционного потенциала территорий, поскольку отражает только физическую составляющую процесса.

Сложные регуляторные механизмы растений обусловливают различную эффективность использования влаги в зависимости от складывающихся условий. Эффективная реализация имеющихся ресурсов в продукционном процессе зависит также и от их соотношения. Для условий с недостатком влаги установлено, что продукция сухого вещества пропорциональна отношению испарения (транспирации) к испаряемости  $(E/E_0)$  [15, 16].

Недостаток тепла при одностороннем повышении влагообеспе-

ченности можно охарактеризовать относительным испарением по ресурсам влаги (E/P). В совокупности это обусловливает наличие параболической зависимости продуктивности сельскохозяйственных культур от соотношения влагообеспеченности (как суммы весенних влагозапасов и осадков вегетационного периода) и испаряемости ( $P/E_0$ ). При этом максимальной эффективности использования гидротермических ресурсов соответствует величина показателя увлажнения за вегетационный период ( $P/E_0$ ), близкая к единице. Анализ среднемноголетних данных по различным территориям с коэффициентом годового увлажнения 0,4...1,5 показал, что такие условия складываются при гидротермическом коэффициенте за период с температурой более 10 °С в интервале 1,1...1,5, которые и относят к оптимальным.

Относительный коэффициент погодных условий (КПУ), характеризующий степень недостатка влаги или тепла по их соотношению, может быть выражен следующим уравнением:

$$\label{eq:KPY} K\Pi \emph{Y}=2^{2/10}\cdot P\cdot \ E_0\cdot (P^{10}+E_0^{\ 10})^{\cdot 2/10}\ ,$$
   
 где  $K\Pi \emph{Y}=1$  при  $P=E_0$ .

Исходя из этого, оценку климатически обеспеченной урожайности (КОУ) целесообразно проводить по возможному расходу влаги, откорректированному с учетом отличия условий от оптимальных, и минимальным значениям коэффициентов водопотребления или транспирации (в расчете на оптимальные условия):

$$KOY = K\Pi Y \cdot E_{3R\Pi} / K_{R\Pi}, \tag{3}$$

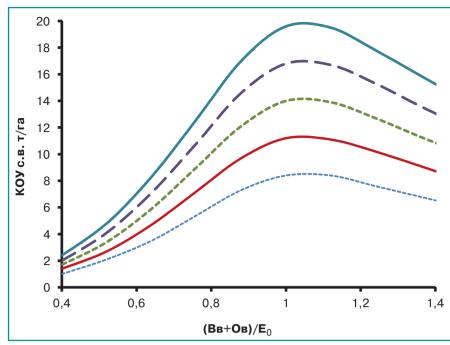
или

$$KOY = K\Pi Y (E_{\partial B\Pi} - E_{H\Pi})/(K_{TP} - K_{H\Pi}),$$
 (4)

где KOY — климатически обеспеченная урожайность,  $\mathsf{T}_{\mathsf{суx. \, Beщ-Ba}}/\mathsf{гa}$ ;  $E_{\mathit{3B\Pi}}$  — потенциальная эвапотранспирация, мм;  $K_{\mathit{B\Pi}}$  — коэффициент эвапотранспирации, мм/ $\mathsf{T}_{\mathsf{суx. \, Beщ-Ba}}$ ;  $E_{\mathit{H\Pi}}$  — непродуктивное испарение с поверхности, мм;  $K_{\mathit{TP}}$ — коэффициент транспирации, мм/ $\mathsf{T}_{\mathsf{суx. \, Beщ-Ba}}$ ;  $K_{\mathit{H\Pi}}$  — коэффициент снижения непроизводительного испарения при повышении урожая, мм/т

урожая, мм/т<sub>сух. вещ-ва</sub>.
В первом случае (3) используется характер испарения влаги с учетом того, что верхний предел насыщения влагой почвы, не лимитирующий эвапотранспирацию, – влажность наименьшей влагоемкости почвы:





**Рис. 3.** Климатически обеспеченная урожайность сухого вещества в зависимости от коэффициента увлажнения при разной сумме температур за период активной вегетации: ---- ST=1200; ---- ST=1600; ---- ST=2000; --- ST=2400; ---- ST=2800.

$$\begin{split} KOY_{CB} &= K\Pi Y \cdot P \cdot (1 - exp(-k \cdot exp(E_0/\Pi B) \cdot (E_0/\Pi B))) / K_{B\Pi'} \end{split} \tag{5}$$

где  $K\Pi \mathcal{Y}$  – коэффициент погодных условий; P – влагообеспеченность как сумма весенних запасов продуктивной влаги и осадков вегетационного периода, мм; k – коэффициент связанный с долей неиспользованной влаги при равенстве  $P=E_0$ ;  $E_0$  – испаряемость за период вегетации, мм; RB, RB – полная и наименьшая влагоемкость почвы, мм; RB, — коэффициент водопотребления, мм/т.

Во втором случае (4) реализуется принцип жесткого лимитирования и равнозначности тепла и влаги, при котором резервы продуктивного испарения оценивают по разнице от минимального из значений потенциального испарения (влагообеспеченность или испаряемость) и максимального в конкретных условиях непродуктивного испарения с поверхности почвы:

$$\begin{split} KOY_{CB} &= K\Pi Y \cdot P \cdot E_0 \; ((P^{10} + E_0^{\ 10})^{-0.1} - \\ &- (P + E_0^{\ })^{-1}) / K_{TP} \end{split} \tag{6}$$

Условные коэффициенты транспирации, получаемые при статистических расчетах на сухое вещество (включая основную, побочную продукцию и корни), в меньшей мере зависят от почвенно-климатических условий (10,0...13,0 мм/т). Ввиду того, что в среднем по почвам соотношение НВ/ПВ составляет около 0.5, доле непродуктивного испарения влаги соответствовало 0,6 от возможного. Таким образом, минимальному уровню коэффициента водопотребления соответствует величина 180...200 т/т, или 18...20 мм/т.

Практически все расчетные методы суммарного испарения имеют в основе значительное количество климатических показателей [17]. При этом испарение находится в тесной зависимости от климатических, почвенных, гидрогеологических и хозяйственных условий, биологических особенностей культур и их урожайности [18, 19]. Несмотря на столь широкую обусловленность, опираться приходится в основном на более доступные термические показатели. Для расчета

испаряемости ( $E_0$ , мм) использовали аналитическое выражение закона Стефана-Больцмана интенсивности излучения энергии от абсолютной температуры (T, K), величину скрытой теплоты испарения и отличие температуры испаряющей поверхности (деятельной) от температуры воздуха [20] для среднесуточных температур:

$$E_0 = N_K \cdot 2 \cdot 10^{-9} \cdot ((T_B + \Delta t_B)^4 - T_{\phi}^4), \quad (7)$$

где  $N_{\rm K}$  – период активной вегетации культур, дней;  $T_{\rm B}$  – среднесуточная температура воздуха по шкале Кельвина, К,  $\Delta t_{\rm g}$  – разница температуры для деятельной поверхности  $\Delta t_{\rm g}$  =0,16 $\Delta t_{\rm g}$ -0,1, °C;  $t_{\rm g}$  – средняя температура воздуха, °C;  $T_{\rm g}$  – температура фазового перехода воды (K=273).

В интервале средних за период температур от 15 до 25 °C расчетные (по 7) величины испаряемости соответствуют испаряемости по Иванову при влажности воздуха 60 %.

Оценка ресурсов тепла и влаги для периода активной вегетации отдельных культур основана на учете среднемноголетних условий – продолжительности периода с температурой выше 10 °С, суммы активных температур, суммы осадков за период с температурой выше 10 °С, величине весенних влагозапасов, а также кумулятивной кривой относительного (в долях единицы) накопления сумм температур и осадков (в приведенном случае – для условий ЦЧР):

$$ST_{\kappa} = ST_{>10} \cdot dN_{\kappa}^{1.55} \times \times exp(0.8 \cdot (1 - dN_{\kappa})),$$
 (8)

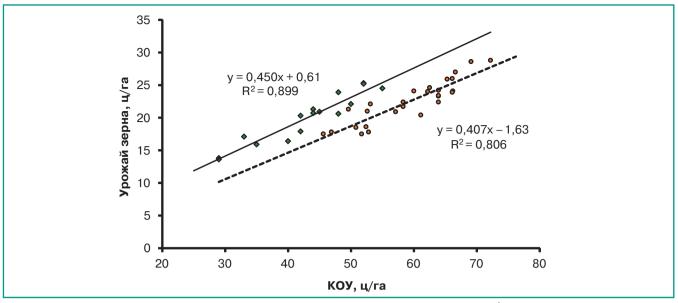
где  $ST_{\kappa}$  – сумма температур за период активной вегетации культуры, °C;  $ST_{>10}$  сумма температур выше 10 °C, °C;  $dN_{\kappa}$  – доля периода активной вегетации культур от периода с температурой выше 10 °C.

$$P = (B_B + O_{B\Pi}) \cdot dN_K^{1.5} \times \times exp(0.8 \cdot (1 - dN_K)),$$
 (9)

где P — влагообеспеченность периода вегетации культур, мм;  $B_{\scriptscriptstyle B}$  — весенние влагозапасы, мм;  $O_{\scriptscriptstyle B\Pi}$  — осадки за период с температурой выше 10 °C, мм.

#### 1. Статистическая характеристика выборки данных климатических условий для территорий областей ЦФО (n=17)

H.m. robbins design on A to (ii. 11)								
Показатель	X <sub>cp.</sub>	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	Sd	Kv, %			
Осадки за год, мм	568	472	666	58,9	10,4			
Сумма температур, °С	2474	1811	2622	248,1	11,4			
Период с температурой более 10 °C, дней	137	121	155	10,1	7,4			
Осадки теплого периода, мм	286	244	330	26,8	9,4			
Весенние влагозапасы, мм	179	109	230	30,8	17,2			
Бонитет почв, балл	32,7	21,8	45,2	6,91	21,1			
Урожайность зерновых, ц/га	20,0	11,9	28,3	4,94	24,7			
Урожайность сахарной свеклы, ц/га	186	152	220	22,2	11,9			



**Рис. 4.** Взаимосвязь урожайности зерновых культур с расчетной климатически обеспеченной:  $igoplus - \c U \Phi O$ ;  $igodots - \c K$ урская обл.

Общие оценки климатически обеспеченной урожайности в зависимости от ресурсов тепла и влаги по обоим подходам имеют близкие значения и характерный вид (рис. 3).

Пересчет сухой биомассы в урожайность хозяйственно полезной продукции осуществляется на основе соотношения масс хозяйственно полезной и побочной продукции с учетом стандартной влажности урожая.

На основании изложенных подходов для условий территорий областей Центрального федерального округа и ЦЧР (районов Курской области) проведен анализ фактической урожайности сельскохозяйственных культур. При этом использовали статистические ряды данных урожаев зерновых и сахарной свеклы за период с 1990 по 2016 гг. В расчеты включали уровни бонитетов почв или значения комплексной оценки агрохимических свойств по совокупности показателей содержания гумуса, рН<sub>ксі</sub> и содержания подвижных фосфора и калия [21] (табл. 1, 2).

Выявлено, что агроклиматические ресурсы характеризуют только потенциальную возможность получения той или иной продуктивности культур, реализация которой в значительной степени зависит

от качества почвенных ресурсов. Варьирование урожайности культур по территориям областей ЦФО на 69 % обусловлено климатическими факторами и на 31 % качеством почв, для районов Курской области – на 54 и 46 % соответственно. Формирование определенного уровня урожая всегда зависит от взаимодействия климатических условий и качества почв, что отражает рост цены балла почвы в единицах урожая с повышением величины КОУ.

Расчетные величины климатически обеспеченной продуктивности сопоставляли со средними за ряд лет уровнями урожайности, нормированными в соответствии со средними показателями комплексной оценки качества почв. Выявлено, что уровни продуктивности пашни и урожайности сельскохозяйственных культур тесно связаны с расчетными величинами КОУ с коэффициентом корреляции по зерновым 0,89...0,94, по сахарной свекле – 0,87...0,90. При этом доля фактической продуктивности обеспечиваемой плодородием почв составляет 0,42...0,5 КОУ (рис. 4).

Меры по повышению плодородия почв, включающие использование удобрений и мелиорантов, требуют значительных финансовых

затрат, поэтому одним из основных критериев их использования выступают возможные эффекты от почвоулучшающих воздействий, напрямую связанные со средними и складывающимися климатическими условиями.

В то же время необходимо отметить, что цена балла почвы в величинах продуктивности зависит как от агроклиматических условий, так и от достигнутого уровня культуры земледелия, агротехнологий и по этой причине величина динамичная.

При прочих равных условиях дифференцированный подход к управлению плодородием почв может осуществляться на основе комплексной оценки агрохимических свойств и цены балла комплексного показателя [22].

Таким образом, изменчивость урожайности сельскохозяйственных культур за длительный период имеет циклический характер, тесно связанный с периодичностью гидротермических условий. Для условий ЦЧР вклад погоды в варьирование урожая составляет 46 %.

Оценка климатически обеспеченной урожайности сельскохозяйственных культур может быть реализована на основе расчета возможного расхода влаги посева-

2. Статистическая характеристика выборки данных климатических условий для территорий районов Курской области (n=28)

діл ісры	ории раионов	курокой оолао	W (II 20)		
Показатель	X <sub>cp.</sub>	X <sub>min</sub>	X <sub>max</sub>	Sd	Kv, %
Осадки за год, мм	582	514	641	37,7	6,5
Сумма температур, °С	2426	2301	2567	67,9	2,8
Период с температурой более 10 °C, дней	149	144	157	3,26	2,2
Осадки теплого периода, мм	303	267	333	19,6	6,5
Весенние влагозапасы, мм	197	161	229	20,2	10,2
Бонитет почв, балл	73	60	86	7,33	10,0
Урожайность зерновых, ц/га	22,6	17,8	32,0	3,91	17,3
Урожайность сахарной свеклы, ц/га	238	175	371	47,5	19,9

ми при использовании доступного комплекса агроклиматических параметров, характеризующего тепло- и влагообеспеченность периода активной вегетации.

Агроклиматические условия характеризуют только потенциальную возможность получения той или иной продуктивности культур, реализация которой в значительной степени зависит от качества почвенных ресурсов. С повышением уровня генерализации данных вклад климата возрастает.

Апробация предложенных алгоритмов при использовании среднемноголетних данных агроклиматических и почвенных характеристик различного уровня генерализации по территориям показала, что вклад в варьирование урожайности культур для областей ЦФО на 69 % обусловлен климатическими условиями и на 31 % качеством почв, для территорий районов Курской области – на 54 и 46 % соответственно. Уровни продуктивности пашни и урожайности сельскохозяйственных культур тесно связаны с расчетными величинами КОУ (по зерновым - r=0,89...0,94, по сахарной свекле – r=0,87...0,90). При этом доля фактической продуктивности, обусловленной плодородием почв, составляет 0,42...0,50 от климатически обеспеченной.

Оценка агроклиматических ресурсов продуктивности – одно из необходимых условий оценки и регулирования хозяйственной деятельности, направленной на управление почвенным плодородием, а в перспективе и оценки возможных последствий существующих трендов изменения климатических факторов.

#### Литература.

- 1. Кирюшин В. И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 19–25.
- 2. Резервы повышения урожайности яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / В.Н. Шоба, В.К. Каличкин, С. А. Ким // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 31–33.
- 3. Тенденции в изменении климата, влияющие на земледелие / С. А. Замятин, В. М. Изместьев, Г. М. Виноградов и др. // Земледелие. 2010. № 4. С. 13–14.
- 4. Лосев А. П., Журина Л. Л. Агрометеорология. М.: КолосС, 2001. 297 с.
- 5. Валеев И. Г. Почвенно-агрохимические основы формирования урожаев сельскохозяйственных культур в южной части лесостепи республики Татарстан: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2003. 25 с.
- 6. Рябчиков А. М. Гидротермические условия и и продуктивность фитомассы

в основных ландшафтных зонах // Вестник МГУ. Серия 5: География. 1968. № 5. С. 41–48.

- 7. Левицкая Н. Г. Повышение эффективности использования биоклиматического потенциала агроландшафтов Саратовского Правобережья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2003. 19 с.
- 8. Дериглазова Г. М. Научное обоснование возделывания ярового ячменя различного назначения на склонах Центрального Черноземья: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Орел, 2013. 42 с.
- 9. Экологические факторы и свойства почв склонов ЦЧР: в 2 ч. / науч. ред. Е. П. Проценко. Курск: Курский гос. ун-т., 2011. Ч. 2. 133 с.
- 10. Тооминг Х. Г. Метод эталонных урожаев // Вестник с.-х. науки. 1982. № 3. С. 89–93.
- 11. Алпатьев А. М. Влагообороты в природе и их преобразования. Л.: Гидрометеоиздат, 1969. 323 с.
- 12. Романова Е. Н. Микроклиматическая изменчивость основных элементов климата. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 300 с.
- 13. Черемисинов А. Ю., Жердев В. Н., Черемисинов А. А. Динамика климата, водных балансов и ресурсов Центрального Черноземья: монография. Воронеж: Воронежский ГАУ, 2013. 326 с.

14. Simplified Estimation of Reference Evapotranspiration from Pan Evaporation Data in California / R. L. Snyder, M. Orang, S. Matyac, etc. // Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2005. May/June. Pp. 249–253.

- 15. Растение и вода / под ред. Г. Ф. Хильми; пер. сангл. Л.: Гидрометео-издат, 1967. 246 с.
- 16. Тооминг Х. Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометео-издат. 1977. 200 с.
- 17. Черемисинов А. А., Черемисинов А. Ю. Обзор расчетных методов определения суммарного испарения орошаемых сельскохозяйственных полей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 1 (21). С. 113–133
- 18. Константинов А. Р., Струнников Э. А. Нормирование орошения: методы, их оценка, пути уточнения // Гидротехника и мелиорация. 1986. № 1. С. 19–28.
- 19. Будыко М. И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометеоиздат, 1971. 472 с.
- 20. Дмитренко В. П. Понятие о слое органогенеза и связь его температуры с температурой воздуха // Урожай и гидрометеорологические факторы. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. С. 65–70.
- 21. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области / Г. Н. Черкасов, Д. В. Дубовик, Н. П. Масютенко и др. Курск: ГНУ ННИИЗиЗПЭ РАСХН, 2017. 188 с.
- 22. Оценка плодородия / А. С. Фрид, О. Г. Чуян, В. Д. Соловиченко и др. // Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии. М.: Почвенный институт имени В. В. Докучаева, 2013. С. 17–34.

# Assessment of Agroclimatic Potential of Arable Land Productivity for a Model of Management of Soil Agrochemical Properties

O. G. Chuyan, G. M. Deriglazova Kursk Federal Agrarian Scientific Center, All-Russian Research Institute of Farming and Soil Protection from Erosion, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. It was possible to calculate the values of climatically provided crop yields using the minimum available set of agroclimatic indicators on the basis of a systematic approach, analysis of scientific literature, related data on crop yields for a long period, and weather and climatic conditions in the regions of the Central Federal District and districts of Kursk region of the Central Chernozem zone. For the conditions of the territory of the Central Chernozem zone (Kursk region), the variability of cereals yield caused by agricultural practices and weather was 54 and 46%, respectively. When eliminating the agro-technological trend for a long period (45 years), the influence of agro-climatic conditions determined 25.2% of the crop variation, the variability of which was cyclic, similar to the frequency of changes in hydrothermal conditions (the hydrothermal coefficient). The average conditions can be attributed only to about 50% of years, favourable conditions occurred in 26-29% of years, unfavourable conditions were in 23-26% of years. Assessment of heat and moisture resources for the period of active vegetation of individual crops was based on average annual conditions: a period with temperature above 10 degrees Celsius, the sum of active temperatures, precipitation for the period with temperature above 10 degrees Celsius, spring moisture reserves, as well as the cumulative curve of the relative accumulation of the sum of temperature and precipitation depending on the duration of periods. The assessment of climate-assured productivity was carried out on the possible consumption of moisture. which was adjusted taking into account the difference of conditions from the optimal ones and on minimal values of water consumption coefficients (transpiration) counting on the optimal conditions. The degree of optimality for the efficiency of the use of hydrothermal resources was estimated by the difference of the moisture index for the arowing season from one.

**Keywords:** productivity resources; climate-assured productivity; soil quality.

**Author Details:** O. G. Chuyan, D. Sc. (Biol.), leading research fellow (e-mail: agrochemgis@mail.ru); G. M. Deriglazova, D. Sc. (Agr.), leading research fellow.

For citation: Chuyan O. G., Deriglazova G. M. Assessment of Agroclimatic Potential of Arable Land Productivity for a Model of Management of Soil Agrochemical Properties. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 6–11 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10702.



DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10703 УДК 631.4

### Деградация аллювиальных почв долины р. Оки при интенсивном сельскохозяйственном использовании

П. Н. БАЛАБКО<sup>1</sup>, доктор биологических наук. зав. кафедрой (e-mail: balabkopetr@ mail.ru) Р. Ф. БАЙБЕКОВ<sup>2</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель директора А. A. CHEГ<sup>1</sup>, инженер (e-mail: sneg anna@mail.ru) Н. В. ОРЛОВА<sup>3</sup>, старший агроном (e-mail: dracon200376@mail.ru) Н. Г. РАКИПОВ⁴, кандидат биологических наук, доцент <sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. Ленинские горы, 1, стр. 12, Москва, 119991, Российская Федерация <sup>2</sup>Всероссийский научноисследовательский институт химических средств защиты растений, ул. Угрешская, 31, Москва, 115088, Российская Федерация <sup>3</sup>Агрофирма Сосновка, ул. Озерская. 15А, с. Полурядинки, Озерский

р-н, Московская обл., 140571, Российская Федерация <sup>4</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А.Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

Пойма долины верхней Оки в Серпуховском, Ступинском, Каширском и Озерском районах Московской области осушена и распахана на 80...90 %. Мелиорированные почвы используют в основном для выращивания картофеля и овошей. В агрофирме «Сосновка» Озерского района Московской области, которая выступает в качестве объекта наших исследований, урожайности в течение 17 лет (2001-2017 гг.) была довольно стабильной: картофель -29...37 т/га, капуста - 70...101 т/га, морковь - 42...84 т/га, свекла - 35...77 т/га. Только в засушливом 2010 г. она была ниже в 1,5...2 раза. В хозяйстве осуществляют двойное регулирование водного режима – осушение закрытым дренажем и орошение дождеванием. Ежегодно

осенью проводят основную обработку почвы, весной - рыхление доминатором и формирование гряд для посадки картофеля или выравниваание поверхности для высадки рассады капусты. Вносят высокие дозы минеральных удобрений, пестициды, рыхлят корку, окучивают, проводят уборку урожая и др. Всего по полю проходит более 20 видов тяжелой колесной техники. Интенсивное земледелие, отсутствие севооборотов на пойме приводит к деградации почвы, происходит ее дегумификация. Содержание гумуса в зависимости от типа почвы составляет 2,6...3,7 %, что вплотную приблизилось к критическому уровню. По результатам сухого просеивания наибольшую часть почвы составляют частицы крупнее 10 мм - глыбистая фракция. В притеррасной части поймы их доля находится на уровне 43 %, а частиц меньше 0,25 мм - 5 %. В почвах центральной части поймы содержание глыбистых агрегатов достигает 50 %, частиц меньше 0,25 мм -2...3 %, в прирусловой - соответственно до 45 % и 2...3 %. В пониженных элементах рельефа формируются переуплотненные почвы, в профиле которых на поверхности плужной подошвы образуется глеевая прослойка с плотностью сложения 1,5...1,6 г/ см<sup>3</sup>, что обусловливает застаивание влаги и формирование «вымочек». В результате формируется вторичная неоднородность почв и почвенного покрова, пестрополье.

**Ключевые слова:** аллювиальные почвы, интенсивные технологии, изменение агрофизических и химических свойств.

Для цитирования: Деградация аллювиальных почв долины р. Оки при интенсивном сельскохозяйственном использовании / П. Н. Балабко, Р. Ф. Байбеков, А. А. Снеги др. // Земледелие. 2018. № 7. С. 12–15. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10703.

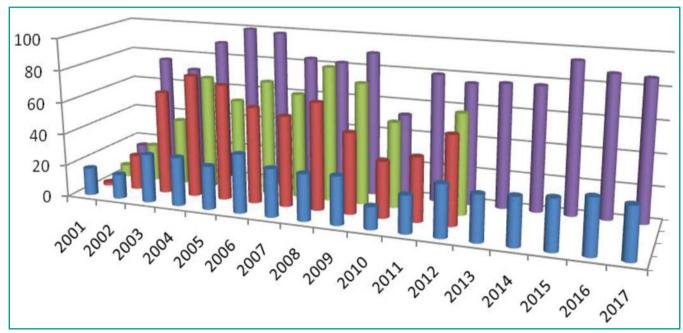


Рис. 1. Хозяйственная урожайность овощей и картофеля в ОАО «Агрофирма Сосновка» (2001—2017 гг.), т/га: — — картофель; — — свекла; — — морковь; — — капуста.



**Рис. 2.** Схема исследованного участка поймы р. Оки и номера «карт» (полей), 2015 г.: — картофель; — – капуста; — – кукуруза.

Пойма долины Верхней Оки в Серпуховском, Ступинском, Каширском и Озерском районах Московской области осушена и распахана на 80...90 %. Мелиорированные почвы используют в основном для выращивания картофеля и овощей.

Цель исследований – выявление признаков деградационных изменений почв под влиянием интенсивных технологий производства продукции растениеводства.

Работу проводили на примере ОАО «Агрофирма Сосновка», образованного в ноябре 2001 г. В хозяйстве взяли курс на полную реконструкцию и модернизацию по современным мировым стандартам. Для увеличения производства сельскохозяйственной продукции с 2003 г. предприятие начало выращивать овощи (свеклу, морковь, капусту) и картофель по голландской технологии. С 2013 г. выращивают только капусту и картофель, на эродированных почвах – кукурузу (2015 и 2017 гг.) и пшеницу (2016 г.).

Голландская технология предусматривает применение высоких доз минеральных удобрений при отсутствии внесения органических. Под все выращиваемые культуры вносят в разных дозах аммофос, аммиачную селитру, калий хлористый, внекорневые подкормки. Также используют гербициды, из которых чаще всего применяют имазетапир против однолетних двудольных, а также однолетних и многолетних злаковых сорняков и квизалофоп-П-тефурил («Пантера») против однолетних и многолетних злаковых сорняков.

Мониторинг урожайности за 17 лет (2001–2017 гг.) показал, что урожайность выращиваемых культур довольно стабильна: картофель – 29...37 т/га, капуста – 70...101 т/га, морковь – 42...84 т/га, свекла – 35...77 т/га. Только в засушливом 2010 г. она была ниже в 1,5...2 раза (рис. 1).

Исследования проводили в 2002—2017 гг. на участке правобережной поймы р. Оки (площадь около 400 га), расположенном на территории землепользования ОАО «Агрофирма Сосновка». Это участок сегментногривистой поймы, которая в 60-е гг. XX века была подвергнута работам по планировке поверхности. Он разделен дорогами на 5 секций (рис. 2), каждая из которых содержит от 8 до 15 «карт» (участков поля, занятых той или иной культурой).

На полях хозяйства встречаются блюдца-просадки (вымочки), которые образовались на месте бывших стариц, засыпанных во время строительства дренажа и планировки поверхности поймы.

В результате избыточного полива на фоне выпадающих осадков на контакте насыпного грунта и плотной плужной подошвы образуется глеевая прослойка мощностью до 10 см (рис. 3), отличающаяся от остального горизонта сизой окраской, очень высокой плотностью сложения, бесструктурностью и низкой порозностью. Корневая система выращиваемых на

этих участках сельскохозяйственных растений, достигающая глеевой прослойки, угнетается и гибнет.

Для определения рН и содержания гумуса отбирали смешанные образцы почв из каждой «карты», для анализов физических и химических свойств почв - смешанные образцы аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических (аллювиальных луговых) почв по ГОСТ 28168-89 [1] из пахотного горизонта сельскохозяйственных полей. С образцами, взятыми из гумусового горизонта, в лаборатории кафедры общего земледелия и агроэкологии факультета почвоведения МГУ проводили следующие лабораторные исследования [2, 3]:

измерение рН водной вытяжки – потенциометрически прибором марки HANNA (HI 991301);

определение содержания органического углерода – по Никитину, окончание спектрофотометрическое (прибор 512 UV/Vis Spectrofotometer Portlab):

определение плотности сложения – буровым методом;

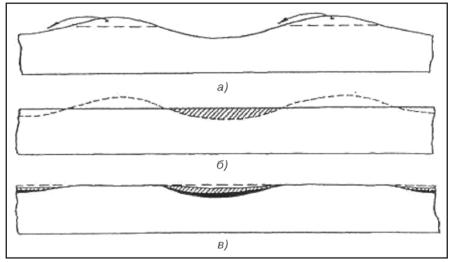
структурный анализ – методом Н. И. Саввинова (сухое и мокрое просеивание);

определение содержания аммонийного и нитратного азота прибором «Экотест-120» (ионоселективный электрод «эком») в водной вытяжке (по инструкции к прибору);

определение содержания подвижного фосфора – методом Чирикова.

Почвенный покров территории представлен следующими почвами (названия даны в соответствии с имеющимися классификациями [4, 51).

аллювиальные агротемногумусовые (аллювиальные дерновые насыщенные), расположенные в прирусловой поймы (см. рис. 2, карты



**Рис. 3.** Образование глеевой прослойки в почвах, подвергшихся планировке поверхности: а) до планировки; б, в) после планировки; — насыпной горизонт; — глеевая прослойка.

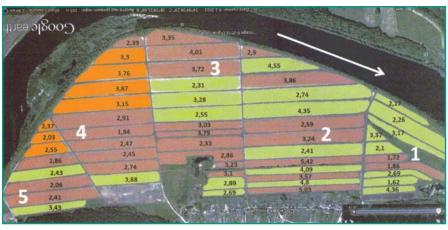


Рис. 4. Содержание гумуса по «картам», 2015 г.

42...50 и 53...58). Они характеризуются слабощелочной реакцией среды (р $H_{\text{водн}}$ 7,2...7,8); среднее содержание гумуса в верхнем горизонте составляет 2,6 % (рис. 4);

аллювиальные агротемногумусовые гидрометаморфические (аллювиальные луговые насыщенные), сформировавшиеся в условиях центральной части поймы (см. рис. 2, карты 5...10, 16...23 и 28...37), обладают слабощелочной реакцией среды (рН<sub>водн</sub> 7,1...7,7); содержание гумуса в пахотном горизонте составляет 2,9 % (см. рис. 4);

агрогумусово-гидрометаморфические аллювиальные (луговоболотные насыщенные) притеррасной области поймы (см. рис. 2, карты 1, 11...15, 24...27, 38...41 и 51...52), отличаются слабощелочной реакцией среды (рН<sub>водн</sub> от 7,5 до 7,9), среднее содержание гумуса 3,7 % (см. рис. 4).

По результатам сухого просеивания наибольшую часть почвы составляют частицы крупнее 10 мм – глыбистая фракция. В притеррасной части поймы их доля достигает 43 %, частиц меньше 0,25 мм – 5 %. В почвах центральной части поймы содержание глыбистых агрегатов составляет до 50 %, частиц <0,25 мм – 2...3 %, в прирусловой части поймы – соответственно до 45 % и 2...3 %.

Значение коэффициента структурности соответствует удовлетворительному (аллювиальная агротемногумусовая гидрометаморфическая почва центральной поймы) и хорошему (аллювиальная агротемногумусовая гидрометаморфическая почва прирусловой и притеррасной поймы) состоянию [6].

Для разрушения глыб и разрыхления пахотного горизонта в хозяйстве используют доминатор, представляющий собой вертикальную фрезу. С помощью специальных вертикальных ножей он обрабатывает почву, выравнивает и прикатывает верхний горизонт катком за один проход.

Значение критерия водопрочности АФИ [6], рассчитанное по результатам мокрого и сухого просеивания. – неудовлетворительное.

агрогумусово-гидрометаморфических (аллювиальных луговых) почв в прирусловой части поймы составляет 0,87 г/см<sup>3</sup>, в центральной пойме - 0,88 г/см<sup>3</sup>, в притеррасной части - 0,95 г/см3; подпахотного горизонта - соответственно 1,16, 1,31 и 1,26 г/см<sup>3</sup>; плужной подошвы – 1,5...1,6 г/см3. Полученные значения плотности почвы в центральной пойме хорошо согласуются с данными Ф. Р. Зайдельмана с соавторами [7] для тяжелосуглинистых аллювиальных пахотных почв Москворецкой поймы. Различия между величинами показателей плотности сложения пахотного и подпахотного горизонта достоверны (с уровнем значимости  $\alpha = 0.05$ ) для всех частей поймы.

Среднее содержание N-NO<sub>3</sub> в аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических почвах в притеррасной части поймы составляет 5,5 мг/кг почвы, в центральной – 7,0 мг/100 г, в прирусловой – 2,5 мг/кг (табл. 1). Достоверно величины этого показателя отличаются в аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических почвах центральной и прирусловой поймы.

#### 1. Содержание элементов питания растений в исследованных аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических почвах, мг/кг почвы

	Притеррасная пойма	Центральная пойма	Прирусловая пойма
N-NO <sub>3</sub>	5,5	7,0	2,5
N-NH <sub>4</sub>	14,0	14,0	29,5
P-CH <sub>3</sub> COOH	129,3	107,8	74,4

При распашке комковато-зернистые пойменные почвы легко распыляются, при обильном увлажнении дождями или путем орошения заплывают и превращаются в плотные глыбы, а также образуют почвенную корку, теряя при этом все ценные водновоздушные свойства.

Для того чтобы не было заплывания, необходимо осваивать травопольные севообороты, мощная корневая система многолетних трав способствует увеличению содержания гумуса, в результате чего почвенная структура начинает приобретать большую прочность. Внесение органических удобрений также будет способствовать формированию лучшей структуры и связыванию почвенных частиц, что сделает почву более устойчивой к антропогенному воздействию.

По результатам измерений плотность сложения пахотного горизонта

Концентрация N-NH<sub>4</sub> в аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических почвах в притеррасной части поймы находится на уровне 14,0 мг/кг почвы, в центральной – 14,0 мг/кг почвы, в прирусловой – 29,5 мг/кг почвы (см. табл. 1). Величины этого показателя в почвах разных частей поймы не имеют статистически значимых различий. В целом содержание N-NO<sub>3</sub> и N-NH<sub>4</sub> невысокое из-за того, что образцы отбирали после уборки урожая.

Среднее количество подвижного фосфора (P-CH<sub>3</sub>COOH) в пахотном горизонте аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических почв по данным лабораторных анализов в притеррасной части поймы составляет 129,3 мг/кг почвы, в центральной – 107,8 мг/кг, в прирусловой – 74,4 мг/кг. В целом по величине этого показателя они характеризуются средней и повышенной

#### 2. Качество сельскохозяйственной продукции, выращенной на аллювиальных почвах ОАО «Агрофирма Сосновка», 2014 г.

Образец	Сухое веще- ство, %	Аскорбиновая кислота, мг %	Нитраты, мг/кг	ПДК нитратов, мг/кг	Моносахара, %	Сумма саха- ров, %
Капуста ранняя	$7,9 \pm 0,1$	$29,9 \pm 0,4$	$124,0 \pm 6,3$	900	$3,38 \pm 0,02$	$5,12 \pm 0,3$
Капуста поздняя	$8,9 \pm 0,2$	$29,9 \pm 0,2$	$72,0 \pm 4,8$	500	$3,67 \pm 0,01$	$6,11 \pm 0,3$
Картофель	$19,3 \pm 0,4$	$22,9 \pm 0,4$	$211,0 \pm 7,9$	250	$0,43 \pm 0,03$	$15,4 \pm 0,8*$

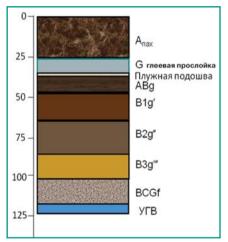
<sup>\*</sup> крахмал, %.

обеспеченностью [3]. По содержанию подвижного фосфора почвы прирусловой поймы значимо отличаются от остальных исследованных аллювиальных агротемногумусовых гидрометаморфических почв.

Качество выращиваемой продукции соответствует норме, ПДК по нитратам не превышен (табл. 2). Предельно допустимые концентрации нитратов: для ранней капусты – 900 мг/кг (в продукции 124 мг/кг), для поздней капусты – 500 мг/кг (в продукции – 72 мг/кг), для картофеля – 250 мг/кг (в продукции – 211 мг/кг).

На территории бывших стариц в пойме формируются «почвы вымочек». Они имеют своеобразный профиль: Апах – G (глеевая прослойка) – плужная подошва – ABg – B1g' – B2g" – B3g"' – BCgf (рис. 5).

На участках с вымочками прово-



**Puc. 5.** Схема почвенного профиля антропогенно-измененной аллювиальной агротемногумусовой гидрометаморфической почвы («почвы вымочки»).

дится чизелевание почвы. После этого их засевают луговыми травами. Через 2 года после чизелевания на месте разреза на вымочке и на прилегающей территории угнетения посадок капусты не наблюдали. В заложенной прикопке признаков переувлажнения почвы не обнаруживали. Почвенно-грунтовые воды опустились до глубины 120 см.

В результате проведенных полевых и лабораторных исследований установлено, что интенсивное сельскохозяйственное использование аллювиальных почв долины р. Оки верхнего течения приводит к деградационным изменениям: дегумификация, переуплотнение, трансформация комковато-зернистой структуры в глыбистую. Ведение земледелия по интенсивной технологии в долине верхней Оки вызвало вторичное изменение морфологии почв и почвенного покрова. В пониженных элементах рельефа поймы

возникли профили почв с плужной подошвой и глеевой прослойкой, следствием чего стали «вымочки» и пестрополье.

Для предотвращения эрозии аллювиальных почв поймы долины р. Оки следует исключить из интенсивного земледелия почвы прирусловой поймы и провести залужение этих участков. На участках поймы с вымочками необходимо регулярно осуществлять чизелевание в целях разрушения уплотненного подпахотного горизонта и глеевой прослойки для улучшения водно-физических свойств почвы.

В связи с деградационными изменениями аллювиальных почв долины р. Оки верхнего течения при наличии современной техники полива выращивание картофеля и овощей можно перенести на водораздельные участки с более однородным почвенным покровом, представленным серыми лесными и дерново-подзолистыми почвами.

#### Литература.

- 1. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. М.: Стандартинформ, 2008. 6 с.
- 2. Ганжара Н. Ф., Борисов Б. А., Байбеков Р. Ф. Практикум по почвоведению / под ред. доктора биологических наук, профессора Н. Ф. Ганжары. М.: Агроконсалт, 2002. 280 с.
- 3. Практикум по агрохимии: учеб. пособие. / под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
- 4. Классификация и диагностика почв России / Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева и др. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 5. Классификация и диагностика почв СССР / сост. В. В. Егоров, В. М. Фридланд, Е. Н. Иванова и др. М.: Колос, 1977. 224 с.
- 6. Теории и методы физики почв: коллективная монография // под ред. Е. В. Шеина и Л. О. Карпачевского. М.: «Гриф и К», 2007. 616 с.
- 7. Зайдельман Ф. Р., Беличенко М. В., Бибин А. С. Деградация и восстановление почв поймы р. Москва за последние 50 лет // Почвоведение. 2013. № 11. С. 1377–1386.

#### Degradation of Alluvial Soils in the Valley of the Oka under Intensive Agricultural Use

P. N. Balabko<sup>1</sup>, R. F. Baibekov<sup>2</sup>, A. A. Sneg<sup>1</sup>, N. V. Orlova<sup>3</sup>, N. G. Rakipov<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, str. 12, Moskva, 119991, Russian Federation <sup>2</sup>All-Russian Research Institute of Chemical Means of Plant Protection, ul. Ugreshskaya, 31, Moskva, 115088, Russian Federation
<sup>3</sup>Sosnovka, agricultural company,
ul. Ozerskaya, 15A, s. Poluryadinki,
Ozerskii r-n, Moskovskaya obl.,
140571, Russian Federation
<sup>4</sup>Russian State Agrarian University
- Moscow Timiryazev Agricultural
Academy, ul. Timiryazevskaya, 49,
Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. The floodplain of the upper valley of the Oka in Serpukhov, Stupino, Kashira and Ozersk districts of Moscow region is drained and ploughed at 80-90%. Reclaimed soils are used mainly for growing potato and vegetables. In the agricultural company "Sosnovka", Ozersk district, Moscow region, which was the object of our research, the yield was rather stable during 17 years (2001–2017): potato – 29–37 t/ha, cabbage - 70-101 t/ha, carrot - 42-84 t/ ha, beet - 35-77 t/ha. In arid 2010, it was 1.5-2.0 times lower. The farm uses double regulation of water regime: closed drainage and sprinkling. Annually in autumn, the main soil treatment is carried out. In spring the soil is loosened with a dominator and ridges are formed for planting potato or the soil surface is smoothed for planting cabbage seedlings. High doses of fertilizers and pesticides are applied, the crust is loosened, the plants are earthed up, the yield is harvested, etc. More than 20 types of heavy wheeled vehicles pass through the field during the growing season. Intensive farming, lack of crop rotations on the floodplain leads to soil degradation and dehumification. Humus content depending on the soil type is 2.6-3.7%, which is close to the critical level. According to the results of dry screening, the largest part of the soil is composed of particles larger than 10 mm - a blocky fraction. In the subterranean part of the floodplain their share reaches 43%, and the share of particles less than 0.25 mm in size is 5%. In the soils of the central part of the floodplain, the content of blocky aggregates is up to 50%, the content of particles less than 0.25 mm in size is 2-3%. In the riverbed part of the floodplain, the values are 45% and 2-3%, respectively. In the low elements of relief. over-compacted soils form, in the profile of which a gley layer forms on the surface of the plough sole (its bulk density is 1.5-1.6 g/cm3), which causes the stagnation of moisture and the formation of wet spots. Therefore, the secondary heterogeneity of soil and soil cover forms.

**Keywords:** alluvial soils; intensive technologies; change of agro-physical and chemical properties.

Author Details: P. N. Balabko, D. Sc. (Biol.), head of department (e-mail: balabkopetr@mail.ru); R. F. Baibekov, D. Sc. (Agr.), deputy director; A. A. Sneg, engineer, (e-mail: sneg\_anna@mail.ru); N. V. Orlova, senior agronomist (e-mail: dracon200376@mail.ru); N. G. Rakipov, Cand. Sc. (Biol.).

For citation: Balabko P. N., Baibekov R. F., Sneg A. A., Orlova N. V., Rakipov N. G. Degradation of Alluvial Soils in the Valley of the Oka under Intensive Agricultural Use. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 12–15 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10703.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10704 УДК: 631.82: 631.445.25:631.559

## Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании минеральных удобрений

Д. И. ЕРЕМИН, доктор биологических наук, профессор (e-mail: soil-tyumen@yandex.ru) А. А. АХТЯМОВА, менеджер по качеству

Государственный аграрный университет Северного Зауралья, ул. Республики, 7, Тюмень, 625003, Российская Федерация

Разработанные ранее методы расчета баланса гумусового состояния пахотных почв не учитывают влияния минеральных удобрений на процессы минерализации и гумификации органического вещества. Расчетные данные существенно отличаются от фактических величин запасов гумуса. Целью работы было изучение влияния минеральных удобрений на минерализацию гумуса в пахотном слое чернозема вышелоченного. Исследования проводили на стационаре, расположенном в лесостепной зоне Зауралья. Изучали минерализацию гумуса на естественном агрофоне и при внесении различных доз минеральных удобрений, обеспечивающих формирование планируемого урожая яровой пшеницы и овса от 3.0 до 6.0 т/га. За пять лет содержание гумуса в варианте без удобрений в слое 0...40 см уменьшилось с 6,27 до 6,01 %, коэффициент его минерализации составил 0,8 % от содержания гумуса. Внесение удобрений на планируемую урожайность 3,0 и 4,0 т/га незначительно стимулировало почвенную микрофлору, жизнедеятельность которой при отсутствии растительных остатков уменьшала содержание гумуса с 6,85 до 6,46 %; коэффициент минерализации соответствовал общепринятым значениями -1,0 % от содержания гумуса. На полях с высоким агрофоном, обеспечивающим формирование урожая зерновых культур от 5,0 до 6,0 т/га, почвенная микрофлора активизировалась по всему пахотному слою. Ее деятельность привела к уменьшению содержания гумуса с 6,06 до 5,61 %. Коэффициент минерализации увеличился до 1,5 % от содержания гумуса. Полученные результаты необходимы для оптимизации балансовой модели гумусообразования пахотных почв при использовании минеральных

**Ключевые слова:** гумус, пахотный чернозем, плодородие, минеральные удобрения, коэффициент минерализации гумуса, яровая пшеница, лесостепная зона Зауралья.

**Для цитирования:** Еремин Д. И., Ахтямова А. А. Минерализация гумуса в пахотном черноземе при использовании

минеральных удобрений // Земледелие. 2018. № 7. С. 16–18. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10704.

Минеральные удобрения - самый мощный фактор увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. Благодаря их использованию можно сформировать планируемый урожай при относительно минимальных денежных затратах на почвах с любым уровнем плодородия [1]. Поэтому в современном земледелии многие делают акцент именно на внесение минеральных удобрений, почти полностью отказавшись от применения органических. Этому способствовало появление хозяйств с узкой специализацией, занимающихся выращиванием зерновых или овощных культур, в которых нет навоза или других органических удобрений на его основе. Использование же торфа, запасы которого огромны в России или выращивание сидератов экономически неоправданны. Даже в тех хозяйствах, где сохранилось животноводство, органические удобрения вносят лишь на примыкающих к фермам полях, что главным образом связано с экономическими причинами. Удаленные поля десятилетиями не видят органических удобрений, ведь в условиях рыночной экономики каждый гектар угодий должен приносить максимальный доход. Поэтому в отдельных случаях вывозят даже солому, которая могла бы быть хоть каким-то источником органического вещества.

Минеральные удобрения положительно влияют не только на урожайность культур, но и могут стимулировать активность почвенной микрофлоры, что служит положительным фактором для почв, вовлеченных в пахотный фонд. Особенно это касается Западной Сибири, где, как известно, активность микрофлоры весной и в первой половине лета очень низкая [2, 3, 4]. В то же время такая стимуляция в обязательном порядке должна сопровождаться внесением достаточного количества растительных остатков, обеспечивающих положительный баланс гумуса [5]. Использование же минеральных удобрений на полях без поступления органического вещества приводит к тому, что микрофлора начинает усиленно разрушать гумус, добывая себе необходимый для жизни углерод.

Ученые кафедры почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья несколько десятилетий проводят работы по изучению влияния различных доз минеральных удобрений на плодородие черноземов лесостепной зоны Зауралья. В результате стационарных исследований было установлено, что расчетные методы определения баланса гумуса, разработанные различными научными организациями, не отражают фактического гумусового состояния почвы [6, 7, 8]. На наш взгляд, одна из причин такой ситуации - несоответствие коэффициентов минерализации гумуса и растительных остатков.

Цель исследований – изучить влияние уровня минерального питания зерновых культур на минерализацию гумусовых веществ в пахотном слое чернозема выщелоченного.

Исследования проводили на стационаре кафедры почвоведения и агрохимии Государственного аграрного университета Северного Зауралья, расположенном в северной лесостепи. Стационар находится в Тюменском районе, около д. Утёшево. Почва – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый с типичными признаками и свойствами для Западной Сибири [9]. Исследования выполняли в зерновом севообороте с занятым паром (однолетние травы, пшеница, овес). Система обработки почвы отвальная. Схема опыта предусматривала следующие варианты: без внесения удобрений (контроль); минеральные удобрения на планируемую урожайность 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 т/га зерна (средние дозы удобрений за годы исследований показаны на рисунке). Почва стационара характеризовалась высокой обеспеченностью подвижным калием, его запасов было достаточно для формирования урожайности не менее 6,0 т/га зерна яровой пшеницы и овса на протяжении всего периода исследований. Поэтому калийные удобрения не вносили.

Расчет доз удобрений на планируемую урожайность яровой пшеницы и овса проводили методом элементарного баланса с учетом доступных для растений питательных веществ в почве. Удобрения вносили под предпосевную культивацию. Схему опыта и культуры не меняли на протяжении всего эксперимента. При уборке зерновых солому измельчали и запахивали непосредственно на делянках.

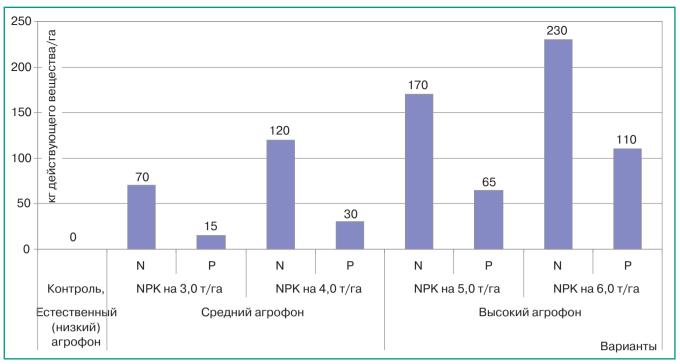


Рисунок. Средние дозы минеральных удобрений на планируемую урожайность яровой пшеницы и овса (2011—2016 гг.), кг д.в./га.

Общая площадь делянки составляет 100 м², учетная – 50 м². Размещение делянок последовательное, повторность 4-х кратная. Делянки фиксированные, чередование культур севооборота проходит во времени.

Осенью 2011 г. по вариантам опыта была отобрана почва массой не менее 1 кг. Индивидуальные образцы отбирали послойно до глубины 40 см на каждом повторении, в 4-х кратной повторности. В этих образцах определяли содержание гумусовых веществ и другие сопутствующие показатели плодородия. После детального осмотра и изъятия крупных растительных остатков (измельченная солома), почву помещали в мешки из плотной стеклоткани, которые для улучшения проникновения воды и воздуха прокалывали в нескольких местах. Мешки обладали хорошей водо- и воздухопроницаемостью, а также устойчивостью к разрушению почвенной микрофлорой на протяжении всего опыта. Образцы помещали соответственно слоям, из которых отбирали. Перед вспашкой и предпосевной обработкой почвы мешки, которые могли быть повреждены рабочими органами сельскохозяйственных орудий, изымали и вновь

закапывали сразу после проведения технологической операции. После вспашки образцы в слое 0...10 и 20...30 см меняли местами, имитируя процесс оборота пласта. Размещение мешков с почвой строго по слоям было необходимо для соблюдения естественных условий почвообразования (влажность, питательный режим, температура). Осенью 2016 г. образцы перевезли в лабораторию и провели детальный анализ показателей плодородия.

Используемый метод, в отличие от модельных опытов, выполняемых в искусственных условиях, дал возможность достоверно оценить влияние удобрений на минерализацию гумуса в каждом слое почвы, поскольку в мешки не могли попасть частицы соломы, способные исказить результаты эксперимента. Воздух, вода, частично корневая система зерновых культур и микрофлора свободно проникали вглубь мешка, тем самым полностью создавая условия трансформации гумусовых веществ, сходные с пашней.

Органический углерод определяли методом Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91). Статистическую обработку проводили с использованием Microsoft Excel.

В 2011 г. содержание гумуса в почве стационара различалось между вариантами, поскольку опыт заложили в 1995 г. и эффект от внесения различных доз минеральных удобрений был неодинаков. В контроле, где минеральные удобрения не вносили, величина этого показателя в слое 0...30 см варьировала незначительно. В среднем она составляла 6,81 % от массы почвы (табл. 1). При этом в подпахотном слое, который в черноземах также гумусовый, содержание гумуса было значительно ниже: в слое 30...40 см – 4,66 %, или на 30 % ниже, чем в пахотном. Проведенные ранее исследования на целинном участке чернозема выщелоченного, расположенном в 3 км от стационара, показали, что столь резкая убыль гумуса относительно пахотного слоя - результат антропогенного фактора почвообразования [10].

Через 5 лет в результате минерализации по всем слоям содержание гумуса закономерно снизилось. Наибольшее уменьшение отмечали в слое 0...10 см – на 0,34 %, что соответствовало потере 4 т почвенного органического вещества за 5 лет. В слое 10...30 см содержание гумуса уменьшилось до 6,48...6,53 %, что соответствовало потере почти 7 т.

1. Изменение содержания гумуса в слое 0...40 см пахотного чернозема при отсутствии растительных остатков на фоне возрастающих доз минеральных удобрений, % от массы почвы

Глубина, см	Контр	роль	NF на 3.0		NF на 4,0		NPK на 5,0 т/га		NF на 6,0	
, , ,	2011 г.	2016 г.	2011 г.	2016 г.	2011 г.	2016 г.	2011 г.	7.7		2016 г.
010	6,87	6,53	7,50	7,05	7,55	7,10	6,76	6,25	6,50	5,98
1020	6,75	6,48	7,48	7,11	7,41	6,93	6,71	6,21	6,52	6,00
2030	6,80	6,53	7,40	7,03	7,42	6,97	6,65	6,18	6,57	6,08
3040	4,66	4,52	4,92	4,75	5,00	4,80	4,07	3,85	4,65	4,39
040	6,27	6,01	6,83	6,48	6,85	6,45	6,05	5,62	6,06	5,61

2. Влияние минеральных удобрений на коэффициент минерализации гумуса пахотного чернозема выщелоченного, % от содержания гумуса

Слой, см	Контроль	NPK	NPK	NPK	NPK
CHOM, CM	Контроль	на 3,0 т/га	на 4,0 т/га	на 5,0 т/га	на 6,0 т/га
010	1,0	1,2	1,2	1,5	1,6
1020	0,8	1,0	1,3	1,5	1,6
2030	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5
3040	0,6	0,7	0,8	1,1	1,1
040	0,8	1,0	1,1	1,4	1,5

Наименьшую минерализацию гумуса отмечали в слое 30...40 см, где ежегодный потери составили 0,33 т/га. В среднем по слою 0...40 см содержание гумуса уменьшилось с 6,27 до 6,01 % от массы почвы.

Рассчитанный коэффициент минерализации гумуса в варианте с естественным агрофоном составил 0,8 % от содержания почвенного органического вещества (табл. 2). Необходимо отметить усиление процессов минерализации в слое 0...10 см, где соответствующий коэффициент достиг 1,0 % от содержания гумуса.

Внесение минеральных удобрений на планируемую урожайность зерновых культур 3,0 и 4,0 т/га незначительно повышало микробиологическую активность пахотного слоя (0...30 см) - содержание гумуса уменьшилось, по сравнению с первоначальными значениями, на 0,40...0,50 %, а его запасы – на 5...6 т/га. Как и в случае с контролем интенсивность минерализации снижалась с глубиной, о чем свидетельствует рассчитанный коэффициент минерализации. В среднем по слою 0...40 см, он составил 1,0...1,1 % от содержания гумуса.

Систематическое внесение высоких доз минеральных удобрений (NPK на 5,0 и 6,0 т/га зерна) привело к резкому скачку микробиологической активности пахотного слоя чернозема выщелоченного. Как показали ранее проведенные на кафедре исследования, период с высокой биологической активностью в этих вариантах был намного больше, чем в остальных [11]. Рассчитанный коэффициент минерализации в вариантах с внесением удобрений на 5,0 и 6,0 т/га зерна составил 1,4 и 1,5 % от содержания гумуса, что вполовину выше, чем в контроле и варианте с NPK на 3,0 т/га. Высокие дозы минеральных удобрений способствовали увеличению биологической активности не только в пахотном горизонте, но и глубже. Содержание гумуса в слое 30...40 см за пять лет уменьшилось с 4,65 до 4,39,%, коэффициент минерализации составил 1.1 %, или почти в 2 раза выше, чем в контроле.

Таким образом, традиционный коэффициент минерализации почвенного органического вещества на пашне, используемый при расчетах

баланса гумуса (1,0% от содержания) возможно использовать для условий лесостепной зоны Зауралья на полях, где минеральные удобрения вносят из расчета на планируемую урожайность зерновых культур не более 4,0 т/га зерна ( $N_{120}P_{30}$  кг д.в./га), что соответствует низкому и среднему агрофону. Внесение удобрений на планируемую урожайность 5,0 и 6,0 т/га зерна усиливает процессы минерализации гумуса в слое 0...40 см и приводит к увеличению коэффициента его минерализации до 1,4...1,5 % от содержания органического вещества почвы. Полученные результаты необходимо учитывать при разработке системы удобрений, обеспечивающей расширенное воспроизводство плодородия пахотных почв.

#### Литература.

- 1. Трубников Ю. Н. Минеральные удобрения и продуктивность полевого севооборота в условиях подтайги Приенисейской Сибири // Земледелие. 2011. № 5. С. 13–14.
- 2. Шарков И. Н. Минимализация обработки и ее влияние на плодородие почвы // Земледелие. 2009. № 3. С. 24–28.
- 3. Майсямова Д. Р. Биологический режим темно-серых лесных почв в процессе сельскохозяйственного использования // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2005. № 5. С. 17–23.
- 4. Изменение биологических и агрохимических свойств агрочернозема под действием удобрений в красноярской лесостепи / О. А. Ульянова, О. П. Горлова, Н. Л. Кураченко и др. // Плодородие. 2015. № 2 (83). С. 41–44.
- 5. Еремин Д. И., Ахтямова А. А. К вопросу стабилизации гумусного состояния пахотных черноземов за счет запашки соломы зерновых культур // Вестник Красноярского ГАУ. 2017. № 4 (127). С. 18–24.
- 6. Лазарев А. П., Ваймер А. А., Скипин Л. Н. Экологические аспекты использования черноземов Западной Сибири. Тюмень, 2014. 362 с.
- 7. Ломако Е. И., Алиев Ш. А. Баланс гумуса в почвах республики Татарстан // Земледелие. 2003. № 6. С. 2–3.
- 8. Eremin D. I. Changes in the content and quality of humus in leached chernozems of the Trans-Ural forest-steppe zone under the impact of their agricultural use // Eurasian soil science. Vol. 49. No. 5. 2016. Pp. 538–545. DOI: 10.1134/S1064229316050033.
- 9. Каретин Л. Н. Почвы Тюменской области. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. 286 с.
- 10. Активное органическое вещество в серой лесной почве пахотных и залежных

земель / Н. Б. Зинякова, А. К. Ходжаева, А. С. Тулина и др. // Агрохимия. 2013. № 9. С. 3–14.

11. Еремин Д. И. Агрогенная трансформация чернозема выщелоченного Северного Зауралья: автореф. дис. ... доктора биол. наук. Тюмень, 2012. 34 с.

#### Humus Mineralization in Arable Chernozem at Application of Miner al Fertilizers

D. I. Eremin, A. A. Akhtyamova State Agrarian University of the Northern Trans-Urals, ul. Respubliki, 7, Tyumen', 625003, Russian Federation

Abstract. Previously developed methods of calculating the balance of humus state of arable soils do not consider the impact of mineral fertilizers on the processes of mineralization and humification of organic matter. The calculated data significantly differ from the actual values of humus stocks. The aim of this work was to study the influence of mineral fertilizers on the mineralization of humus in an arable layer of leached chernozem. The studies were conducted at a station. located in the forest-steppe zone of the Trans-Urals. We studied the mineralization of humus against the natural soil fertility and at the application of various doses of mineral fertilizers, which ensured the planned yield of spring wheat and oat from 3.0 to 6.0 t/ ha. Over five years the content of humus in the variant without fertilizers in the 0-40 cm layer decreased from 6.27 to 6.01%, the coefficient of humus mineralization was 0.8% of the total content of humus. The application of fertilizers for the planned yield of 3.0 and 4.0 t/ha slightly stimulated soil microflora, which reduced the humus content from 6.85 to 6.46% in the absence of plant residues. The coefficient of mineralization corresponded to the common value - 1.0% of the humus content. In the fields with high soil fertility, ensuring the yield of cereals from 5.0 to 6.0 t/ha, soil microflora became active throughout the whole arable layer. Its activity led to a decrease in humus content from 6.06 to 5.61%. The mineralization coefficient increased to 1.5% of the humus content. The results obtained are necessary to optimize the balance model of humification in the arable soil in the case of application of mineral

**Keywords:** humus; arable chernozem; fertility; mineral fertilizers; coefficient of mineralization of humus; spring wheat; forest-steppe zone of the Trans-Urals.

**Author Details:** D. I. Eremin, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: soil-tyumen@yandex. ru); A. A. Akhtyamova, quality assurance manager.

For citation: Eremin D. I., Akhtyamova A. A. Humus Mineralization in Arable Chernozem at Application of Mineral Fertilizers. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 16–18. (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10704.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10705 УДК 631.879.4: 631.452: 631.559

# Влияние доз внесения и способов заделки торфонавозного компоста на плодородие почв Верхневолжья и урожайность культур прифермского севооборота

И. Г. МЕЛЬЦАЕВ, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник С. Т. ЭСЕДУЛЛАЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, директор (e-mail: stessed@mail.ru) Ивановский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал Верхневолжского федерального аграрного научного центра, ул. Центральная, 2, с. Богородское, Ивановский р-н, Ивановская обл., 153506, Российская Федерация

В 2006-2012 гг. изучали влияние приемов заделки различных доз торфонавозного компоста двухъярусным плугом ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см, обычным плугом ПН-4-35 на 20...22 см. тяжелой дисковой бороной БДТ-3 на 15...17 см на плодородие дерновоподзолистой легкосуглинистой почвы, величину и качество урожая культур прифермского севооборота. При заделке 100 т/га компоста двухъярусным плугом содержание гумуса в конце ротации севооборота увеличилось на 0,34 % к исходному (1,67 %), тогда как при заделке обычным плугом и дисковой бороной мало изменялось, а в варианте с обычной вспашкой без компоста снизилось на 0.06 %. Глубокая запашка при недостатке кислорода замедляет минерализацию органического вещества компоста, усиливает накопление лабильных гумусовых соединений, улучшает качественный состав гумуса, физикохимические и водно-физические свойства почвы. При двухъярусной вспашке в нижней (20...30 см) части удобренного слоя почвы концентрируется 30...40 % корневой системы растений, тогда как при обычной вспашке и дисковании - не более 15...20 %, замедляется интенсивность минерализации органического вещества, период его разложения увеличивается до 7...8 лет против 3...4 лет при обычной вспашке и дисковании, отпадает необходимость частого внесения органического удобрения, снижается засоренность посевов, происходит расширенное воспроизводство плодородия почвы. При внесении 60...140 т/га компоста урожайность культур увеличивалась на 0,35...1,01 т/га (10,2...29,4 %). Заделка компоста двухъярусным плугом обеспечивает увеличение средней продуктивности культур севооборота на 0,26...0,28 тыс. зерн. ед./га (6,8...7,4 %), в сравнении с обычной вспашкой или дискованием, при более высоком качестве урожая.

**Ключевые слова**: почва, прием заделки, торфонавозный компост, двухъярусный плуг, плотность, плодородие, урожайность, качество.

Для цитирования: Мельцаев И.Г., Эседуллаев С.Т. Влияние доз внесения и способов заделки торфонавозного компоста на плодородие почв Верхневолжья и урожайность культур прифермского севооборота // Земледелие. 2018. № 7. С. 19-22. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10705.

В исследованиях по воспроизводству плодородия почв в последние годы особое внимание уделяется роли органического вещества, постоянное пополнение которого путем внесения различных удобрений и растительных остатков, а также сбалансированная трансформация от свежего органического вещества до гумуса и элементов минерального питания - одна из важных задач современного земледелия. С накоплением гумуса улучшаются водно-физические свойства почвы, а со снижением интенсивности его разложения - пополняются запасы элементов питания растений [1, 2]. Плодородие определяет, прежде всего, интенсивность биологических процессов, оно не устойчиво и требует постоянного воспроизводства [3, 4]. К сожалению, сейчас среди выполняемых агротехнических мероприятий преобладают приемы, стимулирующие интенсивное разложение гумуса почвы и не уделяется должного внимания его сохранению. Потери гумуса можно компенсировать увеличением доз внесения органических удобрений, возделыванием сидеральных и промежуточных культур, но это требует больших затрат и доступно только на ограниченных площадях [5, 6, 7]. Для достижения бездефицитного баланса гумуса на 1 га севооборотной площади на дерново-подзолистых глинистых и суглинистых почв необходимо вносить 10 т хорошо перепревшего навоза, а на легкосуглинистых – 15...20 т [8, 9].

В лучшие годы применение органических удобрений в Нечерноземной зоне страны в пересчете на навоз достигало 6 т/га, а сейчас не превышает 2 т/га, ми-

неральных удобрений – соответственно 150...160 и 20...25 кг/га. Это неизбежно ведет к падению плодородия почв, что подтверждают результаты мониторинга, проводимого агрохимической службой Министерства сельского хозяйства Российской Федерации [10, 11].

Втаких условиях важен поиск приемов обработки почвы, сдерживающих процессы минерализации ее органического вещества. Исследованиями С.С. Сдобникова [3, 12] доказано преимущество глубокой заделки органических удобрений прослойкой на дно борозды и ее сохранение в последующие годы. Теоретически обоснована концепция преимущества обратно-гетерогенного строения пахотного слоя почвы и комбинированноярусная система ее обработки, предусматривающая периодическую (раз в 3...4 года) двухъярусную вспашку и ее чередование с безотвальным рыхлением и поверхностной обработкой.

Цель исследований – изучение влияния доз внесения и способов заделки торфонавозного компоста (ТНК) на плодородие дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы, урожайность культур прифермского севооборота и качество выращиваемой продукции.

Исследования проводили с использованием общепринятых методов [13] в 2006-2012 гг. Схема опыта предусматривала внесение под основную обработку и заделку ТНК в дозах 60, 70, 100 и 140 т/га двухьярусным плугом ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см, 100 т/га - обычным плугом ПН-4-35 на 20...22 см или тяжелой дисковой бороной БДТ-3 на 15...17 см. Контролем служил вариант без внесения ТНК при обработке почвы обычным плугом на 20...22 см. Опыт проводили в трех закладках в интенсивном (коэффициент использования пашни 1,3) прифермском севообороте с чередованием культур: пар занятый (горох+овес на зеленый корм) - озимая рожь на зеленый корм (или зерно), поукосно рапс яровой – овес с подсевом клевера - клевер (два укоса) - картофель - горох+овес на зеленый корм – вика+овес на зеленый корм.

Почва опытного участка – дерновоподзолистая легкосуглинистая с мощностью пахотного слоя 20...22 см, содержание гумуса в котором составляло 1,69 %, доступных (по Кирсанову) форм фосфора – 135, калия – 138 мг/кг, реакция среды близкая к нейтральной (рН<sub>сол</sub> 5,8...5,9), степень насыщенности основаниями 81 %. ТНК перед внесением содержал в среднем 35 % сухого вещества, 0,53 % общего азота, 0,46 % фосфора и 0,40 % калия. Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию в дозах, необходимых для получения расчетных урожаев.

Плотность и влажность почвы определяли после посева, в середине вегетации и перед уборкой урожая, водопрочность структуры – после по-

#### 1. Трансформация гумусовых веществ при внесении разных доз ТНК и накопление азота и пожнивно-корневых остатков

Способ заделки, доза ТНК	Поступление гумуса, кг/га	Расход гумуса на формирование урожая, кг/га	Остаток гу- муса, кг/га	Накопление азота, кг/га	Накопление ПКО, т/га
Вспашка на 2022 см, без удобрений	4694	4821	-127	85	4,5
Вспашка на 2022 см, 100 т/га	5904	5332	572	154	4,8
Двухярусная вспашка на 2527 см, 140 т/га	8799	7147	1652	215	5,4
Двухярусная вспашка на 2527 см, 100 т/га	7549	6300	1254	183	5,2
Двухярусная вспашка на 2527 см, 70 т/га	6069	5437	632	157	5,0
Двухярусная вспашка на 2527 см, 60 т/га	5910	5350	560	154	4,8
Дискование на 1517 см, 100 т/га	5710	5340	350	158	4,8

сева и перед уборкой урожая в слоях 0...10, 10...20 и 20...30 см.

Температура воздуха во все годы была близкой к средним многолетним значениям, за исключением июля 2009 и 2010 гг., когда она превышала норму на 3,8 °С. Наибольшее количество осадков выпадало в этот же месяц в 2007, 2008 и 2009 гг. – в 1,5 раза больше нормы. Гидротермический коэффициент в 2006, 2007, 2010 и 2012 гг. находился на уровне 1,9...2,0 при норме 1,4, в 2008 и 2009 гг. – значительно выше нормы (3,6 и 3,9) и лишь в 2011 г. был около нормы (1,47).

При запашке 100 т/га ТНК обычным плугом на 20...22 см и ежегодном поступлении в среднем по 4,8 т/га пожнивно-корневых остатков (ПКО) общее содержание лабильного гумуса в почве в середине ротации севооборота составило 5904 кг/га. Из этого количества на формирование продукции расходовалось 5332 кг, или 90,3 %, оставалось в почве - 572 кг. Органического азота накапливалось 154 кг/га при соотношении углерода к азоту 11,4:1. При заделке такого же количества компоста двухъярусным плугом на глубину 25... 27 см гумуса образовывалось и оставалось в почве значительно больше, выше было и накопление азота. Наибольшее поступление ПКО и гумуса отмечено при внесении 140 т/га компоста (табл. 1).

В варианте с заделкой 100 т/га ТНК обычным плугом на глубину 20...22 см содержание гумуса за ротацию севооборота возрастало лишь на 0,02% (табл. 2). При запашке такого же количестве компоста двухъярусным плугом на глубину 25...27 см величина этого показателя к концуротации севооборота повышалась до 2,01 %, против 1,67 % в начале ротации. Этому способствовал ограниченный доступ кислорода в нижние слои и преобладание анаэробной минерализации органического вещества над аэробной. При заделке 100 т/га ТНК дисковой бороной на глубину 15...17 см содержание гумуса не изменилось вследствие ускоренной минерализации органического вещества. Максимальное (до 2,14 %) в опыте увеличение содержания гумуса к концу ротации севооборота наблюдали в варианте с внесением 140 т/га ТНК с заделкой двухъярусным плугом.

При заделке 100 т/га ТНК обычным или двухъярусным плугом величина водородного показателя к концу рота-

ции севооборота сместилась на 0,2 ед. pH, а при заделке 140 т/га компоста двухъярусным плугом – на 0,3 ед. pH, в сторону нейтральной реакции среды, тогда как при заделке ТНК дисковой бороной отмечено некоторое (на 0,1 ед. pH) подкисление. Раскисление почвы, очевидно, связано с увеличением количества дождевых червей и активизацией их деятельности при больших дозах и глубокой заделке ТНК.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в вариантах с глубокой (на 25...27 см) заделкой ТНК и ПКО происходило расширенное воспроизводство почвенного плодородия.

В контроле за ротацию севооборота выявлено снижение содержания гумуса на 0,06 % в абсолютном выражении по отношению к исходному. Концентрация нитратного азота в почве по отношению к исходным значениям уменьшилась на 8,0 %, подвижного фосфора – на 7,1 %, обменного калия – на 14,3 %, сумма поглощенных оснований – на 0,9 %, насыщенность основаниями – на 4,9 %, отмечено подкисление среды (на 0,2 ед. рН),

соотношение углерода к азоту составило 10,1:1. Баланс органического вещества в почве в этом варианте складывался следующим образом: благодаря минерализации и гумификации растительного опада и используемых азотных удобрений поступление лабильного гумуса составило 4694 кг/га, на формирование урожая затрачивалось 4821 кг, дефицит составил 127 кг/га. Отсюда следует, что севооборот даже с клевером и двумя полями поукосных культур, а также азот вносимых минеральных удобрений не обеспечивали в почве бездефицитный баланс гумуса.

Углубление пахотного слоя и внесение ТНК, особенно поддвухъярусную вспашку, способствует повышению плодородия дерново-подзолистой почвы. Действие органических удобрений при глубокой запашке длится до 7...8 лет, из-за замедления процессов минерализации, в то время как при обычной и дисковой заделках – не более 3...4 лет.

Какбыло отмечено ранее, содержание гумуса в почве в вариантах с глубокой двухъярусной вспашкой увеличилось, по

2. Изменение показателей плодородия дерново-подзолистой почвы в слое 0...30 см при разных дозах внесения и способах заделки ТНК

	Срок		Спо	соб за	делки	доза	ГНК (т	/га)
Показатель	опреде-	вспа	ашка		ьярусн			дискование
	ления*	0	100	140	100	70	60	100
Содержание гуму-		1,70	1,72	1,70	1,67	1,65	1,64	1,66
ca, %	П	1,64	1,74	2,14	2,01	1,87	1,79	1,66
Соотношение	среднее	1,04	1,28	1,20	1,17	1,16	1,13	1,47
Сгк:Сфк, 020 см Сгк:Сфк, 2030 см	за ротацию	0,61	0,85	1,60	1,52	1,41	1,43	0,77
Соотношение C:N	I	9,7	10,2	9,8	9,9	10,1	9,9	10,4
	II	10,1	11,4	11,9	11,6	11,6	11,5	10,9
Сумма поглощенных	1	18,1	18,2	18,8	19,0	18,5	18,3	18,2
оснований, мг- экв/100 г почвы	II	17,2	20,1	22,1	21,3	20,5	20,2	17,4
рН <sub>сол.</sub>	I	5,8	5,8	5,9	5,9	5,8	5,8	5,8
	II	5,6	6,0	6,2	6,1	5,8	5,8	5,7
Насыщенность	I	81	80	82	82	80	80	80
снованиями ППК, %	II	77	83	85	85	84	83	79
Содержание водо-	I	37,5	40,3	43,5	44,6	42,5	42,8	40,4
прочных аграгатов, %		41,0	44,7	49,8	47,2	45,7	45,4	43,6
Плотность, г/см <sup>3</sup>	средняя	1,33	1,30	1,26	1,27	1,28	1,29	1,34
_	за ротацию							
Пористость, %	l 	48,8	48,9	49,6	48,3	47,6	47,4	47,0
	II	49,6	50,0	51,5	51,1	50,7	50,5	49,2
Влажность, %	средняя	14,7	15,3	15,8	15,3	15,2	15,2	15,0
	за ротацию							•
Содержание, N-NO <sub>3</sub>	l .	25	27	27	26	24	25	26
мг/кг	II.	23	34	43	37	34	32	23
Содержание $P_2O_5$ ,	l l	140	130	130	130	135	134	135
мг/кг	II.	130	145	180	175	165	155	115
Содержание К <sub>2</sub> О,	l	140	135	130	140	137	130	140
MF/KF	<u>II</u>	120	160	200	180	197	194	120

<sup>\*</sup> I – начало ротации; II – окончание ротации севооборота.

3. Продуктивность культур севооборота при разных дозах внесения и способах заделки ТНК, тыс. зерн. ед./га

Способ заделки, доза ТНК			Культура	севооб	борота*			Средняя	Белок /
Спосоо заделки, доза тпк		2	3	4	5	6	7	за 7 лет	ОЭ**
Вспашка на 2022 см, без удобрений	3,64	4,30	2,52	3,60	3,70	3,35	2,93	3,43	96/12,6
Вспашка на 2022 см, 100 т/га	4,01	4,78	2,95	3,62	4,31	3,67	3,12	3,78	108/14,0
Двухъярусная вспашка на 2527 см, 140 т/га	4,41	5,30	3,43	4,40	5,52	4,36	3,66	4,44	117/16,2
Двухъярусная вспашка на 2527 см, 100 т/га	4,03	4,91	3,27	4,05	4,60	4,09	3,44	4,06	110/15,0
Двухъярусная вспашка на 2527 см, 70 т/га	4,00	4,83	3,03	4,03	4,53	3,91	3,33	3,95	106/14,8
Двухъярусная вспашка на 2527 см, 60 т/га	3,82	4,64	2,95	3,87	4,40	3,74	3,20	3,80	103/14,1
Дискование на 1517 см, 100 т/га	4,23	4,99	3,17	3,55	3,94	3,62	3,06	3,80	105/14,3
НСР <sub>о5</sub> для частных средних	0,11	0,10	0,44	0,25	0,19	0,17	0,12	0,22	-
для способа обработки	0,09	0,08	0,32	0,19	0,19	0,19	0,11	0,19	
для дозы ТНК	0,10	0,10	0,41	0,23	0,21	0,20	0,17	0,23	

<sup>\* 1 –</sup> горох+овес (зеленая масса), 2 – озимая рожь (зерно), 3 – овес (зерно), 4 – клевер, 5 – картофель, 6 – горох+овес (зеленая масса), 7 – вика+овес (зеленая масса).

сравнению с обработкой обычным плугом и дисковой бороной. Происходили и качественные изменения состава гумуса. В результате продолжительного процесса гумификации органического вещества в нижней части пахотного слоя качество образовавшегося там гумуса существенно отличалось от гумуса верхнего слоя [2]. Если в слое почвы 0...20 см в вариантах с заделкой 100 т/га компоста дискованием или обычной вспашкой к окончанию ротации севооборота соотношение гуминовых кислот к фульвокислотам достигало 1,47 и 1,28 против 1,17 при глубокой двухъярусной вспашке и 1,04 на контроле, то в слое 20...30 см составляло соответственно 0,77, 0,85, 1,52 и 0,61. То есть, количество гуминовых кислот в почве при глубокой двухъярусной заделке ТНК увеличивалось в основном благодаря их образованию в нижней части пахотного слоя. Это оказало положительное влияние на воднофизические свойства почвы. Содержание водопрочных агрегатов в почве при заделке 100 и 140 т/га ТНК двухярусным плугом достигало 47,2 и 49,8 % против 44,7 и 43,6% при использовании обычного плуга и дисковой бороны.

Известно, что почва, имеющая хорошую структуру, меньше поддается уплотнению и обладает большей пористостью [1]. Изменения плотности почвы в зависимости от обработок были незначительными, за исключением варианта с дискованием, где она увеличилась. Так, при заделке компоста двухъярусным плугом плотность почвы не превышала 1,26...1,29 г/см³, обычным плугом – 1,31 г/см³, дисковой бороной – 1,34 г/см³, а общая пористость – 51,5, 50,0 и 49,2 % соответственно.

Во всех изучаемых вариантах обработки влажность почвы была выше, чем в контроле, что связано, вероятно, с меньшей испаряемостью на фоне более мощной и густой растительности.

Глубокая заделка ТНК и верхнего слоя почвы, насыщенного семенами сорняков, двухъярусным плугом обеспечивала значительное уменьшение засоренности посевов – до  $22\,\mathrm{mr./m^2}$ , тогда как при обычной вспашке она достигала  $30\,\mathrm{mr./m^2}$ , а при дисковании –  $41\,\mathrm{mr./m^2}$ .

При заделке ТНК обычным плугом или дисковой бороной основная масса

(80...85 %) корней располагалась в слое 0...20 см, тогда как при глубокой запашке двухъярусным плугом 40 % и более корней размещалась глубже. В нижнем удобренном слое их было в 2,0 раза больше, чем в аналогичном слое почвы в вариантах с обычной вспашкой или дискованием, что особенно заметно проявлялось под бобовыми культурами и картофелем.

Благоприятные условия для роста и развития растений, созданные при использовании двухъярусного плуга, способствовали формированию более высокой продуктивности культур севооборота (табл. 3).

От ТНК во всех вариантах получена достоверная прибавка урожая – от 0,35 до 1,01 т/га. В среднем за ротацию севооборота максимальная в опыте продуктивность отмечена в варианте с внесением 140 т/га ТНК и заделкой его двухъярусным плугом – 4,44 тыс. зерн.

ед./га. При снижении доз ТНК до 100, 70 и 60 т/га средняя продуктивность культур севооборота уменьшалась соответственно до 4,06, 3,95 и 3,80 тыс. зерн. ед. Заделка ТНК в дозе 100 т/га обычным плугом на 20...22 см и дисковой бороной на 15...17 см обеспечила примерно одинаковую среднюю продуктивность культур севооборота – 3,78 и 3,80 тыс. зерн. ед. против 3,43 тыс. зерн. ед. на контроле без применения ТНК. То есть, при равных (по 100 т/га) дозах внесения ТНК глубокая запашка двухъярусным плугом способствовала увеличению средней продуктивности культур севооборота на 0,26...0,28 тыс. зерн. ед. в сравнении с заделкой ТНК обычным плугом или тяжелой дисковой бороной.

Обеспеченность зерновой единицы сырым белком в контроле не превышала 96 г, в вариантах с заделкой 100 т/га компоста обычной вспашкой и дискованием – 108 и 106 г, а глубокой двухъярусной

4. Качественные показатели урожая культур севооборота в зависимости от доз внесения и способов заделки ТНК

Способ заделки, доза компоста (т/га),									
Показатель вспашка двухъярусная вспашка	дискова-								
	ние								
0 100 140 100 70 60	100								
Озимая рожь									
Сырой белок, % 10,5 11,6 12,8 12,3 11,9 11,8	11,6								
Клейковина, % 24,7 27,7 31,6 30,8 28,3 28,3	27,7								
Крахмал, % 54,2 58,3 61,7 59,2 55,5 55,4	58,4								
Клетчатка, % 2,31 2,50 2,61 2,66 2,60 2,58	2,49								
Жир, % 2,10 2,30 2,42 2,36 2,34 2,31	2,28								
Азот общий, % 2,08 2,26 2,52 2,46 2,40 2,36	2,25								
K <sub>2</sub> O, % 0,41 0,46 0,55 0,53 0,58 0,58	0,45								
$P_2^{\text{O}}_{5}$ , % 0,50 0,57 0,66 0,61 0,49 0,47	0,56								
Зола, % 2,30 2,54 2,72 2,66 2,57 2,55	2,53								
Овес									
Сырой белок, % 11,0 11,8 13,2 12,7 12,3 11,9	11,7								
Клейковина, % 24,7 27,4 30,5 29,1 27,6 27,2	27,9								
Крахмал, % 40,7 40,7 40,1 36,2 31,4 29,7	33,6								
Клетчатка, % 3,78 3,65 3,57 3,62 3,56 3,67	3,68								
Жир, % 3,5 4,1 4,6 4,4 4,2 4,1	3,7								
Азот общий, % 2,02 2,35 2,48 2,41 2,38 2,36	2,34								
$K_2O$ , % 0,58 0,65 0,77 0,72 0,70 0,65	0,60								
$P_2^{-}O_5$ , % 0,49 0,52 0,65 0,57 0,55 0,51	0,54								
Зола, % 5,5 5,8 6,4 6,0 5,9 5,7	5,9								
Картофель	1 77								
Сырой белок, % 1,68 1,78 1,99 1,95 1,81 1,77	1,77								
Сухая масса, % 19,1 19,9 20,5 20,1 19,9 19,7	19,5								
Крахмал, % 11,3 12,1 13,4 12,8 12,4 12,1 Витамин С.мг % 17,3 18.6 19.5 19,1 18,4 17,6	12,0								
	17,7								
Сахара, % 0,91 1,10 1,16 1,13 1,12 1,08 Нитраты, мг/кг 97,0 104 118 112 111 108	1,10 109								
	0,45								
	0,45								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %     0,16     0,19     0,25     0,23     0,21     0,19       Зола, %     5,7     6,0     6,5     6,3     6,3     6,2	5.9								

<sup>\*\*</sup> в числителе – сырой белок, г на 1 зерн. ед.; в знаменателе – общая обменная энергия, млн ккал на 1 га.

вспашкой – 109 г. Выход накопленной в продукции энергии в контроле не превышал – 12,6·10<sup>6</sup>, на фоне обычной вспашки и дискования – 14,1·10<sup>6</sup>, а на фоне двухъярусной вспашки достигал 15,5·10<sup>6</sup> ккал/га.

Таким образом, внесение торфонавозного компоста с заделкой двухъярусным плугом – наиболее эффективный прием увеличения продуктивности культур прифермского севооборота и повышения плодородия дерново-подзолистых почв.

Более благоприятные условия питания растений при заделке ТНК двухьярусным плугом обеспечили не только повышение урожайности, но и значительное улучшение качества выращенной продукции (табл. 4). Содержание сырого белка в зерне озимой ржи в вариантах с заделкой ТНК двухъярусным плугом варьировало от 11,8 до 12,8 %, обычным плугом и дисковой бороной – по 11,6 %, в контроле 10,5 %, содержание клейковины – соответственно 28,3...31,6, по 27,7 и 24,3 %, общего азота – 2,36...2,52, 2,26, 2,25 и 2,08 %, жира – 2,31...2,42, 2,30, 2,28 и 2,10 %.

Аналогичные данные получены по овсу. Наиболее качественное его зерно выращено при внесении ТНК в дозах 140 и 100 т/га и запашке двухъярусным плугом. В этих вариантах оно содержало сырого белка 13,2 и 12,7 %, при дозах 70 и 60 т/га - 12,3 и 11,9 %, тогда как при заделке обычным плугом и дисковой бороной - 11,8 и 11,7 %, а в контроле - 11,0 %. При ярусной запашке компоста отмечали большее содержание клейковины, крахмала, жира, калия, фосфора и золы.

В вариантах с глубокой заделкой ТНК двухъярусной вспашкой клубни картофеля содержали больше крахмала (12,1...13,4 %.), в сравнении с заделкой ТНК обычной вспашкой (12,1 %) или дискованием (12,0 %), при значениях в контроле 11,3 %. Кроме того, на фоне заделки ТНК двухъярусным плугом в клубнях накапливалось больше сырого белка, витамина С, сахаров, а также золы, фосфора и калия. Следует подчеркнуть, что при глубокой запашке ТНК клубни содержали и больше нитратов -108...118 мг/кг против 104 и 108 мг/кг при заделке обычным плугом и дисковой бороной и 97 мг/кг в контроле, хотя превышения ПДК (СанПиН 2.3.2.1078-01) по нитратам для культуры (250 мг/кг) ни в одном варианте не наблюдали.

Заделка высоких доз торфонавозного компоста двухъярусным глугом ПЯ-3-35 на глубину 25...27 см положительно влияет на агрохимические свойства дерновоподзолистой почвы: содержание гумуса в слое 0...30 см повысилось на 16...21 %, в сравнении с заделкой обычным плугом ПН-4-35 на 20...22 см или дисковой бороной БДТ-3 на 15...17 см, и на 23 %, в сравнении с контролем без компоста; снизилась плотность почвы; повысились

общая пористость и влагообеспеченность, содержание нитратного азота, подвижного фосфора и калия, степень насыщенности основаниями, уменьшилась кислотность почвенного раствора.

Двухъярусная заделка 100 т/га торфонавозного компоста обеспечила увеличение средней продуктивности культур севооборота на 6,8...7,4 %, продолжительность времени действия удобрения – в 2...3 раза, по сравнению с обычной вспашкой и дискованием.

Глубокая двухъярусная запашка органических удобрений может быть рекомендована для окультуривания дерново-подзолистых почв облегченного гранулометрического состава, а также в качестве приема в системе комбинированно-ярусной обработки почв в Верхневолжском регионе России.

#### Литература

- 1. Лыков А.М. Гумус и плодородие почвы. М.: Московский рабочий, 1983. 192 с.
- 2. Теория гумусообразования и рациональное использование органических удобрений / Д.С. Орлов, С.С. Сдобников, Н.М. Шевцов и др. // Проблема гумуса в земледелии и использование органических удобрений: сб. тез. докл. Всесоюз. конф. Владимир: ВНИПТИОУ, 1987. С.142-153.
- 3. Сдобников С.С. Пахать или не пахать. М.: Брукс, 1994. 288 с.
- 4. Сдобников С.С. Навоз в современном сельском хозяйстве // Земледелие. 1991. № 6. С. 53–55.
- 5. Чекмарев П.А., Родионов В.Я., Лукин С.В. Опыт использования органических удобрений в Белгородской области // Достижения науки и техники АПК 2011. № 2. С. 3-4.
- 6. Лукин С.В. Биологизация земледелия в Белгородской области: итоги и перспективы // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 20-23/
- 7. Коршунов А.В., Лысенко Ю.Н., Лысенко Н.Ю. Мелкотоварное картофелеводство: синергетический эффект промежуточных сидеральных культур в севообороте и бессменной посадке, удобрений и сортов // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 28-33.
- 8. Сдобников С.С. Органические удобрения и плодородие почвы // Бюл. ВИУА. 1991. № 107. С.7–10.
- 9. Ганжара Н.Ф. Баланс гумуса в почве и пути его регулирования // Земледелие. 1993. № 10. С. 41-43.
- 10. Комаров В.И., Калинина З.Т., Гришина А.В. Динамика агрохимических показателей плодородия почв пахотных угодий и объемов применения средств химизации во Владимирской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 17-23.
- 11. Чекмарев П.А., Прудников П.В. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 24-33.
- 13. Сдобников С.С. Острые проблемы теории обработки почвы // Земледелие. 1988. № 12. С.41-51.
- 14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки

результатов исследований). Изд. 5-е, доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

#### Influence of Doses and Embedding Methods of Compost from Peat and Manure on Soil Fertility in the Upper Volga Region and Crop Yield in a By-Farm Crop Rotation

I.G. Meltsaev, S.T. Esedullaev Ivanovo Research Institute of Agriculture – the branch of the Upper Volga federal Agricultural scientific Center, ul. Centralnaya, 2, s. Bogorodskoye, Ivanovskii r-n, Ivanovskaya obl., 153506, Russian Federation

Abstract. In 2006-2012, the influence of different methods of embedding peat-manure compost in various doses on fertility of sod-podzol light loamy soil, the quantity and quality of the products of a by-farm crop rotation was studied. We examined embedding peat-manure compost by two-tier plough PYA-3-35 at the depth of 25-27 cm, by ordinary plough PN-4-35 at 20-22 cm, by heavy disc harrow BDT-3 at 15-17 cm. The embedding of 100 t/ha of compost by two-tier plough increased the humus content at the end of rotation by 0.34% compared to the initial one (1.67%). It changed marginally in the case of ordinary plough and harrow: and in the variant with ordinary ploughing without compost application it decreased by 0.06%. Deep ploughing with a lack of oxygen slows down the mineralization of organic matter in the compost, enhances the accumulation of labile humus compounds, and improves the qualitative composition of humus, the physicochemical and water-physical properties of the soil. Two-tier ploughing causes the concentration of 30-40% of plant roots in the lower (20-30 cm) part of the fertilized soil layer, whereas in the case of ordinary ploughing and disking the value does not exceed 15-20%. Two-tier ploughing slows down the rate of mineralization of organic matter, increases the period of its decomposition to 7-8 years vs 3-4 years in the case of ordinary ploughing and disking, eliminates the need for frequent use of organic fertilizers, decreases the infestation of crops, causes extended reproduction of soil fertility. Application of 60-140 t/ha of compost increases the crop yield by 0.35-1.01 t/ ha(10.2-29.4%). The embedding of compost by two-tier plough provides an increase in the average yield of crops by 0.26-0.28 t/ha of grain crops (6.8-7.4%) and in the quality of crop compared with ordinary ploughing and disking,.

**Keywords:** soil; application method; compost from peat and manure; two-tier plough; density; soil fertility; yield; quality.

Author Details: I.G. Meltsaev, D. Sc. (Agr.), leading research fellow; S.T. Esedullaev, Cand. Sc. (Agr.), director.

For citation: Meltsaev I.G., Esedullaev S.T. Influence of Doses and Embedding Methods of Compost from Peat and Manure on Soil Fertility in the Upper Volga Region and Crop Yield in a By-Farm Crop Rotation. Zemledelie. 2018. No. 7. Pp. 19-22 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10705.

DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10706 УДК 631.862 : 636.5 : 633.16 «321»: 631.452 (571.13)

#### Оптимизация применения птичьего помета под ячмень на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири

И. А. БОБРЕНКО<sup>1</sup>, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой Н. В. ГОМАН<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Н. К. ТРУБИНА<sup>1</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент А. Г. ШМИДТ, старший преподаватель<sup>1</sup>, начальник отдела<sup>2</sup> (e-mail: aqsch@mail.ru) 1Омский государственный аграрный университет имени П. А. Столыпина, Институтская пл., 1, Омск, 644008, Российская Федерация <sup>2</sup>Центр агрохимической службы «Омский», просп. Королева, 34, Омск, 644012, Российская Федерация

Резюме. Цель исследований – изучить влияние куриного помета на продуктивность ярового ячменя и плодородие почв в условиях лесостепи Западной Сибири. Работу проводили в Омской области в 2015-2017 гг. на ячмене яровом сорта Подарок Сибири. Содержание в почве перед посевом N-NO. – 2,34...7,20, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-99...124, K<sub>2</sub>O-252...360 мг/ кг, гумуса – 4,20%. Все варианты применения помета обеспечили достоверные прибавки урожая зерна. Наиболее эффективными дозами оказались 16 и 20 т/га – рост урожайности составил соответственно 0,74 и 0,84 т/га, или 24,83 и 26,55 % к контролю. Применение подстилочного помета под ячмень значительно увеличивало солержание азота нитратов в почве с очень низкого (5,21 мг/кг в контроле) до высокого уровня (22,3...43,0 мг/кг при внесении 4...20 т/га помета) и подвижного фосфора – с повышенного (113 мг/кг в контроле) до высокого (161...176 мг/кг при внесении 12...20 т/га). Содержание сырого протеина в контроле составляло 13,67 %, наибольшее его количество накапливалось в зерне от дозы 16 т/га – 14,00 %, жира – соответственно 1,43 и 1,53 %, клетчатки – 4,0 и 4,4 %. В исследованиях определены: окупаемость 1 т помета дополнительным урожаем (42 кг зерна), коэффициенты действия 1 т помета на химический состав почвы (N-NO<sub>3</sub> – 1,65 мг/кг; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 2,39 мг/кг; К,О – 3,84 мг/кг), азот текущей нитрификации (55 кг/га), затраты элементов питания на создание 1 тзерна  $(N-35, P_2O_5-21, K_2O_5)$ -14кг), количество элементов питания вносимых с 1 т помета (N-37,  $P_2O_5-23$ ,  $K_2O-12$  кг), коэффициенты использования элементов из почвы (N – 0,88;  $P_2O_5$  – 0,09,  $K_2O$  – 0,04) и помета (N – 0,35;  $P_2O_5^2$  – 0,41;  $K_2O_2^2$  0,88). Эти показатели можно использовать для оптимизации питания растений ярового ячменя при внесении удобрений.

**Ключевые слова:** ячмень (Hordeum sativum L.), удобрение, помет, качество, урожай.

Для цитирования: Оптимизация применения птичьего помета под ячмень на лугово-черноземной почве южной лесостепи Западной Сибири / И. А. Бобренко, Н. В. Гоман, Н. К. Трубина и др. // Земледелие. 2018. № 7. С. 23–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10706.

Увеличение производства зерна – важная задача растениеводства и обеспечения продовольственной безопасностистраны. В решении этой проблемы важное место занимает ячмень [1, 2].

Сохранение, воспроизводство и рациональное использование плодородия почв — основное условие устойчивого развития сельскохозяйственного производства [3, 4]. Неправильно использование почв в земледелии приводит к негативным изменениям, обусловливает деградацию и снижение почвенного плодородия [5, 6]. Важнейший фактор его стабилизации и увеличения — применение органических удобрений.

ческие параметры для оптимизации питания растений.

Исследования проводили в 2015-2017 гг. на лугово-черноземной маломощной малогумусной тяжелосуглинистой почве (агрочернозем квазиглеевый маломощный среднегумусированный тяжелосуглинистый) на ячмене яровом сорта Подарок Сибири на опытном поле Омского ГАУ, лабораторные исследования - на кафедре агрохимии и почвоведения Омского ГАУ. Опыт заложен в трехкратной повторности. Размещение вариантов систематическое. Агротехника - общепринятая в зоне. Содержание гумуса в почве 4,20 %, плотность почвы в слое 0...40 см - 1,12 г/см<sup>3</sup>, плотность твердой фазы – 2,63 г/см<sup>3</sup>, ЕКО – 20,2 ммольэкв/100 г, рН водной вытяжки - 6,7. Содержание N-NO в почве перед посевом 2,34...7,20 (водная вытяжка), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> и K<sub>2</sub>O (по Чирикову) – 99...124 и 252...360 мг/кг соответственно.

В опыте изучали следующие дозы применения куриного помета: без внесения удобрений (контроль); 4; 8; 12; 16; 20 т/га. При определении доз использовали результаты предыдущих исследований в регионе по удобрению пометом зерновых культур [3]. Почвенные пробы отбирали перед посевом, в фазы кущения, восковой и полной спелости зерна ячменя.

Содержание азота в 1 т подстилочного куриного помета, взятого из буртов в ООО «РУСКОМ-Агро» Омской области, составляло 35,2...40,7 кг, фосфора — 21,4...25,3 кг, калия — 11,2...12,3 кг (табл. 1). Это значительно больше, чем в навозе.

#### 1. Химический состав подстилочного куриного помета ООО «РУСКОМ-Агро» Омской области

_	Cvxoe		Органическое	Содержание элементов питания,				
Год	вещество, %	рН <sub>вод.</sub>	вещество, %	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O		
2015	68,3	5,7	82,2	3,52	2,53	1,23		
2016	65,2	6,3	82,4	4,07	2,14	1,12		
2017	64,0	6,8	84,6	3,93	2,42	1,34		

Птичий помет – ценное органическое удобрение с высоким содержанием макро- и микроэлементов, которое оказывает большое влияние на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур [7, 8, 9].

Цель исследований – изучить влияние куриного помета на продуктивность ярового ячменя и плодородие почв в условиях лесостепи Западной Сибири, определить нормативные агрохими-

Вегетационные периоды 2016 и 2017 гг. были благоприятными по обеспеченности осадками, 2015 г. характеризовался их дефицитом. По обеспеченности теплом все года исследований были типичными.

В среднем за годы исследований урожайность культуры в контроле составила 2,41 т/га (табл. 2). Внесение органического удобрения позволило сформировать достоверные прибавки

#### 2. Действие куриного подстилочного помета на урожайность зерна ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (2015–2017 гг.)

Donusur		Урожайн	ность, т/га	ì	Приб	авка	Окупае-	
Вариант	2015 г.	2016 г.	2017 г.	средняя	т/га	%	мость, кг/т	
Контроль	2,03	2,68	2,51	2,41	-	-	_	
4 т/га	2,18	2,82	2,67	2,56	0,15	6,18	37,17	
8 т/га	2,32	3,06	2,81	2,73	0,32	12,64	40,38	
12 т/га	2,64	3,27	3,02	2,98	0,57	20,85	47,42	
16 т/га	2,79	3,33	3,32	3,15	0,74	24,83	46,17	
20 т/га	2,83	3,54	3,35	3,24	0,84	26,55	41,75	
HCP <sub>05</sub>	0,11	0,16	0,14					

3. Действие подстилочного куриного помета на содержание подвижных форм элементов питания в лугово-черноземной почве (слой 0...30 см), мк/кг (среднее за 2015–2017 гг.)

_	Кущение			Восковая спелость			Уборка		
Вариант	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N-NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль	5,21	113	301	4,32	131	271	2,38	116	268
4 т/га	22,3	131	329	14,6	138	282	7,50	121	289
8 т/га	28,1	145	333	17,3	146	282	8,50	123	285
12 т/га	32,6	161	350	18,0	151	276	9,97	136	285
16 т/га	36,5	167	369	19,3	155	273	11,3	146	274
20 т/га	43,0	176	388	24,4	159	298	13,2	149	303

Оптимальное соотношение зерна к соломе в урожае – 1:1,18...1,16. При таком соотношении получена максимальная в эксперименте урожайность ячменя в вариантах с внесением 16 и 20 т/га помета. При использовании помета наблюдали увеличение массы 1000 зерен с 36,2 г в контроле до 38,3...41,1 г, количества зерен в колосе – с 17 до 19...21 шт. соответственно (табл. 6).

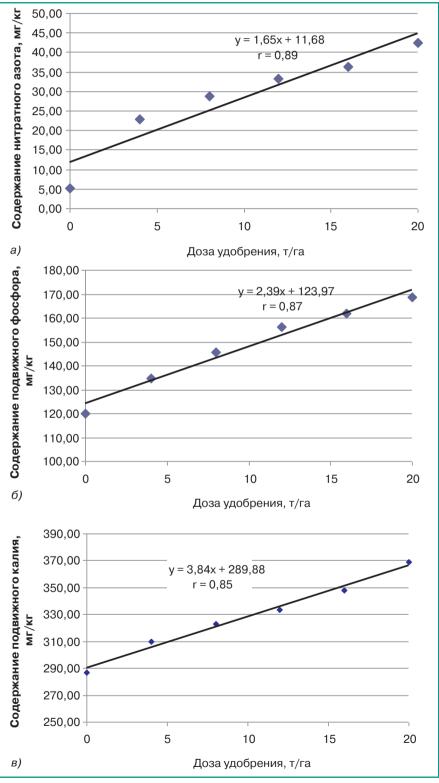
урожая. Наиболее эффективным было использование помета в дозах 16 и 20 т/га – увеличение урожайности, по сравнению с контролем, составило соответственно 0,74 и 0,84 т/га, или 24,83 и 26,55 %. Каждая тонна помета позволила дополнительно собрать 37,17-47,42 кг зерна ячменя с 1 га.

От применения птичьего помета в почве в различной степени увеличивалось содержание нитратов, подвижного фосфора и калия (табл. 3). Концентрация нитратного азота увеличивалась при отборе пробв фазе кущения с очень низкого уровня в варианте без удобрений (5,21 мг/ кг) до очень высокого при использовании больших доз помета (при внесении 4 т/ га - 22,3 мг/кг почвы, 16 и 20 т/га - соответственно 36,5 и 43,0 мг/кг); подвижного фосфора - с повышенного уровня обеспеченности растений (113 мг/кг) до высокого (167...176 мг/кг). Содержание доступного калия в почве опытного участка находилось на очень высоком уровне во всех вариантах, но при этом по мере увеличения доз помета возрастало с 301 мг/кг в контроле до 329...388 мг/кг.

При внесении 1 т подстилочного помета содержание N-NO<sub>3</sub> в почве увеличивалось в среднем на 1,65 мг/кг почвы (см. рисунок, а). Зная эту зависимость можно рассчитывать дозу навоза под плановый урожай культуры или методом расчета доз на основе учета оптимальных уровней содержания нитратного азота в почве [10, 11]. Каждая тонна бесподстилочного помета повышала содержание подвижного фосфора в почве на 2,39 мг/кг (см. рисунок, б), калия – на 3,84 мг/кг (см. рисунок, в).

Внесение подстилочного помета положительно повлияло на качество зерна ячменя (табл. 4). Больше всего сырого протеина накапливалось в зерне при дозе  $16\ \text{т/гa}-14,00\ \%$  при величине этого показателя в контроле  $13,67\ \%$ , содержание жира было равно соответственно  $1,43\ \text{и}\ 1,53\ \%$ , и клетчатки  $-4,0\ \text{u}\ 4,4\ \%$ .

Полноценность белков определяет их аминокислотный состав (табл. 5). Сумма аминокислот в белке зерна ячменя изменялась разнонаправлено, при этом все дозы удобрений способствовали ее повышению с 5,51 г/100 г в контрольном варианте до 5,86...6,27 г/100 г. Максимальное в опыте значение (6,27 г/100 г) отмечали при внесении 16 т/га помета.



**Рисунок.** Зависимость содержания элементов минерального питания растений в луговочерноземной почве в фазе кущения ячменя от доз подстилочного помета (среднее за 2015-2017 гг.): а — нитратный азот, б — подвижный фосфор, в — подвижный калий.







#### Услуги:

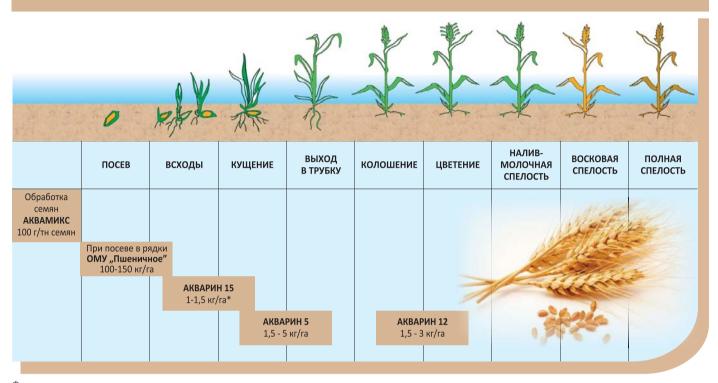
- Роботизированное агрохимическое и агрофизическое обследование
- Картографирование территорий с БПЛА
- Расчет доз удобрений для их дозированного внесения

### СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ

#### сельскохозяйственных культур

#### программа оптимизации минерального питания ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ

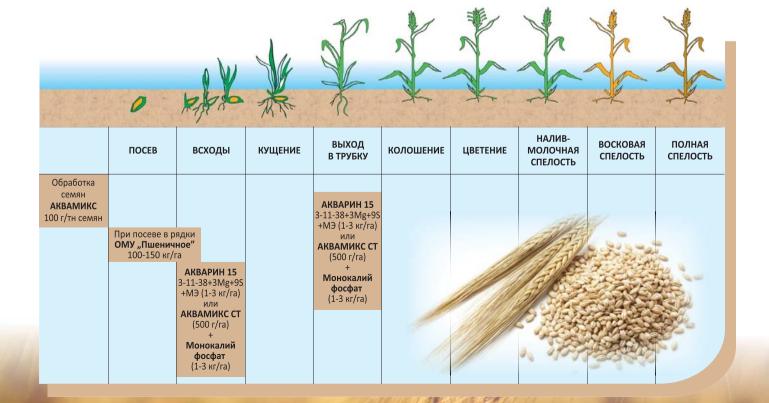




<sup>\*</sup> подкормка только для озимых культур

### программа оптимизации минерального питания ПИВОВАРЕННЫЙ ЯЧМЕНЬ





### AKBAQOHIC

### ПАБОРАТОРИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ РАСТЕНИЙ "АКВАДОНИС"

Среди множества факторов, влияющих на рост и развитие растений, минеральное питание является наиболее доступным для регулирования.

Использование только традиционных методов агрохимического анализа не дает возможности скорректировать питательный режим в зависимости от фазы развития растений, вида и сорта растений, влажности и температуры почвы, воздуха, интенсивности освещения и изменения ряда других факторов.

В руках агронома должны находиться инструменты контроля и инструменты нормализации биохимических процессов, интрументы скорой помощи растениям, коррекции минерального питания и стимуляции процессов фотосинтеза.



#### **COCTAB:**

- портативный фотометр «Аквадонис»
- лабораторная посуда, необходимая для проведения анализа
- комплект реактивов на 50 анализов.







#### ПРЕИМУЩЕСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ:

- определение потребности растений по 14 макро- и микроэлементам
- возможность проведения диагностики на любых сельскохозяйственных культурах
- диагностика может проводиться автономно, в том числе в полевых условиях
- экспресс метод качественный метод анализа в течение 1 часа
- результаты отображаются в таблице с указанием оптимума, избытка или недостатка по каждому элементу

\* ne

рекомендации на сайте www.bhz.ru в разделе "Диагностика Аквадониса"



www.bhz.ru





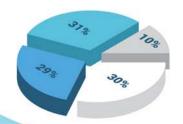
#### УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

- Актуализация контуров полей для работы техники
- Предписания по дифференцированному внесению
- Оперативная информация о проведенных работах
- Карты выполненных работ для контроля качества

- Внешние сервисы (погода, NDVI и др.)
- Аэро- и космоснимки
- Совместный мониторинг техники Jonh Deere и техники других производителей
- План-фактный анализ полевых работ

#### ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В 1С

- Расход семян, удобрений, СЗР
- Расход нефтепродуктов
- Учет убранного урожая
- Учетные и путевые листы



графические	карты работ в разрезе параметров						
Операция	Параметры						
обработка почвы	<ul><li>глубина обработки</li><li>скорость обработки</li></ul>						
посев	<ul><li>плановая норма</li><li>фактическая норма</li><li>скорость высева</li></ul>						
внесение	<ul> <li>плановая норма</li> <li>фактическая норма</li> <li>скорость внесения</li> </ul>						
уборка урожая	<ul><li>урожайность</li><li>зоны урожайности</li><li>влажность культуры</li><li>скорость уборки</li></ul>						

#### 4. Действие подстилочного куриного помета на качество зерна ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее за 2015–2017 гг.)

		Массовая доля, %						
Вариант	влаги	сырого	сырого	сырой	Содержание общего азота, %			
	Влаги	протеина	жира клетчатки		оощего азота, 7			
Контроль	13,0	13,67	1,43	4,0	2,21			
4 т/га	13,3	13,80	1,44	4,1	2,21			
8 т/га	13,6	13,82	1,46	4,2	2,22			
12 т/га	14,3	13,93	1,48	4,3	2,23			
16 т/га	15,0	14,00	1,53	4,4	2,24			
20 т/га	13.9	13.38	1.47	4.2	2.19			

Дозы удобрений с целью оптимизации питания растений могут устанавливаться на основании результатов почвенной диагностики различными расчетными методами [10, 11, 12].

ции с учетом побочной, количество элементов питания вносимых в почву с одной тонной удобрения, коэффициенты использования элементов из почвы и удобрений (табл. 7).

5. Действие подстилочного куриного помета на содержание аминокислот в белке зерна ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее за 2015–2017 гг.), г / 100 г белка

A			Bapi	иант		
Аминокислота	0	4 т/га	8 т/га	12 т/га	16 т/га	20 т/га
Аргинин	0,26	0,30	0,29	0,30	0,28	0,31
Лизин	0,26	0,29	0,28	0,27	0,30	0,21
Тирозин	0,21	0,23	0,22	0,21	0,24	0,23
Фенилаланин	0,45	0,49	0,49	0,50	0,52	0,52
Гистидин	0,17	0,18	0,13	0,15	0,17	0,15
Лейцин + изолейцин	1,02	1,12	1,12	1,15	1,17	1,21
Метионин	0,18	0,21	0,20	0,18	0,19	0,19
Валин	0,39	0,42	0,42	0,41	0,44	0,42
Пролин	1,09	1,13	1,12	1,18	1,20	1,24
Треонин	0,30	0,34	0,33	0,34	0,34	0,36
Серин	0,44	0,46	0,48	0,55	0,60	0,56
Аланин	0,37	0,37	0,39	0,38	0,41	0,40
Глицин	0,37	0,40	0,39	0,39	0,41	0,40
Сумма аминокислот	5,51	5,94	5,86	6,01	6,27	6,20
Сумма незаменимых						
аминокислот	2,60	2,87	2,84	2,85	2,96	2,91
Сумма критических						
аминокислот	0,74	0,84	0,81	0,79	0,83	0,76

Для использования в исследованиях определяли нормативные показатели минерального питания ячменя при внесении подстилочного помета: окупаемость помета урожаем, коэффици-

В целом все варианты применения помета обеспечили достоверные прибавки урожая зерна ячменя. Наиболее эффективным было внесение 16 и 20 т/га – рост урожайности со-

6. Действие подстилочного куриного помета на структуру урожая ячменя при возделывании на лугово-черноземной почве (среднее 2015–2017 гг.)

Вариант	Количество зерен	Соотношение	Масса 1000 зерен,
Бариант	в колосе, шт.	зерна к соломе	Г
Контроль	17	1:1,22	36,2
4 т/га	19	1:1,16	38,3
8 т/га	20	1:1,23	41,1
12 т/га	19	1:1,29	40,4
16 т/га	20	1:1,18	40,2
20 т/га	21	1:1,16	40,5

енты действия помета на химический состав почвы, азот текущей нитрификации, затраты элементов питания на создание единицы основной продук-

ставил соответственно 0,74 и 0,84 т/га, или 24,83 и 26,55 % к контролю. Удобрение положительно повлияло на качественные показатели зерна

7. Нормативные показатели минерального питания ячменя на лугово-черноземной почве при применении подстилочного помета (в оптимальной дозе 16 т/га)

Показатель	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Коэффициент использования элементов из почвы	0,88	0,09	0,04
Затраты элементов питания на создание единицы продук-			
ции с учетом побочной, кг/т	35	21	14
Содержание элементов питания в курином помете, кг/т	37	23	12
Коэффициент использования элементов из куриного помета	0,35	0,41	0,88
Коэффициент интенсивности действия 1 т куриного помета			
на содержание элементов питания в почве, мг/кг	1,65	2,39	3,84
Азот текущей нитрификации (Nт), кг/га	55	-	-
Окупаемость удобрения урожаем, кг/т		42	

ячменя. Самое высокое количество сырого протеина накапливалось в нем при внесении 16 т/га – 14,00 %, при содержании в контрольном варианте 13,67 %. Сумма аминокислот в белке зерна увеличилась с 5,51 г/100 г в контроле до 5,8...6,27 г/100 г в вариантах с внесением удобрений.

В исследованиях установлены агрохимические нормативные показатели, определено оптимальное соотношение основной и побочной продукции при выращивании ярового ячменя. Эти величины можно использовать для расчета доз удобрений при оптимизации питания растений ярового ячменя на лугово-черноземной почве.

#### Литература.

- 1. Аниськов Н. И., Поползухин П. В. Яровой ячмень в Западной Сибири (селекция, семеноводство, сорта): монография. Омск: ООО «Вариант-Омск», 2010. 388 с.
- 2. Поползухин П. В., Аниськов Н. И. Новый среднеспелый сорт ярового кормового ячменя Подарок Сибири // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 10 (132). 4 с.
- 3. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 19-25.
- 4. Красницкий В.М., Шмидт А.Г. Динамика плодородия пахотных почв Омской области и эффективность использования средств его повышения в современных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 7. С. 34-37.
- 5. Трансформация физических показателей черноземов в результате агрогенного воздействия / Ю.И. Чевердин, С.В. Сапрыкин, А.Ю. Чевердин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 3. С. 5-11.
- 6. Мониторинг агрохимических показателей почв Липецкой области / П.А. Чекмарев, Ю.И. Сискевич, Н.С. Бровченко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 8. С. 9-16.
- 7. Использование птичьего помета в земледелии Западной Сибири: учеб. пособие / В. М. Красницкий, И. А. Бобренко, А. Г. Шмидт и др. Омск: Изд-во ФГБОУ ВО Омский ГАУ, 2016. 60 с.
- 8. Овцов Л. П., Михеев В. А., Лысенко В. П. Опыт безопасного использования органических отходов животноводства и птицеводства. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2006. 60 с.
- 9. Подготовка и переработка помета на птицефабриках: научно-практические рекомендации. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2006. 107 с.
- 10. Ермохин Ю. И., Бобренко И. А., Красницкий В. М. Почвенная диагностика потребности сельскохозяйственных культур в удобрениях // Плодородие. 2004. № 1. С. 4–7.
- 11. Ермохин Ю. И., Кочергин А. Е. Определение потребности растений в удобрениях на планируемый урожай: рекомендации. Омск: ОмСХИ, 1983. 43 с.
- 12. Болдырев Н. К., Липкина Г. С., Могиндовид Л. С. Планирование урожая по данным полевых опытов. М.: ВНИИТЭИСХ, 1979. 52 с.

#### Optimization of Application of Poultry Manure for Barley on Meadow-Chernozem Soil of the Southern Forest-Steppe of Western Siberia

I. A. Bobrenko<sup>1</sup>, N. I. Goman<sup>1</sup>, N. T. Trubina<sup>1</sup>, A. G. Schmidt<sup>1, 2</sup> <sup>1</sup>P. A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Institutskaya pl., 1, Omsk, 644008, Russian Federation <sup>2</sup>Center of Agrochemical Service "Omsky", prosp. Koroleva, 34, Omsk, 644012, Russian Federation

Abstract. The aim of the research was to study the effect of chicken manure on spring barley productivity and soil fertility in the foreststeppe of Western Siberia. The research was carried out on spring barley 'Podarok Sibiri' ("Gift of Siberia") in Omsk region in 2015–2017. In the soil before sowing the content of N-NO3 was 2.34-7.20 mg/kg, P2O5 - 99-124 mg/kg, K2O - 252-360 mg/kg, humus - 4.20%. All variants of manure applications provided a significant increase in grain yield. Doses of 16 and 20 t/ha were the most effective; the yield growth was 0.74 and 0.84 t/ha, respectively, or 24.83 and 26.55% relative to a control. The use of litter waste for barley significantly increased the content of nitrate nitrogen in the soil from a very low (5.21 mg/kg in the control) to a high level (22.3-43.0 mg/kg when the dose of litter waste was 4-20 t/ha) and mobile phosphorus - from increased (113 mg/kg in the control) to high one (161–176 mg/kg when the dose of litter waste was 12-20 t/ha). The greatest amount of crude protein was accumulated in grain in the case of the dose of 16 t/ha - 14.00 % (the content in the control variant was 13.67%). For fat and fiber content the values were 1.43 and 1.53%, 4.0 and 4.4%, respectively. The studies determined the payback of 1 ton of litter with additional yield (42 kg of grain); the coefficients of action of 1 ton of litter on the chemical composition of the soil (N-NO3 - 1.65 mg/kg; P2O5-2.39 mg/kg; K2O-3.84 mg/kg); the content of nitrogen of current nitrification (55 kg/ha): the cost of nutrients to create 1 ton of grain (N -35 kg, P2O5 - 21kg, K2O - 14 kg); the amount of nutrients introduced with 1 ton of litter (N - 37 kg, P2O5 - 23 kg, K2O - 12 kg); the coefficients of utilization of elements from the soil (N - 0.88, P2O5 – 0.09, K2O – 0.04) and manure (N – 0.35, P2O5 - 0.41, K2O - 0.88). These indicators can be used to optimize the nutrition of spring barley plants when fertilizing.

**Keywords:** barley (Hordeum sativum L.); fertilizer; litter; quality; yield.

Author Details: I. A. Bobrenko, D. Sc. (Agr.), head of department; N. I. Goman, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.; N. T. Trubina, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof.; A. G. Schmidt, senior lecturer, department manager (e-mail: agsch@mail.ru).

For citation: Bobrenko I. A., Goman N. I., Trubin N. T., Schmidt A. G. Optimization of Application of Poultry Manure for Barley on Meadow-Chernozem Soil of the Southern Forest-Steppe of Western Siberia. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 23–26 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10706.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10707

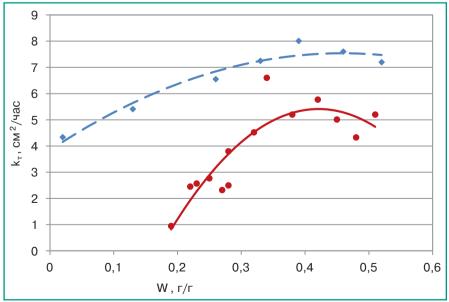
УДК: 631.436

# Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности

**Е. В. ШЕИН** <sup>1,2</sup>, доктор биологических наук, профессор (e-mail: evgeny.shein@gmail.com) А. Г. БОЛОТОВ<sup>3</sup>, доктор биологических наук, профессор (e-mail: agbolotov@gmail.com) М. А. МАЗИРОВ<sup>3</sup>, доктор биологических наук, зав. кафедрой А. И. МАРТЫНОВ<sup>3</sup>, аспирант <sup>1</sup>Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Ленинские горы. 1. Москва. 119991. Российская Федерация <sup>2</sup>Почвенный институт имени В. В. Докучаева, Пыжевский пер. 7, стр. 2, Москва, 119017, Российская Федерация <sup>3</sup>Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

В растениеводстве часто возникает задача срочного определения и прогноза наступления определенной температуры на конкретной глубине почвы (например, на глубине посева сельскохозяйственных культур). Основой предлагаемого метода служит уравнение распределения температуры в профиле почвы в совокупности

с зависимостью температуропроводности почвы от её влажности (функция температуропроводности). Анализ изменения показателей коэффициента температуропроводности для различных горизонтов агродерновой почвы в зависимости от влажности, полученных лабораторным (по Кондратьеву) и полевым методом температурной волны (по суточной динамике температуры). свидетельствует, что связь между ними не линейна и имеет максимум в области влажности, близкой к влажности наименьшей влагоемкости. На основе полученной функции температуропроводности проведен расчет температуры почвы по профилю с двумя вариантами верхнего граничного условия. В первом варианте значения температуры поверхности почвы принимали равными начальному условию, что полностью исключает необходимость экспериментального обеспечения на верхней границе. Во втором варианте верхнего граничного условия погрешность расчета температуры почвы по профилю имела меньшие значения в более широком временном диапазоне, но при этом необходим их инструментальный контроль, например, с использованием данных дистанционного зондирования. Минимальная погрешность расчета температуры почвы по профилю при втором варианте верхнего граничного условия не превышала 5 %, а при первом варианте она составила



10 %. Предложенный метод может быть использован в ландшафтном и точном земледелии для определения и прогноза температуры почвы на конкретной требуемой глубине по дистанционной оценке температуре поверхности почвенного покрова и экспериментально определенным температуропроводности и влажности почвы.

**Ключевые слова:** температура почвы, температуропроводность почвы, перенос тепла, тепловой режим.

**Для цитирования:** Определение профильного распределения температуры почвы на основании температуры ее поверхности / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров и др. // Земледелие. 2018. № 7. С. 26–29. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10707.

В производственных условиях нередко возникает задача определения и краткосрочного прогноза температуры почвы на конкретной глубине, например, для уточнения сроков посева. Более того, развитие точного земледелия предполагает реализацию дифференцированного подхода к обработке различных участков поля в зависимости от агрофизических параметров почвенного покрова, в том числе температуры подпочвенных слоев пахотного слоя. В этом случае оперативной информацией для начала обработки или посевов на различных участках поля служит температура на необходимой для проведения той или иной технологической операции глубине. Проблема состоит в том, что температуру поверхности почвы сейчас можно определить быстро и на значительной площади с помощью средств дистанционного зондирования, однако посев обычно осуществляется на 7...15 см ниже поверхности в зависимости от культуры. Определение температуры почвы на некоторой глубине представляет определенные сложности, так как необходимо учитывать не только температуру поверхности, но и прогрев по профилю. Этот прогрев, то есть распространение тепловой волны от поверхности вглубь почвы, будет во многом зависеть от таких свойств почвы, как влажность, гранулометрический состав, плотность и др. [1]. Экспериментально определить температуру на определенной заданной глубине возможно с помощью современных термодатчиков [2, 3]. Однако этот способ затратен, требует операторов и не дает возможности прогнозировать температуру на определенной глубине, что особенно важно в период весеннего интенсивного прогрева почвы.

Цель наших исследований – разработать метод расчета темпера-

туры почвы по профилю на необходимой глубине на основе данных по температуре поверхности почвы и некоторых её теплофизических свойств.

Для ее достижения решали следующие задачи: разработать алгоритм расчета температуры почвы на определенной глубине; разработать метод быстрой полевой оценки теплофизических свойств почв, необ-

ходимых для такого рода расчетов; апробировать методику расчета для конкретных почвенных условий; оценить возможные погрешности метода и способы их уменьшения.

Известно теоретическое уравнение распределение температуры в профиле гомогенной среды [1, 4], которое с определенными допущениями и конкретными почвенными параметрами, варьирующими по

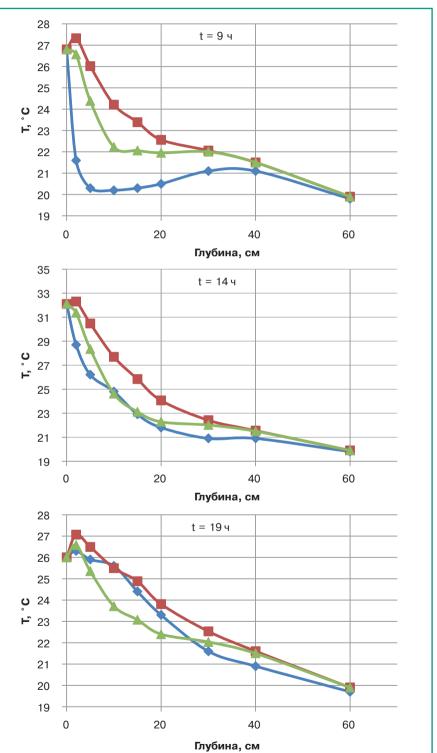


Рис. 2. Профильное распределение температуры почвы в различные моменты времени в течение суток: 
— — — экспериментальные значения; — — расчетные значения с использованием лабораторного метода; — — расчетные значения с использованием полевого метода температурной волны.

глубине в зависимости от свойств и влажности, можно использовать и для почвы:

$$T(z,t) = T_0 \times erfc\left(\frac{z}{2\sqrt{K_T t}}\right)$$

где T(z,t) – температура на глубине z (м) во время t (с),  ${}^{\rm o}$ С;  $K_{_T}$  – температуропроводность почвы при данной влажности, м $^2$ /с,  $T_0$  – температура поверхности почвы,  ${}^{\rm o}$ С.

При использовании этого уравнения необходимо знать температуру на поверхности почвы ( $T_0$ ) и  $K_{\tau}$ для слоя почвы от поверхности до требуемой глубины расчета, которая зависит от фундаментальных свойств почв (гранулометрический состав, плотность и пр.) и влажности почвы. На сегодняшний день известно, что  $K_{\tau}$  зависит от влажности нелинейно, причем тип зависимости специфичен для определенной почвы или участка почвенного покрова сельскохозяйственного поля [5]. В связи с этим возникает задача разработки быстрого и надежного полевого метода определения величины температуропроводности и её зависимости от влажности, который с учетом специфики агротехнических работ вполне мог бы быть применим в практической агрономии для решения поставленной проблемы определения и прогноза температуры почвы на определенной глубине по температуре поверхности почвенного покрова.

Объект исследования – суглинистые агродерново-подзолистые (Umbric Albeluvisols Abruptic) почвы (Московская область, Россия, Зеленоградская опытная станция Почвенного института имени В. В. Докучаева). В нашем исследовании представлены результаты изучения почвенного профиля горизонтов А (0...30) см, EL (30...40) и В1 (40... 50 см).

Коэффициент температуропроводности определяли лабораторным методом Кондратьева [6], а также полевым методом, основанным на динамическом (суточном) измерении температуры почвы на двух соседних глубинах и одновременном определении влажности. Это так называемый метод тепловой волны, который базируется на представлении суточной динамики температуры в виде гармонической (например, синусоидальной) функции, а коэффициент температуропроводности  $K_{\tau}$  можно найти из величины уменьшения суточной амплитуды температуры с глубиной и по запаздыванию фазы температурной волны на двух соседних глубинах [7, 8].

Анализ изменения коэффициента температуропроводности от влаж-

ности для различных горизонтов агродерновой почвы, полученных лабораторным (по Кондратьеву) и полевым методом температурной волны (по суточной динамике температуры) свидетельствует, что эта зависимость не линейна и имеет максимум в области влажности, близкой к влажности наименьшей влагоемкости (рис. 1). Причем используемые методы дают несколько различные результаты. Поэтому обоими методами был осуществлен расчет температуры почвы на различных глубинах (в диапазоне до глубины 60 см), сравнение расчетных величин с экспериментальными значениями и выбор наиболее адекватного по наименьшей погрешности.

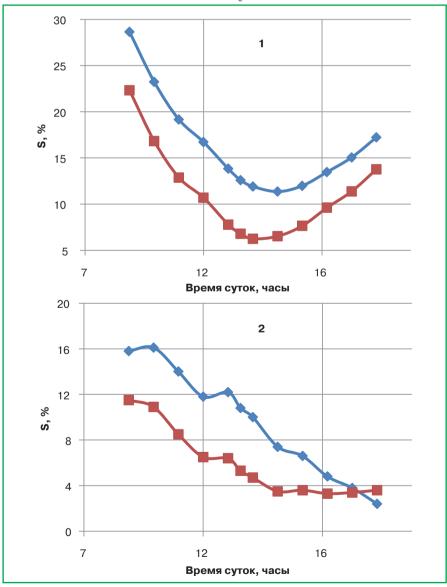
При определении температуры почвы по профилю в три момента времени суток (утро, день и вечер) наиболее близко экспериментальному профильному температурному

распределению соответствовали значения, рассчитанные с использованием функции температуропроводности, полученной с помощью метода тепловой волны (рис. 2).

Для уточнения наиболее приемлемого времени суток для расчета температуры почвы на определенной глубине по температуре ее поверхности при одной и той же влажности почвы была рассчитана ошибка прогнозирования на основе экспериментальных определений  $(T_{asc})$  и рассчитанных  $(T_{pac})$  [9]:

$$S = \sqrt{\frac{\displaystyle\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{T_{\text{3KC}_{i}} - T_{\text{pacy}_{i}}}{T_{\text{3KC}_{i}}}\right)^{2}}{n}}.$$

При этом расчет температуры почвы по профилю проводили с использованием двух вариантов верхнего граничного условия:  $T_0 = T(0,t)$  и  $T_0 = T(0,t) - T(0,0)$ . В первом значения



**Рис. 3.** Динамика ошибки расчета температуры почвы в зависимости от верхнего граничного условия: 1) T0=T(0,0); 2) T0=T(0,t)-T(0,0): — — расчетные значения с использованием лабораторного метода; — — расчетные значения с использованием полевого метода температурной волны.

температуры поверхности почвы принимали равными начальному условию, что полностью исключает необходимость экспериментального обеспечения на верхней границе. Во втором варианте верхнего граничного условия погрешность расчета температуры почвы по профилю имеет меньшие значения в более широком временном диапазоне, но при этом необходим инструментальный контроль значений T(0,t), например, с использованием данных дистанционного зондирования.

Минимальная погрешность расчета температуры почвы по профилю при использовании 2-ого варианта верхнего граничного условия не превышает 5 % с 13 до 19 ч. (рис. 3), что ниже, чем в 1-ом варианте (с 12 до 16 ч. – 10 %).

Для практического применения предложенного метода можно рекомендовать определение температуры поверхности почвы днем во время её прогрева, что характерно для весенне-летнего периода. По этой температуре, в случае наличия данных о температуропроводности почвы при конкретной влажности, можно рассчитать температуру почвы на заданной глубине. Этот метод определения и краткосрочного (по метеопрогнозам температуры поверхности почвы) прогноза температуры почвы на заданной глубине вполне применим для современного агропромышленного производства, например, при использовании агротехнологии точного земледелия.

Предложенное решение задачи можно использовать при определении температуры на любой глубине почвенного профиля, а также при ее моделировании с использованием данных дистанционного зондирования. В этом заключается практическое предназначение предложенного метода: по дистанционным приборам можно определить температуру поверхности, а затем с помощью изложенного метода можно рассчитать ее на любой глубине почвы, что крайне важно для сельскохозяйственных растений как при посеве, так и в период дальнейшего развития. При этом необходимое условие - предварительное определение функции температуропроводности почвы.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан аналитический метод расчета температуры почвы на необходимой глубине в конкретный момент (диапазон) времени на основе данных о температуре её поверхности и теплофизических свойствах. Наиболее соответствовали экспериментальному профильному распределению температуры почвы значения,

рассчитанные с использованием функции температуропроводности, полученной с использованием метода тепловой волны. Для рассмотренной тепловой задачи установлено, что минимальная погрешность расчета температуры почвы по профилю характерна для верхнего граничного условия, полученного экспериментально. В варианте расчета температуры почвы по профилю с верхним граничным условием с постоянными значениями температуры, приравненными к начальному условию, значения погрешности расчета были выше, чем при экспериментальном граничном условии. Также установлено, что расчетный диапазон времени с минимальной температурной погрешностью больше в первом варианте задачи, чем во втором.

#### Литература.

- 1. Чудновский А. Ф. Теплофизика почв. М.: Наука, 1976. 352 с.
- 2. Болотов А. Г. Измерение температуры почвы с помощью технологии 1-Wire// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2012. № 11. С. 29–30.
- 3. CS230 Temperature Profiler. Revision: 4/17: instruction manual // Campbell Scientific [Электронный ресурс]. URL: https://s.campbellsci.com/documents/us/manuals/cs230.pdf (дата обращения: 19.09.2018).
- 4. Самарский А. А., Вабищевич П. Н. Вычислительная теплопередача. М.: Едиториал УРСС, 2003. 784 с.
- 5. Моделирование теплового режима почвы по амплитуде температуры приземного воздуха / Е. В. Шеин, А. Г. Болотов, М. А. Мазиров и др. // Земледелие. 2017. № 7. С. 26–28.
- 6. Теории и методы физики почв / под ред. Е. В. Шеина, Л. О. Карпачевского. М.: Гриф и К., 2007. 616 с.
- 7. Нерпин С. В., Чудновский А. Ф. Энерго- и массообмен в системе растение почва воздух. Л.: Гидрометео-издат, 1975. 358 с.
- 8. Микайылов Ф. Д., Шеин Е. В. Теоретические основы экспериментальных методов определения температуропроводности почв // Почвоведение. 2010. № 5. С. 597-605.
- 9. Schaap M. G., Pachepsky Ya., Rawls W. J. Accuracy and uncertainty in PTF predictions // Development of pedotransfer functions in soil hydrology. Elsevier Science, 2004. Pp. 33–43.

#### Determination of the Profile Distribution of Soil Temperature Based on the Temperature of the Soil Surface

E. V. Shein<sup>1,2</sup>, A. G. Bolotov<sup>3</sup>, M. A. Mazirov<sup>3</sup>, A. I. Martynov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, Moskva, 119991, Russian Federation <sup>2</sup>V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskii per., 7, str. 2, Moskva, 119017, Russian Federation <sup>3</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. In crop production, the problem of the urgent determination and prediction of the onset of the certain temperature at the specific soil depth (for example, at the depth of sowing) is encountered very often. A proposed method is based on the equation of temperature distribution in the soil profile in combination with the dependence of the thermal diffusivity of the soil on its moisture content (a thermal diffusivity function). The values of the thermal diffusivity coefficient were obtained by the laboratory method (Kondratiev's method) and the field method of temperature wave (according to the daily temperature dynamics) for different horizons of agro-sod soil. The analysis of its changes indicates that this dependence is non-linear and has a maximum in the region of humidity close to the field moisture capacity. On the basis of the obtained thermal diffusivity function, the temperature of the soil along the profile was calculated with two variants of the upper boundary condition. In the first variant, the values of the soil surface temperature were taken equal to the initial condition, which completely eliminated the need for the experimental support at the upper boundary. In the second variant of the upper boundary condition, the error in calculating the temperature of the soil along the profile had smaller values in a wider time range, but their instrumental control was necessary (for example, with the use of remote sensing data). In this case, the minimum error in the calculation of soil temperature along the profile in the second variant of the upper boundary condition did not exceed 5%, and in the first variant it was 10%. The proposed method can be used in landscape and precision farming to determine and predict soil temperature at a specific required depth by remotely assessing the temperature of the soil surface and experimentally determined soil thermal diffusivity and moisture.

**Keywords:** soil temperature; thermal diffusivity of soil; heat transfer; thermal regime.

Author Details: Shein E. V., D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: evgeny.shein@gmail.com); A. G. Bolotov, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: agbolotov@gmail.com); M. A. Mazirov, D. Sc. (Biol.), head of department; A. I. Martynov, post graduate student.

For citation: Shein E. V., Bolotov A. G., Mazirov M. A., Martynov A. I. Determination of the Profile Distribution of Soil Temperature Based on the Temperature of the Soil Surface. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 26–29 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10707.



DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10708

УДК: 631.583

# Резервы производства высококачественного зерна пшеницы в российском земледелии

H. З. МИЛАЩЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник (e-mail: agroexpertiza@mail.ru)
С. В. ТРУШКИН, научный сотрудник

Всероссийский научноисследовательский институт агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, ул. Прянишникова, 31A, Москва, 127550, Российская Федерация

Возможности увеличения валового сбора пшеницы определяются степенью реализации биологического потенциала новых сортов по уровню урожайности и качества зерна. Это обусловлено уровнем технологичности производства, обеспечивающим эффективное использование местных почвенно-климатических ресурсов и средств интенсификации, учитывающим требования систем ландшафтного земледелия и экологическую безопасность. К сожалению, возможности сортов реализуются только на 40...50 %. Причиной этого служит низкий уровень технологичности производства и недостаточная интенсификация технологии, что не позволяет использовать значительные резервы в земледелии для производства высококачественного зерна пшеницы. В работе предложена система мер по повышению технологичности производства зерна пшеницы в зональном земледелии. Стимулировать интерес сельскохозяйственных товаропроизводителей к использованию интенсивных технологий можно путем оформления зональных реестров интенсивных технологий и системы целевого льготного кредитования их освоения с государственной поддержкой. При этом появится возможность для решения наиболее сложной проблемы – обеспечения удобрениями и другими средствами интенсификации земледелия. Решающее значение в производстве высококачественного зерна имеет организация эффективного научного обеспечения интенсификации технологий, которая включает комплексную проработку,

усовершенствование системы научноэкспертного сопровождения, партнерство ученых-экспертов и инвесторов, а также хорошо организованную систему взаимодействия науки с органами управления сельским хозяйством при подготовке и реализации проектов. Потребность в этом обусловлена еще и тем, что процесс освоения новых технологий будет длительным, поскольку он связан с выполнением программы повышения плодородия почв (их окультуриванием) для создания благоприятного агрофона для интенсивных технологий. Реализация перечисленных мер позволит успешно решить проблему обеспечения потребностей страны в высококачественном зерне и сделать Россию крупнейшим экспортером такой продукции.

**Ключевые слова:** пшеница, интенсивные технологии, потери урожая, технологические риски, агроэкспертиза.

**Для цитирования:** Милащенко Н. З., Трушкин С. В. Резервы производства высококачественного зерна пшеницы в российском земледелии // Земледелие. 2018. № 7. С. 30–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10708.

Производство пшеницы составляет основу зернопродуктового подкомплекса страны, от развития которого в значительной степени зависит ее продовольственная безопасность. Россия обладает относительно благоприятными почвенноклиматическими ресурсами для производства зерна. На ее территории расположены 40 % черноземных почв мира, а это лучшие земли для производства зерна пшеницы. В нашей стране размещается около 10 % мировых посевных площадей зерновых культур, но валовый сбор зерна составляет всего 4 % от мирового производства. В последние годы отмечен рост производства зерна пшеницы, однако его качество при этом снижается [1, 2].

Селекционеры создали новые сорта пшеницы, способные при соответствующей технологии воз-

делывания формировать до 10 т/га зерна высокого качества, однако используемые технологии обеспечивают реализацию биологического потенциала новых сортов не более чем на 40...50 %, в то время как в зарубежной практике величина этого показателя достигает 80 % [2].

Реализовать биологические возможности новых сортов в формировании зерна пшеницы высокого качества вполне возможно путем интенсификации технологий, обеспечивающих эффективное использование местных почвенноклиматических ресурсов и средств интенсификации земледелия (удобрений и других), отвечающих требованиям систем ландшафтного земледелия и экологической безопасности. К сожалению, система разработки и освоения таких технологий в стране отсутствует. Государство не оказывает прямой поддержки в освоении интенсивных технологий в земледелии, так как считается, что за уровень технологии должен отвечать сельскохозяйственный товаропроизводитель. По этой причине требуется разработка и освоение организационно-экономических механизмов стимулирования производства высококачественного зерна пшеницы путем применения интенсивных технологий возделы-

Учитывая разнообразие почвенноклиматических условий, на территории России требуется разработка и освоение базовых зональных технологий. К сожалению, такие технологии возделывания пшеницы в природных зонах не оформлены и не приняты к руководству сельскохозяйственными товаропроизводителями. В результате на местах при возделывании культуры часто используют неоптимальные варианты технологических операций, что приводит к снижению урожая зерна и его качества.

Об этом свидетельствуют результаты экспертной оценки состояния посевов при страховой защите урожая. Эксперты Некоммерческого партнерства «Центр по инновационно-технологическому обеспечению агропромышленного комплекса» (НП ЦИТО АПК) за 2003–2016 гг. провели более 500 экспертиз по выявлению и оценке причин снижения урожайности зерновых культур при страховой

защите. Результаты анализа этих экспертиз свидетельствуют, что снижение урожая по технологическим причинам достигает 50...60 %. Такие данные подтверждают результаты специальных исследований по оценке технологических рисков снижения урожая, проведенных в 11 субъектах Российской Федерации, рассмотренных и утвержденных Учеными советами НИУ. В этой работе принимали участие сотрудники НИИСХ Юго-Востока (Саратовская область), Ставропольского ГАУ, Донского НИИСХ (Ростовская область), Адыгейского НИИСХ, Белгородского НИИСХ, НИИСХ ЦЧП (Воронежская область), ВНИИЗиЗПЭ (Курская область), Тамбовского НИИСХ, Рязанского НИИСХ, СибНИИСХ (Омская область), СибНИИСХим (Новосибирская область) [3].

В качестве примера можно привести разработки, выполненные для засушливой зоны Ставропольского края, где отличными предшественниками под озимые считают ранний почвозащитный пар, многолетние бобовые травы. К хорошим предшественникам, после которых возможно снижение урожайности на 10 %, относят зернобобовые (горох, нут, чина), к удовлетворительным (возможное снижение урожая до 30 %) - озимую пшеницу, подсолнечник, кукурузу на силос. Неудовлетворительными предшественниками (снижение урожая до 70 %) считают озимые зерновые 3 года подряд и более, а также суданскую траву, сорго зерновое и сахарное [2, 3].

Аналогичные закономерности наблюдали в областях Центрально-Черноземной зоны, в Саратовской области, а также в Центральной Нечерноземной зоне, где неудачные предшественники могут снизить урожайность озимой пшеницы до 40 % [2, 3, 4].

Основой полевых севооборотов в засушливых районах Западной Сибири должны быть чистые пары, по которым размещается до 30...40 % посевов яровой пшеницы. Использование других предшественников приводит к падению средней урожайности культуры на 30...50 % [2, 3, 4].

Снижение урожая пшеницы возможно и по другим причинам. Посев нерайонированным сортов приводит к его сокращению не менее чем на 15 %. Недобор урожая может быть связан также с нарушением оптимальных сроков посева. Возможное его снижение при запаздывании с посевом доходит до 30 % [2, 3, 4].

Учитывая, что чистые пары имеют особое значение в борьбе с сорняками, в накоплении в почве влаги и питательных элементов, особенно азота, технология их подготовки различается по зонам. Отклонение в технологии подготовки пара от рекомендованных наукой оптимальных вариантов приводит к снижению урожая до 30...40 % [2, 3, 4].

Важным критерием качества подготовки почвы под вторую культуру после пара могут быть запасы влаги в метровом слое почвы не менее 100 мм. Меньшая величина этого показателя в засушливые годы не гарантирует выживания культуры.

Также особые требования предъявляют к исполнению оптимальных вариантов весенней предпосевной обработки почвы, которая проводится с целью сохранения влаги и для борьбы с сорняками.

Отклонения от оптимальных параметров подготовки почвы для посева обычно приводят к иссушению почвы, росту засоренности, проявлению ветровой и водной эрозии почв. Все это может привести к снижению урожая на 30 % и более. В связи с высокой антропогенной нагрузкой на земельные угодья и наличием склоновых земель в ряде зон возникают эрозионные процессы, которые могут приводить к снижению урожая до 15 % [2, 3, 4]. По этой причине базовые технологии возделывания пшеницы должны учитывать требования защиты почв от эрозии, рекомендованные наукой.

Эффективность базовых технологий значительно возрастает при их интенсификации. Применение удобрений и других средств интенсификации позволяет увеличить использование биологического потенциала новых сортов до 60 % и более, при этом окупаемость удобрений возрастает до 8...10 кг зерна на 1 кг внесенных NPK, а производительность труда при производстве зерна увеличивается в 2 раза [2].

В качестве примера можно привести результаты длительных опытов ВНИИА им Д. Н. Прянишникова, в которых на среднеокультуренных, тяжелосуглинистых дерново-подзолистых почвах Московской области при интенсивных технологиях средняя урожайность озимой пшеницы составила 2,8...3,0 т/га зерна, а окупаемость 1 кг NPK, внесенных в почву, -4,0...4,5 кг зерна. На таких же, но более окультуренных почвах средняя урожайность озимой пшеницы при интенсивных технологиях достигала 6,0...6,5 т/га, а окупаемость 1 кг NPK – 8...10 кг зерна [5].

Успешное развитие сельского хозяйства предполагает дальнейшее расширение воспроизводства плодородия почв и на этой основе предусматривает формирование высокоэффективного товарного про-

изводства зерна. Для решения такой задачи особое значение будет иметь увеличение объемов внесенных в почву удобрений. По их использованию при производстве зерна Россия сильно отстает от развитых стран. В Канаде величина этого показателя составляет 74 кг д.в./га, в США - 131, в Германии - 199 кг д.в./га, в Республике Беларусь 140...160 кг д.в./га. В Российской Федерации под зерновые культуры сегодня вносят 45 кг/га NPK, в том числе примерно 25...30 кг/ га азота [6], чего совершенно недостаточно для полноценного питания растений и формирования продукции высокого качества.

Учитывая высокую зависимость эффективности интенсивных технологий от степени окультуренности почв, необходимо возродить федеральную программу по комплексному окультуриванию почв. Она должна предусматривать очередность комплексного окультуривания почв с ландшафтным обустройством территорий по зонам субъектов Российской Федерации за счет бюджетных средств.

Научные учреждения совместно с агрохимслужбой обязаны четко отработать агрохимические показатели, характеризующие оптимальное состояние окультуренных зональных почв, обеспечивающих высокую степень реализации биологического потенциала сорта при использовании средств интенсификации земледелия.

Важнейшим мероприятием в интенсивных технологиях на комплексно окультуренных почвах должна стать оптимизация питания и фитосанитарного состояния посевов за счет применения удобрений и других средств интенсификации. Потребность в этом объясняется тем, что отклонение агрохимических мероприятий от нормы приводит к значительному снижению урожая и его качества [2, 3, 4]:

при нарушении технологии внесения удобрений потери урожая могут составлять до 10...15 %;

при внесении удобрений без учета агрохимических показателей почвы снижение урожая достигает 5...10 %;

при недостаточном количестве почвенной влаги (различные виды засухи) – 20...50 %;

при средней и высокой засоренности посевов – 15...20 %;

при превышении экологического порога вредоносности болезней и вредителей – 15...20 %.

В Российской Федерации яровую пшеницу возделывают в основном в засушливых зонах Сибири и Поволжья. Ошибочно считается, что в

их условиях удобрения малоэффективны. По этой причине сегодня их применяют в недостаточном количестве. В то же время результаты научных исследований и производственный опыт свидетельствуют о высокой эффективности интенсивных технологий и в этих зонах. Так, в Омской области в период массового применения интенсивных технологий в 1985 г. их рентабельность составила: в степной зоне на площади 580,2 тыс. га - 129 %, в южной лесостепной зоне на площади 273.3 тыс. га - 166 %. При этом собирали продукцию высокого качества, которое соответствовало требованиям сильного и ценного зерна. В Омской области в период с 1976 по 1985 гг. действовала программа производства высококачественного зерна пшеницы. В результате к 1985 г. производство сильного зерна составляло 544,4 тыс. т в год, ценного – 476,0 тыс. т, твердого – 21,8 тыс. т, доля высококачественного зерна составляла 49...53 % [7].

Эти достижения стали возможными благодаря эффективной системе взаимодействия между наукой, производством и органами управления сельским хозяйством.

В системе оптимизации питания растений с целью получения высококачественной продукции особая роль принадлежит агрохимслужбе. Поэтому необходим комплекс мер по активизации ее работы в системе освоения интенсивных технологий производства высококачественного зерна.

Учитывая существование в общественном мнении опасения того, что интенсивное внесение минеральных удобрений может привести к экологическим проблемам, научным учреждениям совместно с агрохимслужбой следует разработать меры по сбалансированному применению комплекса минеральных и биологических средств интенсификации.

Для выбора оптимальных вариантов интенсификации технологий следует использовать результаты исследований ВНИИА им. Д. Н. Прянишникова в Географической сети опытов с удобрениями и других научных учреждений [3, 4, 5].

В наиболее благоприятной зоне в Краснодарском крае можно выращивать до 8...9 т/га зерна озимой пшеницы. В Центрально-Черноземной зоне гарантированная средняя урожайность озимой пшеницы находится на уровне 5...6 т/га. В Центральных районах Нечерноземной зоны, к примеру, в Московской области, на окультуренных дерново-подзолистых почвах также можно уверенно получать 6 т зерна озимой пшеницы с 1 га,

в Среднем Поволжье – 4,0...4,5 т/га. В засушливых районах Западной Сибири урожайность высококачественного зерна по чистому пару может составлять 2,5...3,0 т/га [3, 4, 5].

Успех в освоении интенсивных технологий возделывания пшеницы будет зависеть от разработки и освоения организационно-экономического механизма функционирования зернового хозяйства в условиях его интенсификации. На сегодняшний день он отсутствует. Подробные предложения по этому вопросу изложены в научном издании «Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы» [2].

Особое значение будет иметь организация производства отечественного комплекса сельскохозяйственных машин, обеспечивающего рост производительности труда.

При интенсификации технологий производства зерна пшеницы высокого качества необходима система страховой защиты урожая и его качества от гидрометеорологических рисков с государственной поддержкой.

На сегодняшний день из бюджета выделяется около 5 млрд руб. в год на поддержку страховой защиты урожая, при этом принятая система никак не влияет на заинтересованность сельскохозяйственных товаропроизводителей в освоении интенсивных технологий производства зерна высокого качества. В то же время при тех же расходах можно создать систему страхования, которая будет стимулировать такой интерес. В этом случае отраслевым органам управления следует дифференцировать объем государственной поддержки в зависимости от участия сельскохозяйственных товаропроизводителей в освоении интенсивных технологий. Эта необходимость подтверждается еще и тем, что процесс освоения новых технологий будет длительным, поскольку он связан с выполнением программы повышения плодородия почв (их окультуриванием) для создания благоприятного агрофона для интенсивных технологий.

Для эффективного использования системы государственной поддержки страхования в качестве инструмента борьбы за снижение потерь урожая по технологическим причинам, необходимо усовершенствовать систему экспертного сопровождения страхования урожая. Предстраховую экспертизу следует начинать с оценки соответствия технологии возделывания культуры в хозяйстве базовой, включенной в зональный реестр технологий, рекомендованных научными учреждениями для той или иной почвенно-климатической зоны.

Существующая нормативная база оценки гидрометеорологических рисков пока не учитывает особенностей региональных природноклиматических условий. Хотя первый опыт разработки нормативной базы для оценки технологических рисков в региональном и зональном аспектах на основе длительных полевых опытов имеется [3].

Реализация перечисленных предложений по совершенствованию системы экспертизы при страховой защите урожая позволит решить следующие вопросы:

обеспечение оптимальных экономических результатов участников аграрного бизнеса при страховой защите урожая сельскохозяйственных культур благодаря научнообоснованному разделению причин снижения урожая на технологические и гидрометеорологические;

увеличение прозрачности системы страховой защиты урожая, которая станет более понятной и привлекательной для страхователя;

стимуляция интереса сельскохозяйственных товаропроизводителей к повышению уровня технологичности производства, что, безусловно, повысит устойчивость урожая и его качество:

устранение большинства разногласий между страхователем и страховщиком без привлечения арбитражных судов;

повышение эффективности государственной поддержки страхования за счёт того, что она попадет, прежде всего, сельскохозяйственным товаропроизводителям, которые стремятся работать на основе достижений науки.

Реализация резервов увеличения производства высококачественного зерна пшеницы напрямую связана со снижением влияния технологических рисков при освоении интенсивных технологий. Интенсивные технологии обеспечивают ожидаемые результаты только при исполнении всех их элементов в соответствии с научными рекомендациями, поэтому особое значение следует придавать системе мер по повышению уровня технологичности производства зерна. Этого можно достичь путем оформления зональных реестров интенсивных технологий (как базовых) и системы целевого льготного кредитования их освоения с государственной поддержкой. Такую работу должны выполнять органы управления сельским хозяйством совместно с научными учреждениями.

Базовые технологии из зонального реестра должны быть привязаны к условиям хозяйства с учетом почвенно-агрохимических

показателей, степени окультуренности почв, финансовых и технических возможностей. В этой работе должны принимать участие, кроме руководителей и специалистов хозяйства, сотрудники агрохимслужбы и ученые-эксперты. В результате в хозяйстве должно появиться описание технологии производства зерна. Этот документ должен обеспечивать доступ к льготным целевым кредитам с государственной поддержкой на освоение интенсивных технологий, а также стать предметом технологического контроля. При этом появляется возможность для решения наиболее трудной проблемы - обеспечения технологии удобрениями и другими средствами интенсификации. В таком случае затраты на их использование могут включаться в состав льготного целевого кредита, что обеспечит своевременную поставку и применение удобрений в хозяйстве. Решение такой задачи облегчается тем, что в нашей стране производят более 20 млн т минеральных удобрений в год, а внутри страны используют только около 2,5 млн т [6]. Увеличение объемов поставки удобрений для нужд сельского хозяйства потребует возрождения инфраструктуры для перевозки, хранения и технических средств их внесения. Прежде она существовала, но в связи с сокращением объемов применяемых удобрений была утрачена.

Важнейшее значение в решении проблемы увеличения производства высококачественного зерна пшеницы будет иметь создание научно-обоснованной системы его выращивания. В ее комплексной разработке должны участвовать ученые различных специальностей: селекционеры, семеноводы, земледелы, агротехнологи, агрохимики, экономисты, механизаторы и специалисты по страховой защите урожая. Фундаментальные научные исследования должны дополнятся прикладными разработками по совершенствованию технологии производства высококачественного зерна, а также необходима хорошо организованная система взаимодействия науки с органами управления сельским хозяйством по освоению результатов в производстве. Научные учреждения и их представители ученые-эксперты должны выступать в качестве партнеров-инвесторов для защиты их вложений от финансовых рисков при освоении интенсивных технологий.

Научное обеспечение увеличения производства зерна пшеницы планируемого качества можно эффективно организовать в системе

региональных программ (проектов), в которых можно максимально учесть реальные возможности зональных почвенно-климатических ресурсов, а также увеличения урожайности и качества продукции с использованием средств интенсификации.

Решение перечисленных задач открывает возможности для успешной реализации стратегии научнотехнологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 01 декабря 2016 г [8]. Предложенные меры позволят вдвое увеличить производительность труда и окупаемость удобрений в зерновом хозяйстве, что делает возможным решение проблемы обеспечения потребностей страны в высококачественном зерне, а Россия сможет стать крупнейшим экспортером такого зерна пшеницы и продуктов его переработки.

#### Литература.

- 1. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2025 года и на перспективу до 2030 года (проект) // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL: http://mcx.ru/upload/iblock/959/959648abb188a76c 11095d869e8bde94.pdf (дата обращения: 23.04.2018).
- 2. Научные основы производства высококачественного зерна пшеницы: научиздание / под общей научной редакцией академиков РАН: В. Ф. Федоренко, А. А. Завалина, Н. З. Милащенко. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. 396 с.
- 3. Технологические риски снижения урожая зерновых культур при страховой защите с государственной поддержкой / под ред. Н. З. Милащенко, В. В. Щербакова. М.: ООО Группа Компаний Агрия, 2016. 348 с.
- 4. Интенсификация зональных технологий стратегия научно-технологического развития производства высококачественной пшеницы в стране / А. И. Алтухов, Н. З. Милащенко, А. А. Завалин и др. // Экономика сельского хозяйства России. 2017. № 5. С. 36–46.
- 5. Милащенко Н. З., Самойлов Л. Н., Трушкин С. В. Проблемы интенсификации производства зерна пшеницы и их решение // Плодородие. 2018. № 2. С. 21–25.
- 6. Сычев В. Г., Милащенко Н. З., Шафран С. А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России // Плодородие. 2018. № 1. С. 18–19.
- 7. Омский хлеб: из истории аграрной политики в области 1954-1985: сб. документов / сост. Н. Г. Линчевская и др. Омск: Омск. кн. изд-во, 1990. 188 с.
- 8. Указ Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» / Президент России [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41449 (дата обращения: 21.05.2018).

#### Reserves of Production of High-Quality Wheat Grain in Russian Agriculture

N. Z. Milaschenko, S. V. Trushkin D. N. Pryanishnikov All-Russian Research Institute of Agrochemistry, ul. Pryanishnikova, 31 a, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. The degree of realization of the biological potential of new varieties in terms of yield and grain quality determines the possibility of increasing the gross harvest of wheat. This is determined by the level of technological efficiency of production, ensuring the effective use of local soil and climatic resources and intensification means, taking into account the requirements of landscape farming systems and environmental safety. Unfortunately, the possibilities of varieties are realized only by 40–50%. The reason for this is the low level of technological efficiency of production and insufficient technology intensification, which does not allow the use of significant reserves in agriculture for the production of high-quality wheat. This article proposes a system of actions to improve the technological efficiency of wheat grain production in zonal agriculture. Registration of zonal registers of intensive technologies and a system of targeted preferential lending for their development with state support may stimulate the interest of agricultural producers to the use of intensive technologies. At the same time, there is an opportunity to solve the most difficult problem - providing fertilizers and other means of agriculture intensification. The organization of effective scientific support for the intensification of technologies is of decisive importance in the production of high-quality grain. It includes a comprehensive study, improvement of the system of scientific and expert support, partnership of scientists, experts and investors, as well as a well-organized system of interaction between science and agricultural management in the preparation and implementation of projects. This need is confirmed by the fact that the process of development of new technologies will be long, because it is associated with the implementation of the program to improve soil fertility to create a favorable agricultural background for intensive technologies. Implementation of the listed measures will enable to successfully solve the problem of ensuring the country's needs for highquality grain and make Russia the largest exporter of such production.

**Keywords:** wheat; intensive technologies; crop losses; technological risks; agroexpertise.

**Author Details:** N. Z. Milaschenko, D. Sc. (Agr.), member of the RAS, chief research fellow (e-mail: agroexpertiza@mail.ru); S. V. Trushkin, research fellow.

For citation: Milaschenko N. Z., Trushkin S. V. Reserves of Production of High-Quality Wheat Grain in Russian Agriculture. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 30–33 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10708.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10709 УДК 633.34:551.5(470.318)

## Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области

### E. B. ГУРЕЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук (e-mail: elenagureeva@bk.ru)

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая, 1, с. Подвязье, Рязанский р-н, Рязанская обл., 390502, Российская Федерация

Культурная соя сформировалась в условиях влажного муссонного климата с повышенной температурой воздуха. Максимальная урожайность ее семян формируется при сочетании оптимальных природных факторов внешней среды, в том числе и метеорологических. Цель исследований проведение анализа взаимосвязи урожайности сои и агроклиматических условий в Рязанской области. Опыты проведены в 2001-2017 гг. Почва экспериментального vчастка темно-серая лесная, тяжелосvглинистая по гранулометрическому составу. Реакция почвенного раствора кислая  $(pH_{con.}-5,25,\ pH_{rидролит.}-4,92\ мг-экв/100\ г),$  содержание гумуса (по Тюрину)  $-5,3\,\%,$  подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) соответственно 340 мг/кг почвы и 192 мг/кг почвы, азота легкогидролизуемого – 122,8 мг/кг. Участок расположен в лесостепной агроклиматической зоне. Для характеристики климатических условий использовали интегрированный показатель - гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова. Работа выполнена на примере раннеспелого сорта Магева. В 75 % лет исследований наблюдали недостаточное увлажнение, в 19 % лет – достаточное, в 6 % лет – избыточное увлажнение. Продолжительность вегетационного периода сои сорта Магева в условиях недостаточного увлажнения уменьшилась в среднем на 17 дней (16,7 %), по сравнению с годами с избыточным увлажнением. Происходило это в основном из-за сокращения периода генеративного развития. Наибольшая средняя по группе лет урожайность семян сои (2,53 т/га) отмечена в годы с достаточным увлажнением (ГТК=1,0...1,5), наименьшая (2,19 т/га) - при дефиците влаги (ГТК<1,0). Разница составила 0,34 т/

**Ключевые слова:** гидротермический коэффициент, соя, вегетационный период, урожайность, Рязанская область.

**Для цитирования:** Гуреева Е. В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области // Земледелие. 2018. № 7. С. 34–35. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10709.

Центральный район Нечерноземной зоны считается рискованным для соесеяния. Климатические условия региона соответствуют требованиям только очень скороспелых форм [1]. Однако наблюдаемый в последние десятилетия процесс потепления климата вносит существенные поправки в устоявшиеся представления. На сегодняшний день мировым научным сообществом сделан однозначный вывод о том, что климат на планете изменяется. В целом, для России изменение климатических условий может характеризоваться как «потепление, сопровождающееся усилением засушливости» [2]. В России теплеет в 2,5 раза быстрее, чем в среднем на Земле. Скорость роста среднегодовой температуры в стране -0,42 °C за 10 лет. Мировая температура за это же время изменилась на 0,17 °C [3]. Во многих регионах сельскохозяйственное производство уже страдает от повышения температур и усиления их изменчивости, изменения количества и частоты осадков, учащения засушливых периодов и засух, увеличения интенсивности экстремальных погодных явлений, подъема уровня моря и засоления пахотных земель и пресной воды [4].

В связи с изложенным цель наших исследований – анализ взаимосвязи урожайности сои и агроклиматических условий за 2001–2017 гг. в Рязанской области для определения соответствия меняющихся погодных условий вегетационного периода сои биологическим требованиям растений. Полученные результаты будут использованы в селекционной работе по созданию сортов культуры с оптимальной для региона продолжительностью периода вегетации, обеспечивающих стабильный урожай в разные по условиям увлажнения годы.

Опыты проводили на селекционном участке Института семеноводства и агротехнологий - филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенном в лесостепной агроклиматической зоне Рязанской области. Почва экспериментального участка темно-серая лесная, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу. Реакция почвенного раствора кислая  $(pH_{\text{сол.}} - 5,25, pH_{\text{гидролит.}} - 4,92 \text{ мг-экв}/100$ г), содержание гумуса (по Тюрину) -5,3 %, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) - соответственно 340 мг/кг почвы и 192 мг/кг почвы, азота легкогидролизуемого - 122,8 мг/кг.

Работа выполнена на примере сорта Магева (стандарт в наших исследованиях по сое при выполнении госзадания по разделу Х 10.4 растениеводство) с использованием методики государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [5] и «Международного классификатора сои СЭВ» [6]. Статистическую обработку урожайных данных осуществляли методами дисперсионного и корреляционного анализа по Б. А. Доспехову [7]. Для характеристики климатических условий использовали интегрированный показатель - гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова [8].

Результаты анализа свидетельствуют, что гидротермический коэффициент подвержен значительным колебаниям по годам исследований. Минимальную его величину наблюдали в 2002 г. (ГТК = 0,31), когда количество осадков за период активной вегетации составило 27 % от среднемноголетних значений, максимальное - в 2003 г. (ГТК = 1,68, количество осадков за период активной вегетации превысило норму в 1,5 раза). Для удобства мы разделили годы по значению ГТК на 3 группы: ГТК > 1,5 - «избыточное увлажнение»; ГТК 1,0...1,5 - «достаточное увлажнение»; ГТК< 1,0 - «недостаточное увлажнение» (табл.1).

Из 16 лет наблюдений 12 лет вошли в группу с недостаточным увлажнением; 3 года – с достаточным; 1 год – в группу с избыточным увлажнением. В год с избыточным увлажнением наибольшее количество осадков выпадало в июле (табл. 2), в целом их сумма была в 2,3

#### 1. Группировка лет по гидротермическому коэффициенту в течение активного вегетационного периода (май-август 2001-2017 гг.)

Характерист вегетационного г степень увлажнения		Число- лет	Год	Среднее количество осадков, мм	Средняя сумма тем- ператур, °С
Избыточное	> 1,5	1	2003	348	2070
Достаточное	1,01,5	,01,5 3 2001, 2006, 2015		209	2063
Недостаточное	< 1,0	12	2002, 2004, 2005, 2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2016, 2017.	136	2088

#### 2. Динамика осадков, мм

Mari	Среднемноголетние	Характеристика вегетационного периода по ГТК						
Месяц Бродио	данные	избыточное	достаточное	недостаточное				
	1112	увлажнение	увлажнение	увлажнение				
Май	26,0	86	52	28				
Июнь	52,0	94	72	46				
Июль	64,0	102	73	57				
Август	59,0	88	29	38				
Сентябрь	38,0	147	28	53				

раза больше, чем в годы с недостаточным увлажнением. В последнем случае минимум осадков приходился на август (38 мм), а максимум – на июль (57 мм, что ниже нормы на 11 %).

за весь период инструментального метеонаблюдения [9].

Продолжительность вегетационного периода сои сорта Магева в условиях недостаточного увлажнения умень-

#### 3. Урожайность семян сои сорта Магева в зависимости от условий увлажнения, т/га

	Характерист	Характеристика вегетационного периода по ГТК						
Показатель	избыточное	достаточное	недостаточное					
	увлажнение	увлажнение	увлажнение					
Максимальная урожайность, т/га	-	2,59	3,47					
Минимальная урожайность, т/га	-	2,47	1,16					
Размах вариации, т/га	-	0,12	2,31					
Средняя урожайность, т/га	24,6	2,53±0,37	2,19 <u>+</u> 0,56					
Коэффициент вариации, %	_	3,35	37,5					

Продолжительность вегетационного периода сои закономерно уменьшалась по мере снижения ГТК. При дефиците влаги она сократилась, по сравнению с условиями избыточного увлажнения, в среднем на 17 дней (16,7 %). Происходило это в основном из-за уменьшения продолжительности периода генеративного развития (от цветения до полной спелости) на 12 дней.

Длительность вегетационного периода при достаточном увлажнении находилась на уровне условий избыточного увлажнения. Вероятно, это связано с тем, что в годы с достаточным увлажнением сумма температур была ниже, чем в годы с избытком влаги.

Наибольшая средняя по группе лет урожайность семян сои (2,53 т/га) отмечена в годы с достаточным увлажнением (ГТК=1,0...1,5), наименьшая (2,19 т/га) – в годы с дефицитом влаги (ГТК<1,0). Разница составила 0,34 т/га, или 22,2%. Урожайность семян сои в год с избыточным увлажнением составила 2,46 т/га, что незначительно ниже, чем в условиях достаточного увлажнения (табл. 3).

Анализ метеоданных по Рязанской области за вегетационный период сои (май-сентябрь) в период с 2001 по 2017 гг. показывает, что в 75 % лет увлажнение было недостаточным, в 19 % лет достаточным, в 6 % лет – избыточным. При этом в последнее десятилетие наблюдают тенденцию увеличения числа лет с недостаточным увлажнением (см. табл. 1), что согласуется с анализом погодных условий, сделанным другими исследователями [9]. По данным метеостанций, среднегодовая температура воздуха в России выросла за последние 100 лет на 1 °C (что значительно выше, чем в среднем по миру), из них на 0,4 °C – только за 1990–2000 гг., 11 из последних 12 лет были самыми жаркими

шается, по сравнению с условиями избыточного увлажнения, в среднем на 17 дней (16,7 %). Происходит это в основном из-за сокращения периода генеративного развития.

Наибольшая средняя по группе лет урожайность семян сои  $(2,53\,\text{т/га})$  отмечена в годы с достаточным увлажнением (ГТК=1,0...1,5), наименьшая  $(2,19\,\text{т/га})$  - в годы с недостаточным увлажнением (ГТК<1,0). Разница составила  $0,34\,\text{т/гa}$ , или  $22,2\,\%$ .

#### Литература.

- 1. Гуреева Е. В. Продуктивность разных по скороспелости сортов сои северного экотипа в зависимости от норм высева и способов посева в условиях Центрального района Нечерноземной зоны РФ: автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2009. 20 с.
- 2. Третье национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата // UNFCCC [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/resource/docs/natc/rusncr3.pdf (дата обращения: 16.08.2018).
- 3. Стратегический прогноз изменений климата Российской Федерации на период до 2010-2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России//Росгидромет [Электронный ресурс]. URL: http://climaterussia.ru/klimat/izmenenie-klimata-v-rossii (дата обращения: 14.08.2018)
- 4. Положение дел в области продовольствия и сельского хозяйства. Изменение климата, сельское хозяйство и продовольственная безопасность, 2016 / Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных наций [Электронный ресурс]. URL: http://www.fao.org/3/a-i6030r. pdf (дата обращения: 14.08.2018).
- 5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур / под общей редакцией М. А. Федина. М.: Колос, 1983. Вып. 3. 184 с.

- 6. Международный классификатор СЭВ. Л.: ВИР, 1990. 39 с.
- 7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
- 8. Селянинов Г. Т. Агроклиматическая карта мира. Л.: Гидрометеоиздат, 1966. 12 с.
- 9. Оленин О. А., Платунов А. А., Холзаков В. М. Совместные и смешанные посевы на продовольственное зерно в условиях глобальных климатических изменений // Земледелие. 2017. № 1. С. 9–15.

#### Influence of Hydrothermic Conditions on the Yield of Soybean Seeds in Ryazan Region

#### E. V. Gureeva

Institute of Seed-Growing and Agrotechnology, Federal Scientific Agricultural Engineering Center of All-Russian Mechanization Institute, ul. Parkovaya, 1, s. Podvyaz'e, Ryazanskii r-n, Ryazanskaya obl., 390502, Russian Federation

Abstract. Cultivated soybean was formed under conditions of wet monsoon climate with high air temperature. The maximum yield of sovbean seeds is formed under the combination of optimal natural factors of the environment, including meteorological ones. The aim of the research was to analyze the correlation between soybean yield and agroclimatic conditions in Ryazan region. The experiments were carried out in 2001–2017. The soil of the experimental plot was dark gray forest, heavy loamy. The reaction of the soil solution was acidic (pH was 5.25, hydrolytic acidity was 4.92 meq/100 g); humus content (according to Tyurin) was 5.3%; the content of mobile phosphorus and potassium (according to Kirsanov) was, respectively, 340 mg/kg of soil and 192 mg/kg of soil; the content of easy hydrolyzable nitrogen was 122.8 mg/kg. The plot was located in the forest-steppe agroclimatic zone. To characterize the climatic conditions we used the integrated indicator - the Selyaninov's hydrothermal coefficient (HTC). The work was performed on an example of an early maturing variety 'Magueva'. Insufficient moistening was observed in 75% of the years, sufficient moistening was in 19% of the years, excessive moistening was in 6% of the years. The duration of the vegetation period of soybean 'Magueva' under conditions of insufficient moistening decreased on average by 17 days (16.7%), compared with the years with excessive moistening. This was mainly due to a reduction in the period of generative development. The highest average yield of soybean seeds (2.53 t/ha) was noted in the years with sufficient moistening (HTC = 1.0-1.5), and the least one (2.19 t/ha) - in the case of moisture deficit (HTC was less than 1.0). The difference was 0.34 t/ha, or 22.2%.

**Keywords:** hydrothermal coefficient; soybean; vegetation period; yield; Ryazan region.

**Author Details:** E. V. Gureeva, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: elenagureeva@bk.ru).

For citation: Gureeva E. V. Influence of Hydrothermic Conditions on the Yield of Soybean Seeds in Ryazan Region. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 34–35 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10709.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10710 УДК 633.19:631.524.85

# Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи

А.И. ГРАБОВЕЦ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, (e-mail: grabovets\_ai@mail.ru)
К.Н. БИРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник Федеральный Ростовский аграрный научный центр, ул. Институтская, 1, пос. Рассвет, Ростовская обл., 346735, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследования эффективности некорневых подкормок озимых пшеницы и тритикале при засухе. Для северных зон Ростовской области характерно постепенное изменение климата, которое выражается в усилении его континентальности. Изучали три сорта озимой пшеницы и три сорта озимой тритикале. Система удобрений предусматривала основное внесение фосфорсодержащих туков под вспашку, азота (аммиачная селитра) – в ранневесеннюю подкормку, некорневые подкормки жидким комплексным удобрением ( $N_{11}P_{37}$ , фаза стеблевания) и карбамидом (N, фаза колошения). Норма высева – 4,0 млн/га, предшественник – черный пар. Почва опытного участка представлена черноземом южным карбонатным. Исследования проводили в 2012-2016 гг. Система некорневых подкормок озимых пшеницы и тритикале должна базироваться на содержании подвижного фосфора в почве. При низких запасах этого элемента актуальна подкормка жидким комплексным удобрением в фазе стеблевания, которая обеспечивает увеличение урожайности озимой пшеницы на 0,41, озимой тритикале – на 0,46 т/га. Рост урожайности при использовании ЖКУ был обусловлен увеличением количества сформировавшихся зерен в колосе. Если содержание фосфатов в почве среднее или высокое, то более рационально использовать для подкормки азот в фазе колошения. Урожайность озимой пшеницы при этом возастает на 0,47 т/ га, тритикале – на 0,52. Подкормка карбамидом позволила увеличить массу тысячи зерен у изучаемых сортов пшеницы и тритикале. Некорневые подкормки жидким комплексным удобрением и карбамидом обусловили повышение количества белка в зерне. В среднем прирост величины этого показателя составил 0.40 %.

**Ключевые слова:** озимая пшеница, озимая тритикале, некорневая подкормка, карбамид, жидкое комплексное удобрение, доступные фосфаты, фаза стеблевания, фаза колошения.

**Для цитирования:** Грабовец А.И., Бирюков К.Н. Роль некорневых подкормок при возделывании озимых пшеницы и тритикале в условиях засухи // Земледелие. 2018. № 7. С. 36–39. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10710.

В последние 2 десятилетия на севере Ростовской области наметились определенные подвижки в изменении климата, которые, в первую очередь, связаны с усилением его континентальности. Это выражается в росте среднегодовой температуры воздуха (на 2,5 °С) и уменьшении среднегодового количества осадков (в 80-е годы XX века их варьирование по годам составляло 417...565 мм, в новом веке - 287...496 мм). В отдельные годы XXI века в маеиюне, наиболее значимых для вегетации злаков, количество осадков редко превышало 20 мм при среднемноголетней норме 86 мм. Анализ динамики проявления засух в северных зонах Ростовской области показывает, что если в 80-90-х гг. прошлого века 3...4 года из десяти были засушливыми, то теперь число засушливых лет составляет 7 за десятилетие [1].

Такие изменения климата требуют пересмотра определенных позиций в традиционных технологиях возделывания озимых культур. При этом один из важнейших вопросов - оптимизация работы с удобрениями. Здесь важно выявить наиболее экономически целесообразные варианты использования удобрений. Известно, что большую роль играют некорневые подкормки, которые проводят по вегетирующим растениям [2, 3, 4]. При этом используют жидкие комплексные удобрения (ЖКУ), в которых преобладает фосфор, КАС, карбамид (азот в амидной форме). Усвояемость фосфора из ЖКУ составляет 60...80 % и внести его можно в те фазы развития растений (от выхода в трубку до колошения), когда потребление этого элемента максимально [5]. Около 80 % поглощенного растениями пшеницы и тритикале фосфора (азота - 70 %, калия - 10 %) выносится с поля с урожаем зерна. Это обусловливает низкий уровень доступных фосфатов в почве, что крайне нежелательно для современных интенсивных сортов. Улучшение обеспеченности растений фосфором

выходит в разряд основных элементов технологии их выращивания.

Важное значение имеет и азотное питание. При этом целесообразно знать оптимальные методологии его использования для формирования продуктивности и качества зерна. Следовательно, формированием элементов продуктивности нужно «управлять», например, дробным внесением азота в течение вегетации на основе постоянного мониторинга физиологического состояния растений [5].

Цель исследований – выявить возможность дальнейшего увеличения урожайности озимых культур, выращиваемых на достаточно хорошем агрофоне, путем применения дополнительных некорневых подкормок, а также определить их реальную эффективность при засухах.

Исследования были выполнены в научно-исследовательском центре ФГБНУ ФРАНЦ в северо-западной зоне Ростовской области в 2012–2016 гг. Почва опытного участка представлена черноземом южным карбонатным среднемощным. Мощность гумусового горизонта 60...70 см. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,6%, подвижных форм азота (N-NO $_3$ + N-NH $_4$ ) – 12 мг/кг, фосфора ( $P_2O_5$ ) – 19 мг/кг, калия ( $K_2O$ ) – 320 мг/кг почвы. Величина рН в гумусовом горизонте была на уровне 7,0-7,8.

Объектом изучения были три сорта озимой пшеницы (Донна, Вестница, Боярыня) и три сорта озимой тритикале (Ацтек, Капрал, Пилигрим). Предшественник – черный пар. Уход за паром – общепринятый для зоны возделывания. Посев проводили в оптимальные сроки (5...10 сентября) с нормой высева 4 млн/га по всем агрофонам. Глубина заделки семян – 5...6 см. Площадь делянки – 50 м², повторность опыта трехкратная.

Для некорневых подкормок использовали ЖКУ  $(N_{11}P_{37})$  и карбамид  $(N_{48})$ . Жидкое комплексное удобрение вносили в фазе стеблевания из расчета 25 кг/га д.в., карбамид – в фазе колошения из расчета 30 кг/га д.в. Эффективность некорневых подкормок изучали на следующих агрофонах:

 $N_{40}$  аммиачной селитры (118 кг/га в физической массе) – условно низкий агрофон;

 $N_{12}P_{52}$  аммофоса (100 кг/га) +  $N_{40}$  аммиачной селитры (118 кг/га) – условно средний агрофон;

 $N_{24}P_{104}$  аммофоса (200 кг/га) +  $N_{40}$  аммиачной селитры (118 кг/га) – условно высокий агрофон.

Аммофос вносили осенью до посева под вспашку на глубину 18...22 см, аммиачную селитру – рано весной в фазе кущения пшеницы и тритикале в качестве подкормки прикорневым способом.

Выбор этих агрофонов обусловлен общими принципами работы с удобрениями в засушливых условиях на южном черноземе, заключающимися в том, что вся система удобрений строится с учетом содержания подвижных фосфатов в почве, которое изначально находилось на уровне 19 мг/кг, что считается пониженным. Поэтому первый базовый вариант получил условное название низкий агрофон. При внесении Р<sub>52</sub>, количество фосфатов возрастало до 26 мг/кг – условно средний агрофон, а с увеличением количества фосфора во вносимых туках до Р<sub>104</sub> удалось повысить содержание этого элемента в почве до 32 мг/кг условно высокий агрофон. При такой стратегии, независимо от количества доступного фосфора, обязательным агроприемом была ранневесенняя подкормка азотом в фазе кущения пшеницы и тритикале. Мы выбрали усредненную дозу этого элемента, которая составила 40 кг/га д.в.

Работы по борьбе с сорняками и вредителями проводили по мере необходимости в сжатые сроки. Учет урожайности пшеницы и тритикале вели поделяночно прямым комбайнированием комбайном Сампо 130 в фазе полной спелости зерна.

Метеоусловия в годы проведения исследований складывались неоднозначно для роста и развития растений пшеницы и тритикале. Посев проводили как при наличии влаги в почве, так и при ее отсутствии в посевном слое. Весенне-летнее развитие растений также проходило в разных условиях, но фаза формирования зерновки и налива зерна во все годы изучения, кроме 2016 г., характеризовалась очень жестким лимитом по влаге. Кроме того, зафиксированы высокие температуры воздуха в этот период (30...35 °C). Тем не менее, изучаемым сортам пшеницы и тритикале благодаря зимним запасам доступной влаги в метровом слое почвы (130...150 мм) удалось сформировать хорошие урожаи. Это обусловлено высоким агрофоном (при таких условиях питания меньшее водопотребление на синтез единицы сухого вещества) и экологической пластичностью сортов. За время проведения исследований только в 2016 г. погодные условия были очень благоприятными для возделывания изучаемых культур. Это касалось как осеннего, так и весенне-летнего периода.

В ряде проведенных ранее опытов (1980–2000 гг.) максимальная отдача фосфорных туков была отмечена при внесении под отвальную вспашку на глубину 18...20 см [6]. Из-за постоянного дефицита влаги в верхнем слое (0...10 см) почвы, а также из-за высокого содержания карбонатов в

1. Влияние подкормки жидким комплексным удобрением на урожайность озимых пшеницы и тритикале (2012–2016 гг.), т/га

		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	•		, ,	
Λεροφοίι	C	Эзимая пшен	ица	Озі	имое трит	гикале
Агрофон	Донна	Вестница	Боярыня	Ацтек	Капрал	Пилигрим
N <sub>40</sub> (низкий агрофон)	6,97	6,19	6,56	7,80	7,30	7,97
$N_{40}$ +ЖКУ ( $N_{11}P_{37}$ )	7,37	6,58	6,99	8,27	7,71	8,48
Прибавка	0,40	0,39	0,43	0,47	0,41	0,51
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> +N <sub>40</sub> (средний агрофон)	7,09	6,35	6,67	7,97	7,55	8,07
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> +N <sub>40</sub> +ЖКУ(N11P37)	7,38	6,61	6,97	8,31	7,84	8,43
Прибавка	0,29	0,26	0,30	0,34	0,29	0,36
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> +N <sub>40</sub> (высокий агрофон)	7,23	6,45	6,82	8,02	7,65	8,24
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> +N <sub>40</sub> +ЖКУ(N11P37)	7,35	6,60	7,04	8,34	7,91	8,53
Прибавка	0,12	0,15	0,22	0,32	0,26	0,29
	F	$HCP_{05} = 0.06$	т/га	Н	$CP_{05} = 0.07$	7 т/га

южном черноземе (контакт с ними обусловливает переход фосфора в недоступные для растений соединения с кальцием) внесение фосфорсодержащих удобрений под предпосевную культивацию срабатывает на урожай очень редко.

В ходе проведенного в течение 2012-2016 гг. эксперимента установлено, что использование в фазе стеблевания жидкого комплексного удобрения дозой  $N_{5,5}P_{18,5}$  (50 кг/га в физической массе) позволяет увеличить урожайность озимой пшеницы в среднем по агрофонам и сортам на 0,29 т/га, озимой тритикале – на 0,36 (табл. 1).

Также в ходе опыта были выявлены определенные закономерности изменения эффективности ЖКУ от уровня базового агрофона. У озимой пшеницы наиболее востребована эта подкормка была на низком агрофоне (вариант без фосфорных туков). Уровень прибавки составил от 0,39 до 0,43 т/га. При среднем содержании подвижного фосфора в почве (вариант с внесением  $N_{12}P_{52}$  – средний агрофон) величина прибавки от использования ЖКУ снижалась на 30 %, а при высоком содержании (вариант с внесением  $N_{24}P_{104}$  – высокий агрофон) прибавка урожая уменьшалась еще на 42 %. В этом контексте сортовые особенности не имели значения, то есть все три изученных сорта озимой пшеницы реагировали на подкормку ЖКУ согласно указанным закономерностям.

Высокая отзывчивость озимой пшеницы на низком агрофоне на подкормку ЖКУ в фазе стеблевания объясняется, на наш взгляд, тем, что растения в этот период нуждаются в фосфоре, который необходим для формирования в первую очередь колоса. Содержание подвижного фосфора в почве очень низкое, поскольку доступные его за-

пасы растения уже использовали для формирования вегетативной массы. В жидком комплексном удобрении фосфор находится в легкоусвояемой форме, поэтому сразу используется растениями.

Тенденции, выявленные для озимой пшеницы, в целом оказались характерны и для озимой тритикале, все сорта которой на низком агрофоне сформировали прибавку на уровне 0,41...0,51 т/га, что достоверно выше, чем на двух других агрофонах. Эта разница составила 33 %. Прибавки на среднем и высоком агрофоне были одного порядка. То есть, при увеличении дозы внесения фосфорных туков со 100 до 200 кг/га, снижения прибавки не произошло, что объясняется высокой пластичностью изучаемых сортов тритикале Ацтек, Капрал и Пилигрим, достигающей величины, близкой к единице (0,90...0,97). Поэтому тритикале оказалась более отзывчивой на дозу вносимых удобрений.

Анализ элементов структуры урожая показал, что увеличение продуктивности как пшеницы, так и тритикале при некорневой подкормке ЖКУ зависело от количества сформировавшихся зерен в колосе. Прочие показатели (количество продуктивных стеблей, масса 1000 зерен) на базовом агрофоне и на агрофоне с подкормкой были одинаковыми. Однако количество зерен и, соответственно, их масса с одного колоса были больше там, где проводили подкормку. В среднем по трем сортам озимой пшеницы число зерен в колосе на базовом агрофоне находилось в пределах 33...34 шт., а при подкормке ЖКУ возрастало до 35...37 шт. Особенных различий между сортами не выявлено.

У тритикале сорта Ацтек число зерен в колосе при проведении под-

#### 2. Содержание белка в зерне пшеницы и тритикале при подкормке ЖКУ, %

	Уровень агрофона										
Культура	НИ	<b>ІЗКИЙ</b>	ср	едний	ВЬ	ІСОКИЙ					
	база	база подкормка		подкормка	база	подкормка					
Озимая пшеница	13,6	13,6	13,7	13,9	14,1	14,4					
Озимая тритикале	13,0	13,2	13,3	13,6	13,5	13,9					

3. Влияние подкормки карбамидом на урожайность озимых пшеницы и тритикале (2012–2016 гг.), т/га

Arnodou	0:	зимая пше	ница	Озимая тритикале		
Агрофон	Донна	Вестница	Боярыня	Ацтек	Капрал	Пилигрим
N <sub>40</sub> (низкий агрофон)	6,97	6,19	6,56	7,80	7,30	7,97
N <sub>40</sub> +карбамид (N <sub>30</sub> )	7,29	6,52	6,84	8,06	7,61	8,21
Прибавка	0,32	0,33	0,28	0,26	0,31	0,24
N <sub>12</sub> P <sub>52</sub> +N <sub>40</sub> (средний агрофон)	7,09	6,35	6,67	7,97	7,55	8,07
$N_{12}P_{52}+N_{40}+$ карбамид ( $N_{30}$ )	7,48	6,75	7,02	8,42	7,97	8,62
Прибавка	0,39	0,40	0,35	0,45	0,42	0,55
$N_{24}P_{104}+N_{40}$ (высокий агрофон)	7,23	6,45	6,82	8,02	7,65	8,24
N <sub>24</sub> P <sub>104</sub> +N <sub>40</sub> + карбамид (N30)	7,72	6,93	7,28	8,51	8,18	8,77
Прибавка	0,49	0,48	0,44	0,49	0,53	0,53
	Н	$CP_{05} = 0.06$	т/га	Н	$CP_{05} = 0,$	10 т/га

кормок увеличилось с 31 до 33 шт., у сорта Капрал – с 34 до 37, а у сорта Пилигрим – с 37 до 40 шт.

Еще один критерий выбора того или иного удобрения для подкормок – качество продукции. В этом опыте его оценивали по количеству белка в зерне пшеницы и тритикале. У озимой пшеницы оно возросло на 0,2...0,3 % только на среднем и высоком агрофоне, а на низком осталось без изменений. У тритикале содержание белка увеличивалось, независимо от агрофона, но прирост составлял те же 0,2...0,4 % (табл. 2).

Исследования в другом блоке опыта показали, что, наряду с ЖКУ, некорневая подкормка озимых пшеницы и тритикале карбамидом в фазе колошения – не менее эффективный агроприем. Средняя урожайность озимой пшеницы при проведении подкормки увеличилась на 0,39 т/га, по сравнению с базовым агрофоном, озимой тритикале – на 0,42 т/га (табл. 3). Эффективность этого агроприема (как и в случае с подкормкой ЖКУ) зависела от уровня агрофона. На озимой пшенице была установлена четкая закономерность: чем выше содержание доступных фосфатов в почве, тем выше прибавка от внесения карбамида. На низком агрофоне средняя ее величина составила 0,31 т/ га, на среднем - 0,38, на высоком -0,47 т/га, или соответственно на 23 и 52 % выше, чем на низком агрофоне. Сорт в этом случае роли не играл. Результаты опыта подтверждают общеизвестную закономерность о роли макроэлемента, находящегося в минимуме (в нашем случае фосфора). Его недостаток приводил к неэффективному использованию других макроэлементов (азота). Как только количество доступных фосфатов в почве достигало оптимального уровня (при внесении 200 кг/га сложных фосфорсодержащих туков), сразу же следовала высокая отдача от внесенного азота.

Аналогичные результаты получены и по озимой тритикале. На низком по фосфору агрофоне средняя урожайность трех изучаемых сортов без подкорки составила 7,69 т/га, на фоне подкормки – 7,96 т/га (прибавка 0,27 т/ га). На высоком по фосфору агрофоне сбор зерна в варианте без подкормки был равен 7,97 т/га, при подкормке карбамидом - 8,49, прибавка - 0,52. На среднем агрофоне прибавка урожая от подкормки карбамидом составила 0,47 т/га, что было статистически равнозначно прибавке на высоком агрофоне. Это объясняется более широкой экологической пластичностью культуры.

Аттракция – важнейшее свойство растений активно перемещать пластические вещества к зонам роста зерновок. От уровня аттракции продуктов фотосинтеза зависит масса созревшего зерна, величина биологического урожая растений. На основании полученных данных можно сделать вывод, что внесение азота дозой 30 кг/га д.в. в фазе колошения стимулировало улучшение аттракционных процессов колоса у изученных сортов пшеницы и тритикале.

В первую очередь, подкормка карбамидом позволила увеличить массу 1000 зерен пшеницы и тритикале. У сорта Вестница в среднем по агрофонам она возросла на 1,5 г, у сорта Донна – на 1,9 г, у сорта Боярыня – на 2,3 г. Также увеличилось количество сформировавшихся зерен в колосе в среднем по сортам пшеницы на 1...2 зерна. У сортов тритикале масса 1000 зерен возросла в среднем на 1,7...1,8 г, а количество зерен – на 2...3 шт.

В целом подкормка карбамидом в плане повышения содержания белка по своей эффективности была равно-

#### 4. Содержание белка в зерне пшеницы и тритикале при подкормке карбамидом, %

Уровень агрофона низкий средний высокий					
низк	ий	ІИЙ	высо	кий	
без под-	подкорм-	без под-	под-	без под-	под-
			кормки	кормка	
13,6	13,7	13,7	14,4	14,1	14,4
без под- кормки	13,4	13,3	13,6	13,5	13,9
	без под- кормки 13,6	без под- кормки ка 13,6 13,7	низкий средний высокий без под- подкорм- без под- под- без под- кормки ка кормки кормка кормки ко		

значна подкормке жидким комплексным удобрением (табл. 4). У озимой пшеницы величина этого показателя возросла на 0,2...0,7 % в среднем по агрофонам, у озимой тритикале - на 0,3...0,4 %. Также подтвердился тезис об улучшении качества зерна на высоких агрофонах. У озимой пшеницы среднее по сортам содержание белка на низком агрофоне составило 13,7%, на высоком - 14,3 %, у тритикале - соответственно 13,2 и 13,8 %. Слабое действие карбамида на качество зерна объясняется, на наш взгляд, тем, что он вносился в начале фазы колошения. Для целенаправленной работы по улучшению качества зерна азот следует вносить позже, в фазе молочной спелости зерна.

Таким образом, в засушливых условиях на хорошем агрофоне повышение урожайности озимых культур и качества зерна возможно путем некорневых подкормок. В условиях нарастания засушливости климата их система должна строиться с учетом содержания подвижного фосфора в почве: при низкой обеспеченности этим элементом как для пшеницы, так и для тритикале целесообразна подкормка жидким удобрением дозой 50 кг/га в физической массе в фазе стеблевания; при среднем и высоком содержании подвижного фосфора в почве для подкормки следует использовать карбамид в дозе не менее 30 кг/га в фазе колошения пшеницы и тритикале.

#### Литература.

- 1. Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Крохмаль А.В. Роль внекорневых подкормок при возделывании новых сортов озимого тритикале при засухах // Тритикале. Агротехника, технологии использования зерна и кормов. Материалы международной научно-практической конференции «Тритикале и стабилизация производства зерна, кормов и продуктов их переработки». Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «ЮГ», 2016. С. 13—22.
- 2. Грабовец А.И., Бирюков К.Н., Ляшков И.В. Эффективность комплексных удобрений при возделывании зернового озимого тритикале на южных черноземах // Агрохимия. 2012. № 4. С. 35–41.
- 3. Гриценко А.А., Янковский Н.Г., Овсянникова Г.В. Из истории применения удобрений на Дону. Ростов-на-Дону: ЗАО«Книга», 2009. 63 с.
- 4. Применение жидких комплексных удобрений в растениеводстве / А.В. Алабушев, Н.Г. Янковский, Г.В. Овсянникова и др. Ростов-на-Дону: ЗАО«Книга», 2009. 75 с.
- 5. Грабовец А.И., Фоменко М.А. Озимая пшеница. Ростов-на-Дону: «Издательство ЮГ», 2007. 544 с.
- 6. Технология возделывания озимых пшеницы и тритикале на Дону в условиях нарастания засух / А.И. Грабовец и др. Ростов-на-Дону, 2015. 140 с.

## Role of Foliar Fertilizing in the Cultivation of Winter Wheat and Triticale under Drought Conditions

A.I. Grabovets, K. N. Biryukov Federal agricultural research center of Rostov, ul. Institutskaya, 1, pos. Rassvet, Rostovskaya obl. 346735, Russian Federation

Abstract. The paper presents the results of studies on the foliar feeding of winter wheat and triticale under drought conditions. The northern zones of the Rostov region are characterized by gradual climate change, which is expressed in the strengthening of its continental character. Three varieties of winter wheat and three varieties of winter triticale were studied. The fertilizer system included the main application of phosphate-containing fertilizers before plowing, nitrogen (ammonium nitrate) introduction in early spring feeding, and foliar feeding with liquid complex fertilizer (N11P37, shooting stage) and carbamide (N46, earing stage). The seeding rate was 4.0 million seed/ha, the forecrop was bare fallow. The soil of the experimental plot was represented by the southern carbonate chernozem. Experimental studies were carried out in 2012-2016. The results of the experiment made it possible to substantiate that the system of foliar feeding of winter wheat and triticale should be based on the content of available phosphorus in the soil. In the case of low phosphorus reserves in the soil, feeding with liquid complex fertilizer in the shooting stage was relevant. At the same time, it was possible to increase the yield of winter wheat by 0.41 t/ha, of winter triticale - by 0.46 t/ha. The increase in the yield in the case of application of liquid complex fertilizer was due to an increase in the number of formed grains in the ear. If the content of phosphates in the soil was medium or high, it was more rational to use nitrogen for fertilizing in the earing stage. In this case, the yield of winter wheat increased by 0.47 t/ha, of triticale - by 0.52 t/ha. Carbamide fertilizing allowed to increase the mass of 1000 grains in the studied wheat and triticale varieties. Foliar feeding with liquid complex fertilizer and carbamide caused the increase in the content of protein in grain. The average growth rate for this parameter was 0.40%.

**Keywords:** winter wheat; winter triticale; foliar feeding; carbamide; liquid complex fertilizer; available phosphates; shooting stage; earing stage.

**Author Details:** A.I. Grabovets, D. Sc. (Agr.), corresponding member of RAS, chief researcher fellow (e-mail: grabovets\_ai@mail. ru); K.N. Biryukov, Cand. Sc (Agr.), leading researcher fellow.

For citation: Grabovets A.I., Biryukov K.N. Role of Foliar Fertilizing in the Cultivation of Winter Wheat and Triticale under Drought Conditions. Zemledelie. 2018. No. 7. Pp. 36–39 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913 -2018-10710.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10711 УДК 631.57+631.6

# Результаты многолетнего мониторинга урожайности травостоев разного возраста в Центральном Нечерноземье

Д. А. ИВАНОВ, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru) О. В. КАРАСЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник М. В. РУБЛЮК, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Всероссийский научноисследовательский институт мелиорированных земель, пос. Эммаус, 27, Калининский р-н, Тверская обл., 170530, Российская Федерация

В работе изучали результаты мониторинговых наблюдений (2001-2017 гг.) за урожайностью трав на агроэкологическом полигоне. Цель исследований - определение влияния природной среды на продуктивность злакобобовых травостоев 1, 2 и 3 г.п. для разработки методов адаптивного травосеяния. Объект исследований - полоса шириной 72 и длиной 1300 м, пересекающая все ландшафтные позиции моренного холма - депрессии, склоны и вершину, вдоль которой расположены 7 полей зернотравяного севооборота, 3 из которых заняты злакобобовыми травосмесями. Образцы отбирали в 30 точках, расположенных на расстоянии 40 м одна от другой, в которых определяли следующие показатели: урожайность сена (ц/га); влажность почвы (об. %); содержание гумуса (%);  $pH_{\kappa C^p}$ ;  $Hr(M\Gamma-3\kappa B/\kappa\Gamma)$ ;  $P_2O_5(M\Gamma/\kappa\Gamma)$ ;  $K_2O(M\Gamma/\kappa\Gamma)$ кг); степень разложения льнополотна (%); доля бобовых (%); доля злаковых (%); доля разнотравья (%); соотношение бобовых и злаковых (%); гидротермический коэффициент; сумма осадков (мм); среднесуточная температура (°C);  $\Sigma t > 10$ °C. Данные обрабатывали методами описательной статистики пакета Excel и мультирегрессионного анализа пакета STATGRAPHICS Plus. При старении травостоев достоверного снижения урожайности сена не происходило. Наименее устойчива во времени продуктивность трав 2 г. п. Временные колебания урожайности всех трав на 30,1 % обусловлены изменчивостью среднесуточных температур вегетационного периода (оптимальная < 15,30). Доля злаковых определяет 49,5 % вариабельности урожайности трав 1 г.п., содержание фосфора в почве – 1,1 %. Колебания параметров агроценоза объясняют 47,4 % вариабельности урожайности трав 2

г.п., изменчивость параметров плодородия почв – 25,2 %, погодные условия вегетационных периодов – 22,1 %. Достоверного влияния изучаемых факторов на урожайность трав 3 г.п. не выявлено. Для обеспечения высоких и относительно устойчивых урожаев сена, можно рекомендовать размещать травостои в наименее прогреваемых местах агроланлшафта.

**Ключевые слова:** агроландшафт, травостои, мониторинг, урожайность сена, статистический анализ.

Для цитирования: Иванов Д. А., Карасева О. В., Рублюк М. В. Результаты многолетнего мониторинга урожайности травостоев разного возраста в Центральном Нечерноземье // Земледелие. 2018. № 7. С. 39–41. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10711.

Долговременный мониторинг состояния агрогеосистем – мощный инструмент изучения процессов антропогенного ландшафтогенеза. На основе его результатов можно разработать алгоритмы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных растений и плодородия почв. Прогностические возможности землепользователя определяют гибкость и адаптивность применяемых технологий возделывания культур и поддержания плодородия почв.

В современных условиях, вследствие дефицита агрохимикатов и денежных средств весьма актуальна интенсивная биологизация севооборотов путем включения в них нескольких полей многолетних трав. Такое положение вполне оправдано, так как на синтез минеральных удобрений затрачивается в 5 раз больше энергии не возобновляемых источников, чем на фиксацию атмосферного азота бобовыми растениями [1, 2, 3].

Изучение временной изменчивости продуктивности разновозрастных травостоев в пределах агроландшафта позволяет выявить основные процессы адаптации агроценоза к природным условиям конкретных местоположений. Выявление факторов, влияющих на производство сена, дает возможность получить новые знания в области агроландшафтоведения как в фундаментальном, так и в прикладном

#### Некоторые параметры временных рядов состояния разновозрастных травостоев в пределах мелиорированного агроландшафта за 2001–2017 гг.

Попомото			
Параметр	38,5     37,0     30       38,7     39,0     31       55,4     45,3     46       35,0     27,8     25       40,5     44,2     36       53,2     36,2     18       34,1     51,9     66       12,7     11,9     15       18,3     1,3     0,49,8       35,2     8,8	3 г.п.	
Средняя урожайность, ц/га	38,5	37,0	30,2
Медиана урожайности, ц/га	38,7	39,0	31,0
Коэффициент вариации урожайности, %	55,4	45,3	46,4
Минимум урожайности, ц/га	35,0	27,8	25,1
Максимум урожайности, ц/га	40,5	44,2	36,2
Доля бобовых в травостое, %	53,2	36,2	18,4
Доля злаков в травостое, %	34,1	51,9	66,2
Доля разнотравья в травостое, %	12,7	11,9	15,4
Соотношения бобовых и злаковых	18,3	1,3	0,4
Соотношения бобовых и разнотравья	49,8	35,2	8,0
Соотношение злаковых и разнотравья	17,9	44,7	40,2

#### аспектах.

Цель работы – исследование влияния факторов природной среды мелиорированного агроландшафта на продуктивность злакобобовых травостоев 1, 2 и 3 г.п. для разработки методов адаптивного травосеяния в зернотравяных севооборотах.

Исследования проводили в 2001-2017 гг. на агроэкологическом полигоне ФГБНУ ВНИИМЗ, расположенном в 4-х км к востоку от г. Тверь, на клеверотимофеечных травосмесях разного возраста, изначально состоявших из клевера ВИК 7 и тимофеевки ВИК 9. Удобрения в ходе опыта не вносили [4]. В природном отношении агроэкологический полигон ФГБНУ ВНИИМЗ представляет собой участок конечно-моренного холма с относительной высотой 15 м. Почвообразующие породы представлены двучленными отложениями с различной глубиной залегания морены. Почвенный покров - мозаика дерново-подзолистых почв разной степени заболоченности. Полигон осушен гончарным дренажем со средним междренным расстоянием – 30 м.

Объект исследований представляет собой полосу шириной 72 и длиной 1300 м, пересекающую все ландшафтные позиции моренного холма - межхолмные депрессии (на севере и юге полигона), пологие склоны (северной и южной экспозиции) и плоскую вершину. Вдоль этой полосы (трансекты) расположены 7 полей зернотравяного севооборота, три из которых заняты злакобобовыми травосмесями. Исследования урожайности трав и свойств почв проводили в 30 точках, регулярно расположенных на расстоянии 40 м одна от другой в пределах каждого севооборотного поля. В каждой точке определяли следующее показатели: урожайность сена (ц/га); влажность почвы (об. %); содержание гумуса (%);  $pH_{KCI}$ ; Hr (мг-экв/кг);  $P_{2}O_{5}$  (мг/ кг); К<sub>2</sub>О (мг/кг); степень разложения льнополотна (%); доля бобовых в травостое (%); доля злаковых в травостое (%); доля разнотравья в травостое (%); соотношение бобовых и злаковых видов (%).

Кроме того, на основании данных Тверской метеостанции, определяли влияние на урожайность трав следующих метеопараметров вегетационного периода каждого года исследования: гидротермический коэффициент по Селянинову; сумма осадков (мм); среднесуточная температура (°С); ∑t>10 °С. В работе мы исходили из того, что вегетационный период трав включает в себя июльсентябрь года, предшествовавшего укосу, и май-июнь года укоса.

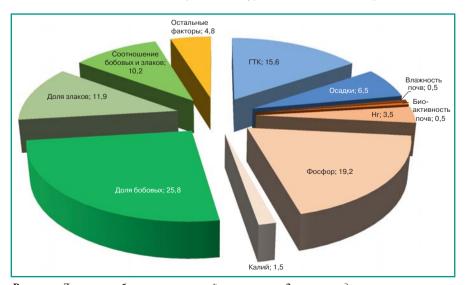
Все данные обрабатывали методами описательной статистики пакета Excel и мультирегрессионного анализа пакета STATGRAPHICS Plus. Степень воздействия факторов (%) на урожайность травостоев определяли по методу Н. А. Плохинского путем деления факториальной суммы квадратов на общую [5]. Для определения оптимальных значений факторов использовали метод парного регрессионного анализа.

По мере старения травостоев достоверного снижения урожайности сена не происходило. Отмечена лишь некоторая тенденция к изменению урожайности трав, однако достаточно высокие коэффициенты ее вариации не позволяют говорить о статистически доказанном процес-

се (см. табл.). При этом наименее устойчива во времени урожайность трав 2 года пользования (г.п.), на что указывают наибольшие различия между средним и медианой, а также минимальными и максимальными значениями. Уменьшение коэффициента вариации в этом случае обусловлено относительно высоким средним значением урожайности. Обнаруженные закономерности можно объяснить значительной конкуренцией между бобовыми и злаками в травостое, что определяет его относительную неустойчивость во времени

По мере старения происходит трансформация структуры агроценоза многолетних трав: снижается доля бобовых и растет содержания злаковых. Доля разнотравья увеличивается незначительно вследствие интенсивной конкуренции со стороны сеяных видов. Следствием этого становится ухудшение качества сена – в старых травостоях оно состоит практически из одних злаков.

Данные мультирегрессионного анализа подтверждают и дополняют изложенное. Временные колебания урожайности совокупности трав 1, 2 и 3 г.п. на 30,1 % обусловлены изменчивостью среднесуточных температур вегетационного периода. Увели-



**Рисунок.** Доли вариабельности урожайности трав 2 г.п., определяемые различными факторами природной среды, %.

чение этого параметра приводит к снижению продуктивности посевов. Оптимальными для разновозрастных травостоев можно считать среднесуточные температуры вегетационного периода менее 15,3°С, при которых урожайность сена выше средних значений по опыту. Следовательно, размещение травостоев в наименее прогреваемых местоположениях агроландшафтов (например, на северных склонах холмов) позволит почти на треть увеличить их продуктивность.

Особенность молодых злакобобовых травостоев – интенсивное развитие клевера. Поэтому более половины вариабельности урожайности трав 1 г.п. определяет влияние двух факторов – доля в них злаковых (на 49,5 %) и содержание фосфора в почве (на 1,1 %). Мониторинговые исследования показывают, что в точках с преобладанием злаков урожайность сена опускается ниже среднего значения по опыту.

Анализ влияния особенностей ландшафтной среды на временную изменчивость урожайности трав 2 г.п. свидетельствует, что 47,4 % величины этого показателя объясняется колебанием параметров структуры агроценоза, 25,2 % вариабельности массы сена обусловлено изменчивостью параметров плодородия почв, а 22,1 % — погодными условиями вегетационных периодов (см. рисунок).

В отличие от травостоев 1 г.п., увеличение доли бобовых и злаков, а также их соотношения в травах 2 г.п., способствует росту урожайности. Это свидетельствует об уменьшении конкуренции между сеяными видами и усилении давлении культурного агроценоза на внедряющееся разнотравье.

Осадки как таковые воздействуют слабо, но негативно, однако рост ГТК приводит к увеличению урожайности – при его значении выше 1,5, как правило, продуктивность травостоев выше среднего значения. Это можно объяснить благотворным влиянием невысоких среднесуточных температур, отмеченным ранее.

Слабое негативное воздействие на урожай оказывает подкисление почв. Содержание в почве обменного фосфора выше 350 мг/кг позволяет формировать урожаи выше среднего значения по опыту.

Мультирегрессионный анализ мониторинговых данных по травам 3 г.п. не показал достоверного влияния факторов, используемых в исследовании, на урожайность. Это, на наш взгляд, можно объяснить значительной адаптацией такого агроценоза к ландшафтным условиям конечно-

моренного холма, которая сопровождалась внедрением разнообразных аборигенных видов максимально приспособленных к условиям конкретных местоположений.

Таким образом, злакобобовые травостои разного возраста обладают ярко выраженными индивидуальными чертами, проявляющимися как через урожайность и ее варьирование во времени, так и через особенности структуры агроценозов. Максимальное варьирование урожайности и наиболее равновесное соотношение между бобовыми и злаками наблюдали в посевах 2 г.п. Это может объяснять максимальное количество факторов, влияющих на их продуктивность. Травы 1 г.п. находятся в начальной фазе сукцессии - развитие травостоя направлено на накопление биомассы. Травы 3 г.п. приближаются к климаксному состоянию - происходит снижение продуктивности, структура агроценоза становится оптимальной для средней полосы России, наблюдается его адаптация к ландшафтнометеорологическим условиям.

С практической точки зрения для получения высоких и относительно устойчивых урожаев сена целесообразно размещать травостои в местах, где среднесуточная температура вегетационного периода не превышает 15,3°C.

#### Литература.

- 1. Благовещенский Г. В., Кутровский В. Н. Современные проблемы производства кормов из трав и их решения // Кормопроизводство. 2009. № 6. С. 8–12.
- 2. Петрова Л. И., Митрофанов Ю. И., Первушина Н. К. Эффективность размещения культур севооборотов на осушаемых землях в разных агроэкологических условиях // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. № 2. С. 19–22.
- 3. Адаптация технологии выращивания травостоев к агроландшафтным условиям / Д. А. Иванов, Н. Г. Ковалев, О. В. Карасева и др. // Кормопроизводство. 2017. № 8. С. 11–17.
- 4. Создание ландшафтного полигона нового поколения / Д. А. Иванов, Е. М. Корнеева, Р. А. Салихов и др. // Земледелие. 1999. № 6. С. 15–16.
- 5. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 268 с.

Results of Long-Term
Monitoring of Productivity
of Grass Stands of
Different Ages in the
Central Non-Black Soil
Zone

D. A. Ivanov, O. V. Karaseva, M. V. Rublyuk

All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, pos. Emmaus, 27, Kalininskii r-n, Tverskaya obl., 170530, Russian Federation

Abstract. This paper presents the data of the monitoring observations (2001-2017) over the productivity of grasses in an agroecological test area. The aim of the work was to determine the influence of the natural environment on the productivity of grassesand-legumes herbages of the 1st, 2nd and 3d years of use in order to develop methods of adaptive grass sowing. The object of the research is a strip 72 m at the width and 1300 m in the length, crossing all landscape positions of a moraine hill: depressions, slopes and the top, along which there were 7 fields of a grain-grass crop rotation, three of which were occupied by grass mixtures. Samples were taken at 30 points located at a distance of 40 m from one another, in which the following indicators were determined: hay yield(t/ha); soil moisture(volume %); humus content(%); pH(KCI); hydrolytic acidity(meq/ kg) P2O5 content (mg/kg); K2O content (mg/ kg); the degree of decomposition of linen (%); the share of legumes (%); the share of cereals (%); the proportion of motley grasses (%): the ratio of legumes and cereals (%): the hydrothermal coefficient; the sum of precipitation(mm); the average temperature(C); the sum of temperatures higher than 10 C. The data were processed by methods of descriptive statistics of Excel package and multiregression analysis of STATGRAPHICS Plus package. There was not reliable decrease in the hay yield with herbage aging. The productivity of grasses of the 2nd year of use was the least stable. Temporary fluctuations in the yield of all grasses were caused by the variability of the average daily temperatures of the growing season by 30.1% (the optimal temperature is less than 15.3 C). The share of cereals determines 49.5% of the variability in the grass yield of the 1st year of use; the phosphorus content in the soil determines 1.1% of the variability. The fluctuations in the agrocenosis parameters, the variability of soil fertility parameters and weather conditions of vegetation periods determine, respectively, 47.4, 25.2, and 22.1% of the variability in the grass yield of the 2nd years of use. There is no significant influence of the studied factors on the grass yield of the 3d years of use. To obtain high and relatively stable yields of hay, it can be recommended to place grasses in the least heated areas of the agricultural landscape.

**Keywords:** agro-landscape; grass stands; monitoring; hay yield; statistical analysis.

Author Details: D. A. Ivanov, D. Sc. (Agr.), corresponding member of the RAS, chief research fellow (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); O. V. Karaseva, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; M. V. Rublyuk, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow.

For citation: Ivanov D. A., Karaseva O. V., Rublyuk M. V. Results of Long-Term Monitoring of Productivity of Grass Stands of Different Ages in the Central Non-Black Soil Zone. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 39–41 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10711.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712 УДК 004.652:631.17

# Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий\*

И. Г. ПЫХТИН, доктор сельскохозяйственных наук А. В. ГОСТЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: gav33@list.ru)
Курский федеральный аграрный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, ул. Карла Маркса, 70 б, Курск, 305021, Российская Федерация

На сегодняшний день одно из основных актуальных направлений отечественного производства в целом и сельского хозяйства в частности - ресурсосбережение. Цель исследования – разработка структуры базы данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, принципиально нового решения, позволяющего более обоснованно и дифференцированно подходить к вопросу использования как отдельных ресурсосберегающих приемов, так и агротехнологий различного уровня интенсивности применительно к каждой группе сельскохозяйственных культур. При этом процесс ресурсосбережения необходимо реализовывать не только путем сокращения затрат материальных и энергетических ресурсов, но и с обязательным условием сохранения почвенного плодородия. На основе системного анализа и обобщения современной научной литературы, а также результатов собственных научных исследований обоснованы региональные условия эффективного применения ресурсосберегающих приемов и агротехнологий, способствующих рациональному использованию имеющихся ресурсов, разработана концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности, которая включает в себя три блока: исходные данные, нормативная и справочная информация, расчетные алгоритмы. Для наполнения перечисленных блоков обобщена и подготовлена нормативно-справочная информация по вопросу наиболее целесообразных факторов и условий применения ресурсосберегаюших агротехнологий и агроприемов, дана их описательная характеристика с обоснованием региональных условий эффективного применения в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур различного уровня интенсивности. Практическое использование результатов исследования в земледелии будет способствовать рациональному природопользованию и обеспечит возможности для длительного мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, а также производства необходимого количества и качества растениеводческой продукции для продовольственной безопасности Российской Федерации.

**Ключевые слова:** база данных, структура, модель, агротехнология, ресурсосбережение.

Для цитирования: Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий // Земледелие. 2018. № 7. С. 42–45. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712.

На сегодняшний день для дальнейшего развития отечественного земледелия необходим всесторонний анализ производственной деятельности с использованием информационных технологий. В свою очередь, в их основе должны лежать научно-методические подходы, позволяющие обоснованно и на высоком уровне проводить анализ поступающей информации и формировать специализированные базы данных (набор сведений, хранящихся некоторым упорядоченным способом) [1].

На современном этапе сельскохозяйственного производства актуальное направление исследований – обоснование целесообразности использования ресурсосберегающих агроприемов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. При этом важнейшие задачи – повышение урожайности выращиваемых культур, снижение прямых затрат и себестоимости продукции, повышение уровня рентабельности производства, сохранение почвенного плодородия. Наиболее важная роль в решении этих задач отводится необходимости выполнения всех технологических приёмов в направлении ресурсосбережения с учетом современных достижений науки и практики.

Ресурсосберегающие технологии – совокупность последовательных технологических операций, обеспечивающих производство продукции с минимальным потреблением каких-либо ресурсов (энергии, сырья, материалов и др.) для технологических целей [2].

При этом нужно чётко понимать, что подразумевается под ресурсосберегающими технологиями в земледелии, так как это довольно емкое и дискуссионное понятие, предусматривающее отказ от энергоемких способов обработки почвы, уменьшение числа проходов агрегатов по полю, снижение расхода дорогостоящих горюче-смазочных материалов, своевременные фитосанитарные мероприятия, дифференцированное применение удобрений и др. Многие годы в научных кругах ведутся дискуссии о целесообразности использования минимальных способов основной обработки почвы в ресурсосберегающих агротехнологиях, так как при их применении, например, взамен вспашки в большинстве случаев сельхозтоваропроизводителям приходится проводить дополнительную обработку посевов гербицидами [3, 4, 5, 6, 7, 8], а уменьшение числа проходов агрегатов по полю путем использования широкозахватных многофункциональных агрегатов, способствующих повышению производительности труда, не всегда оптимально с экономической точки зрения [9, 10]. Также вследствие потребностей ведущих пропашных культур в определенных экологических условиях произрастания, использование ресурсосберегающих способов основной обработки почвы приводит к снижению урожайности и ухудшению качества продукции [11, 12].

Приведенные факты свидетельствуют о необходимости разработки дифференцированного подхода к ресурсосбережению в рамках отдельных групп культур: для озимых и яровых зерновых, зернобобовых, крупяных, пропашных/технических, а также масличных.

Помимо дифференциации существующих агротехнологий по группам возделываемых культур, необходимо рассматривать приемлемость такого подхода и к технологиям разного уровня интенсивности: экстенсивным, базовым, интенсивным, высоким [13, 14].

Безусловно, экстенсивные технологии с точки зрения затрат материаль-

\*Работа выполнена в рамках задания 0630-2015-0004 «Создать базу данных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур различной интенсивности для устойчивого производства растениеводческой продукции» в соответствии с пунктом 142 «Фундаментальные основы создания систем земледелия и агротехнологий нового поколения с целью сохранения и воспроизводства почвенного плодородия, эффективного использования природно-ресурсного потенциала агроландшафтов и производства заданного количества и качества сельскохозяйственной продукции» направления Земледелие, раздела X – сельскохозяйственные науки Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 гг.

Земледелие № 7 2018

ных ресурсов – энергосберегающие, но так как они связаны с неизбежным снижением содержания гумуса и питательных веществ, то тем самым, не отвечают одному из главных условий ресурсосбережения – сохранению почвенного плодородия [15]. Поэтому они должны быть рекомендованы только в исключительных случаях, например, при производстве экологически безопасной продукции [16].

Сдругой стороны, освоение высоких технологий связано с применением современной техники с использованием средств глобального позиционирования, высокоэффективных гербицидов, больших доз удобрений, что делает их во многом зависимыми от цен на химические средства защиты, удобрения и сельхозтехнику, курса валют, и, следовательно, более нестабильными при экономическом планировании [17].

Таким образом, в современных условиях землепользования наиболее обоснованным решением для разработки стратегии производства продукции растениеводства может быть применение принципов ресурсосбережения в рамках агротехнологий базового и интенсивного типа. Естественно, различия между ними будут проявляться в разных уровнях интенсификации составляющих агроприемов (см. табл.).

Анализ современных научных публикаций [18] убедительно показывает, что процесс ресурсосбережения необходимо рассматривать комплексно, охватывая всю технологию возделывания культуры: начиная от под-

готовки почвы к посеву и заканчивая подработкой выращенной продукции и дальнейшим ее хранением. Поэтому в рамках ресурсосберегающих агротехнологий следует допускать и отдельные энергонасыщенные приемы, обеспечивающие не разовый сиюминутный эффект от внедрения, а устойчивый пролонгированный, рассчитанный в большей степени не на отдельную технологию, а на систему земледелия ресурсосберегающего направления в целом. Например, в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур не следует исключать применение органических удобрений и мелиорантов, при этом необходимо представлять, что они не относятся к ресурсосберегающим приемам, но их действие пролонгировано и, в конечном итоге, ведет к ресурсосбережению в рамках используемых севооборотов.

Поэтому среди ресурсосберегающих приемов современных агротехнологий следует выделить две группы:

способствующие сохранению почвенного плодородия и почвенных ресурсов;

уменьшающие затраты материальных и энергетических ресурсов.

В свою очередь, сохранение почвенного плодородия в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур должно решаться через воспроизводство гумуса в почве на уровне не ниже исходного, нивелирование процессов ее подкисления и создание благоприятных условий для поддер-

жания потенциального и повышения эффективного плодородия почв. К сожалению, в современных условиях хозяйствования, отчасти решается только проблема повышения эффективного плодородия путем внесения минеральных удобрений.

Вторая группа ресурсосберегающих приемов на практике реализуется следующим образом:

использование минимальных и нулевых способов основной обработки почвы:

совмещение нескольких агротехнологических приемов за один проход сельскохозяйственной техники с использованием комбинированных агрегатов;

освоение современных широкозахватных сельскохозяйственных орудий, повышающих производительность выполнения агроприемов;

выращивание современных высокоурожайных сортов и гибридов интенсивного типа;

использование современных высокоэффективных химических средств защиты растений и удобрений;

применение ресурсосберегающих приемов при уборке, транспортировке и хранении выращенной продукции;

улучшение организационных процессов.

Высказанные соображения делают процесс ресурсосбережения совершенно разноплановым для различных типов хозяйств и весьма сложным в методах его определения. Поэтому, на наш взгляд, база данных для ре-

Характеристика интенсификации отдельных технологических приемов в агротехнологиях базового и интенсивного типов

Тип агротех- нологии	Рекомендуе- мый севообо- рот	Обоснован- ные дозы применения удобрений	Целесообразные способы основной обработки почвы	Посев	Система защиты рас- тений	Используемая сель- скохозяйственная техника	Оплата труда
Базовый	Традиционные, рекомендуемые научным сообществом, состоящее из перечня целесообразных предшественников	Рекомен- дуемые дозы макроудобре- ний	Основа – отвальная обработка под пропашные и мелкие безотвальные комбинированными почвообрабатывающими орудиями под остальные группы культур	Традиционный посев (рядовой – для зерновых, широкорядный – для пропашных) с обязательной предпосевной обработкой почвы	Протравливание семян, однократное применение гербицидов, опрыскивание посевов фунгицидами и инсектицидами только в исключительных случаях	Основная часть (более 50 %) – традиционная техника с периодом эксплуатации не более 10 лет	На уровне средней по региону
Интенсив- ный	Адаптированные к рыночным условиям, допускающие помимо целесообразных предшественников допустимые	Рациональное применение удобрений по результатам почвенного обследования, учета внесенных удобрений под предшествующие культуры, использование органических, микроудобрений и биопрепаратов	Широкий спектр допустимых способов основной обработки почвы: от глубоких дисковыми глубокорыхлителями при возделывании пропашных культур до поверхностных и даже нулевых под зерновые	Традиционный посев (рядовой – для зерновых, широкорядный – для пропашных) совместно с предпосевной обработкой почвы, возможность прямого посева	Протравливание семян, не менее одного раза применение баковых смесей (гербицид + фунгицид), а также инсектицидов, возможность использования регуляторов роста и десикантов	Основная часть (более 50 %) – современная энергонасыщенная высокопроизводительная сельскохозяйственная техника с периодом эксплуатации не более 5 лет	На уровне 1,52,0 средних по региону



**Рисунок.** Концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий.

сурсосбережения, способствующего сохранению почвенного плодородия, должна включать агротехнические мероприятия, направленные на повышение плодородия почв; пополнение органического вещества в почве; поддержание оптимальной кислотности почв.

Вторая группа ресурсосберегающих приемов для разрабатываемой базы данных должна опираться на основные технологические приемы, уменьшающие затраты материальных и энергетических ресурсов:

энергоэффективные способы основной обработки почвы;

оптимизация системы применения удобрений;

интегрированная система защиты посевов от сорняков, болезней и вредителей.

Естественно, в идеале, применение ресурсосберегающих технологий должно способствовать и сохранению почвенного плодородия, и снижению производственных затрат, но, как показывает практика, это мало достижимо и может быть воплощено в жизнь только через комплекс мероприятий, выходящих за пределы одной агротехнологии. Поэтому при разработке и формировании концептуальной модели структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий мы опирались на вторую группу ресурсосберегающих агроприемов. Процесс создания включал следующие этапы:

системный анализ и исследование предметной области – отечественных и зарубежных научных публикаций, собственных наработок по изучению наиболее целесообразных факторов и условий применения ресурсосберегающих технологий, определению взаимосвязей между ними;

проектирование базы данных – разработку ее структуры, определение перечня показателей для формирования блока исходных данных, а также

блока справочной и нормативной информации.

В результате проведенной работы была создана концептуальная модель построения структуры базы данных ресурсосберегающих агротехнологий (см. рисунок).

Отсутствие в такой модели отдельного блока мер по сохранению или повышению плодородия почвы объясняется тем, что эти задачи решаются не только повышением содержания гумуса, но и созданием комфортных почвенно-микроклиматических условий (например, химической и водной мелиорацией) путем использования высокозатратных агроприемов: внесения навоза, известкования, посева сидеральных культур, орошения. Включение их в агротехнологию может свести к минимуму весь эффект от ресурсосберегающих агроприемов, ориентированных на снижение потребляемых ресурсов. Поэтому вопросы сохранения и повышения плодородия почвы при реализации ресурсосберегающих агротехнологий необходимо решать в рамках научно-обоснованных адаптивно-ландшафтных систем земледелия, способствующих как сохранению и накоплению почвенного плодородия, так и уменьшению затрат материальных и энергетических ресурсов.

Таким образом, в результате проведенных исследований создана концептуальная модель построения структуры базы данных, применение которой позволит более обоснованно и дифференцированно подходить к вопросу использования, как отдельных ресурсосберегающих приемов, так и ресурсосберегающих агротехнологий. Дальнейшая работа по насыщению функциональных блоков сформированной структуры базы данных будет способствовать более целесообразному подбору ресурсосберегающих агроприемов и агротехнологий возделыва-

ния выбранных сельскохозяйственных культур исходя из разработанных региональных условий их эффективного применения.

#### Литература.

- 1. Хомоненко А. Д. СММІ модель зрелости процессов разработки программного обеспечения защиты от НСД // Защита информации. 2009. № 2 (26). С. 52–58.
- 2. Протасов В. Ф, Матвеев А. С. Экология: Термины и понятия. Стандарты, сертификация. Нормативы и показатели: учеб. и справочное пособие. М.: Финансы и статистика, 2001. 208 с.
- 3. Спиридонов Ю. Я., Соколов М. С., Босак Г. С. Оптимизированная технология производства озимой пшеницы в Центральном Нечерноземье РФ // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 27–30.
- 4. Резервы повышения урожайности яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири / В. Н. Шоба, В. К. Каличкин, С. А. Ким и др. // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 6. С. 31–33.
- 5. Власенко А. Н., Власенко Н. Г. Влияние технологии No-till на содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2017. № 3. С. 17–19.
- 6. Казаков Г.И., Корчагин В. А. Почвозащитная обработка почвы в среднем Поволжье // Земледелие. 2009. № 1. С. 26–27.
- 7. Экономическая и энергетическая оценка мелкой обработки выщелоченного чернозема под ранние зерновые культуры / С. Н. Немцев, В. И. Каргин, Р. А. Захаркина и др. // Доклады РАСХН. 2009. № 4. С. 38–41.
- 8. Пыхтин И. Г. Обработка почвы: действительность и мифы. Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 2015. 158 с.
- 9. Носов Г. И., Крюков И. В. Современные ресурсосберегающие технологии важный фактор устойчивого роста АПК // Земледелие. 2005. № 3. С. 14–16.
- 10. Власенко Н. Г., Коротких Н. А. Плюсы и минусы агротехнического метода защиты растений // Защита и карантин растений. 2012. № 2. С. 16–19.
- 11. Самыкин В. Н., Соловиченко В. Д., Потрясаев А. А. Экономическая эффективность возделывания кукурузы на зерно в Белгородской области // Земледелие. 2009. № 3. С. 34–35.
- 12. Тугуз Р. К., Мамсиров Н. И., Саниев Ю. А. Влияние способов обработки почвы на агрофизические свойства смытых черноземов // Земледелие. 2010. № 8. С. 23–25.
- 13. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. М.: КолосС, 2010. 688 с.
- 14. Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. М.: Информагротех, 1999. 515 с.
- 15. Кирюшин В. И. Точные агротехнологии как высшая форма интенсификации адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2004. № 6. С. 18–22.
- 16. Регистр технологий возделывания зерновых культур для Центрального Черноземья / Г. Н. Черкасов, И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев и др. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013. 249 с.
- 17. Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Современные проблемы применения различных систем и способов основной обработки

почвы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 1. С. 3–6.

18. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / А. В. Гостев, И. Г. Пыхтин, Н. Б. Нитченко и др. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ, 2016. 87 с.

#### Conceptual Model of Designing the Database Structure for Agricultural Resource-Saving Technologies

I. G. Pykhtin, A. V. Gostev

Kursk Federal Agrarian Scientific Center, All-Russian Research Institute of Farming and Soil Protection from Erosion, ul. Karla Marksa, 70 b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. To date, resource saving is one of the main topical trends in domestic production in general and agriculture in particular. The aim of the research was the development of the database structure of resource-saving technologies of crops cultivation, which is a fundamentally new solution that allows a more reasonable and differentiated approach to the use of both individual resource-saving techniques and agricultural technologies of different intensity for each group of crops. The process of resource saving should be implemented not only by reducing the cost of material and energy resources but also with the obligatory condition of soil fertility preservation. On the basis of the system analysis and generalization of modern scientific data published, as well as the results of our own research, regional conditions for the effective use of resource-saving techniques and agricultural technologies that promote the rational use of available resources were justified. A conceptual model was developed for designing a database structure for resource-saving technologies for growing crops of different intensity, which includes three blocks: initial data, regulatory and reference information, computational algorithms. To fill the listed blocks we summarized and developed the regulatory and reference information on the issue of the most appropriate factors and conditions for the use of resource-saving agricultural technologies and agricultural practices. Their descriptive characteristic was given with the substantiation of the regional conditions for their effective use in technologies of crop cultivation of different intensity levels. Practical use of the results of the research in agriculture will contribute to the rational use of natural resources and will provide opportunities for long-term monitoring and forecasting of the environment state, as well as the production of the required quantity and quality of crop products for food security of the Russian Federation.

**Keywords:** database; structure; model; agricultural technology; resource saving.

**Author Details:** <u>[I. G. Pykhtin]</u>, D. Sc.(Agr.); A. V. Gostev, Cand. Sc.(Agr.), leading research fellow (e-mail: gav33@list.ru).

For citation: Pykhtin I. G., Gostev A. V. Conceptual Model of Designing the Database Structure for Agricultural Resource-Saving Technologies. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 42–45 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10712.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10713 УДК 631.4

## Применение геоинформационных систем при инвентаризации многолетних насаждений и в точном земледелии

И. Г. КОСТИН, зав. лабораторией (e-mail:

Hacker-100788@yandex.ru)

Центр агрохимической службы «Белгородский», ул. Щорса, 8, Белгород, 308027, Российская Федерация

Цель исследований - доработать и применить веб-сервис ГИС Агроэколог Онлайн для инвентаризации многолетних насаждений и построения сводных отчётов, а также алаптировать его лля использования в точном земледелии с целью построения тематических карт по элементарным участкам и выявления проблемных зон. В работе использовали программные средства MS Visual Studio 2015 и SQL Management Studio. При разработке применяли языки программирования C#, HTML, JavaScript, SQL. Данными для разработки и примеров наполнения базы данных послужили: информация по инвентаризации, собранная при проверке садов на территории Белгородской области в 2017-2018 гг.; формы инвентаризации, разработанные Департаментом растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации; контура участков, отвекторизованные по космическим снимкам. Для адаптации к требованиям точного земледелия использовали контура элементарных участков, подготовленные специалистами ФГБУ «ЦАС «Белгородский», и результаты агрохимического обследования в разрезе элементарных участков. По данным инвентаризации многолетних насаждений, внесённых в базу данных, сформирован отчёт по многолетним насаждениям, расположенным на территории Белгородской области, в котором перечислены культуры и их сорта, а также указаны площади. По плошадям видно, что новых садов с 2006 по 2018 гг. заложено около 2559 га, из них 1036 га находятся в плодоносящем возрасте, а 1523 га садов ещё не вступили в период плодоношения. По загруженным в ГИС картограммам содержания агрохимических элементов в почвах колхоза «Знамя труда» Ракитянского района можно определить места их концентрации и дефицита, что открывает возможности для их дифференцированного внесения и сокращения затрат. Улучшенную ГИС Агроэколог Онлайн можно использовать для инвентаризации многолетних насаждений и в точном земледелии на всей территории России.

**Ключевые слова:** агрохимическая служба, сельское хозяйство, точное зем-

леделие, геоинформационная система, мониторинг, почва, инвентаризация многолетних насаждений.

Для цитирования: Костин И. Г. Применение геоинформационных систем при инвентаризации многолетних насаждений и в точном земледелии // Земледелие. 2018. № 7. С. 45–48. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10713.

На сегодняшний день в сельском хозяйстве используют множество географических информационных систем (ГИС), которые позволяют отслеживать динамику изменения характеристик рабочего участка, хранить историю полей и отслеживать изменения различных показателей [1, 2, 3].

Многие решения, принимаемые во время выращивания сельскохозяйственных культур, основываются на учете урожайности. Данные об урожайности той или иной культуры на конкретном поле позволяют товаропроизводителю предпринимать более правильные и обоснованные действия при выборе доз удобрений, делать выводы о том, насколько эффективно производство [4]. Если объединить сведения о структуре посевных площадей и урожайности с другими данными, например, картой крутизны склонов или картой эрозии почв, то можно определить проблемные зоны и причины их появления, а также оперативно найти способы устранения недостатков. Таким образом, ГИС позволяют землевладельцам сократить время и расходы по уходу за посевами и насаждениями, а также добиваться повышения урожайности.

Так как большинство ГИС разрабатывают сторонние организации, никак не связанные с сельским хозяйством, то периодически возникают такие трудности, как поиск источника получения данных и отсутствие понимания, что с этими данными делать. В результате этого многие ГИС либо не используют вообще, либо их использует узкий круг наиболее подготовленных специалистов. Ещё одна крупная проблема – нежелание или невозможность разработчиков постоянно контактировать с пользователями ГИС и осуществлять доработку функционала, необходимого для продуктивной работы.

Применение ГИС-технологий формирует информационную основу для ландшафтно-экологического анализа территории. Их использование при агроэкологической типизации земель позволяет значительно сократить время на проведение оценки, а также получать пространственную информацию об агроландшафтах и количественно оценивать распределение данных в пределах рабочих участков [5, 6]. Поэтому в ФГБУ «ЦАС «Белгородский» разработана и освоена геоинформационная система под названием «ГИС Агроэколог Онлайн», которая обеспечивает доступ к базе данных о плодородии почв каждого рабочего участка через сайт http:// www.agrochim31.ru. Использование этого ресурса дает возможность пользователям системы всегда иметь удобный доступ к базе данных агрохимической службы, в которой отражены актуальные результаты мониторинга плодородия почвы [7, 8, 9]. Пользователи могут просматривать тематические картограммы, отражающие обеспеченность почв подвижными формами макро- и микроэлементов, органическим веществом и др., которые строятся динамически по материалам из базы данных.

Есть возможность вести электронную книгу истории полей, с использованием современых методик рассчитывать дозы удобрений, следить за движением транспорта в реальном времени и просматривать GPS-треки, формировать различные отчеты [10]. Основные достоинства этой ГИС – постоянное обновление агрохимических данных и огромный функционал, который интенсивно дорабатывается и улучшается.

Цель исследований – доработать и применить веб-сервис ГИС Агроэколог Онлайн при инвентаризации многолетних насаждений для удобного представления данных в виде сводных

отчётов, которые позволят увидеть урожайность по садам на определённой территории и сделать соответствующие выводы. Также адаптировать этот сервис для возможности использования в точном земледелии с целью построения тематических карт по элементарным участкам и выявления проблемных зон.

Для разработки функционала по инвентаризации многолетних плодовоягодных насаждений использовали примеры данных, собранных при проверке садов; формы инвентаризации многолетних насаждений, разработанные Департаментом растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации; контура участков многолетних плодово-ягодных насаждений, отвекторизованные по космическим снимкам.

Создание функционала для точного земледелия осуществляли на основе отвекторизованных контуров элементарных участков; данных ФГБУ «ЦАС «Белгородский» по агрохимическому обследованию рабочих участков в разрезе элементарных участков; примеров заполнения книги истории полей как по участкам, так и по элементарным участкам.

В качестве языковых средств программирования для разработки серверной части и получения информации из базы данных использовали С#; для написания клиентской части и фрагментов пользовательского интерфейса – JavaScript; в качестве основной разметки веб-страниц и интерфейса – HTML; для создания таблиц, запросов, представлений и работы с базой данных – язык программирования баз данных SQL.

Основная среда разработки серверного и пользовательского функционала, отчётов – MS Visual Studio 2015; среда программирования баз данных на языке SQL – SQL Management Studio. Также использовали бесплат-

ную библиотеку для работы с картографическими и векторными данными OpenLayers, бесплатные библиотеки для написания клиентского функционала и части интерфейса – JQuery и JQuery UI.

Используя средства разработки, языки программирования и полученные данные необходимо обобщить и структурировать всю информацию для наглядного представления и дальнейшей обработки. На первом этапе разрабатывали необходимую структуру в базе данных и набор функций для взаимодействия с данными. Далее осуществляли написание серверного функционала для обработки пользовательских запросов на сервере и передачи результатов обратно клиенту, а также разрабатывали формы для вывода отчётов. Параллельно с серверной частью разрабатывали клиентский функционал и интерфейс для удобного представления данных и взаимодействия с пользователями. После всего наполняли базу данных тестовыми данными и тестирование веб-приложения, по результатам которого получали готовое решение со сводными отчётами и картограммами.

Для применения ГИС Агроэколог Онлайн в точном земледелии был разработан функционал, позволяющий вести книгу истории полей и строить картограммы в разрезе элементарных участков.

Теперь пользователи системы могут видеть не только общие картограммы по рабочим участкам, но и более подробно просматривать их по элементарным участкам, что позволяет выявить проблемные территории (рис. 1). На основании информации, полученной при внесении удобрений или защите от сорняков, можно будет обрабатывать только проблемные зоны, не затрагивая всю площадь участка, что в свою очередь сократит расходы и улучшит продуктивность. Заполнять книгу истории полей мож-

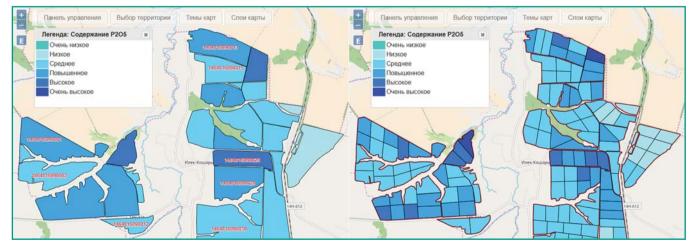


Рис. 1. Картограммы подвижного фосфора по участкам и элементарным участкам.

Многол	етние насаждения				ж	Инвентаризация многолетни	х насаждений		1
Област	ь Белгородская	1304102.1	7 3014.8	8	^	Основные данные Инвентари	изация многолетних	насаждений	
Район	Алексеевский	99765.54	4				-		
	ИП Глава КФХ Лесогор Р.В.	4	4	2017 Показать			Год 2018	~	
Район	Белгородский	29974.83	52.5			Основные характеристики	Ілощади многолетн	их насаждений	
	ИП Глава К(Ф)Х Заярный Ю.В.	10	10	2017 Показать					
	ИП Глава К(Ф)Х Лавренов С.С.	10	10	2017 Показать		Культура	Яблоня		~
	ИП Глава К(Ф)Х Тараканов С.В.	10	10	2017 Показать		Сорт	Женева		~
	ИП Глава КФХ Тавокин С.В.	22.5	22.5	2017 Показать		Дата проведения			
Район	Борисовский	19968.16	153.38			инвентаризации	11.06.2018		
	ОГАУЗ "Санаторий Красиво"	340.3	33.8	2017 Показать		Год посадки	2009		
	ООО "Сады в залесье-оригинал"	135.6	119.58	2017 Показать		Год вступления в			
Район	Валуйский	61643.35	14			плодоношение	2014		
	ЗАО "Агросадоводческое"	113	6.5	2015 Показать		Год вступления в товарное	2014		
	ИП Полухин В.И.	7.5	7.5	2015 Показать		плодоношение	2014		
Район	Вейделевский	78764.78	556			Подвой (тип, наименование)	54-118		
	ООО "Вейделевские Сады"	556	556	2017 Показать		Схема посадки	5x2	Изреженность, %	3
Район	Волоконовский	103352	20			Схема посадки	JAZ		3
	ИП Созыкин В.И.	20	20	2017 Показать		Урожайность, ц/га		Валовое пр-во, тонн	311
Район	Грайворонский	55583.2	25.8			⊠Интенсивный		TONH	
	ООО "Цветущий сад"	25.8	25.8	2017 Показать		□Наличие шпалеры			
Район	Губкинский	83921.57	739.5			☐ Наличие шпалеры ☐ Наличие капельного ороше			
	АО "Чуевские сады"	1092.2	739.5	2017 Показать		Security and the second of the	***		
Район	Корочанский	59072.4	667.7			Фитосанитарное состояние	Хорошее		
	ООО "Агрохолдинг Корочанский"	10066	22	2017 Показать					
	ЗАО "Корочанский плодопитомник"	633.7	633.7	2017 Показать				Сохрани	ть Закрыть
	ИП Глава К(Ф)Х Мамонтов А.В.	12	12	2017 Показать					

Рис. 2. Реестр и книга инвентаризации многолетних насаждений.

но по отдельным элементарным участкам, что в дальнейшем, после доработки функционала, позволит строить картограммы по структуре посевных площадей более подробно. Планируется добавление отчётов по элементарным участкам.

В марте 2017 г. Департаментом растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации бала организована работа по актуализации результатов инвентаризации многолетних насаждений плодовых и ягодных культур, проведенной в субъектах РФ. Выполнение этой работы было возложено на органы управления АПК субъектов РФ совместно с подведомственными министерству филиалами ФГБУ «Россельхозцентр», ФГБУ «Госсорткомиссия», а также центрами и станциями агрохимической службы. Это имеет большое значение для развития интенсивного плодоводства в стране и применения инновационных технологий в этой сфере сельскохозяйственной деятельности [11]. В связи с изложенным в 2018 г. в ГИС Агроэколог Онлайн был разработан функционал по инвентаризации многолетних насаждений, в том числе, например, реестр и книга инвентаризации многолетних насаждений (рис. 2), а также отчёты по ним.

Такой функционал позволяет вносить всю необходимою информацию по инвентаризации, например, год проведения, культура, сорт, год посадки, год вступления в плодоношение, год вступления в товарное плодоношение, подвой, схема посадки, урожайность, изреженность, валовое производство, наличие шпалеры, интенсивность, наличие капельного орошение и фитосанитар-

ное состояние. На вкладке «Площади многолетних насаждений» можно задать площади по возрасту культуры (в плодоносящем возрасте, не вступили в период плодоношения, вышли из оборота, раскорчёваны, питомники/маточники) и указать наличие господдержки. В справочниках базы данных содержатся все основные культуры и их сорта, а также группы культур по виду, что позволяет быстро заполнять почти все данные из выпадающих списков и в дальнейшем построить отчёт (рис. 3).

Формы сводных отчётов по инвентаризации многолетних насаждений были разработаны Департаментом растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации с корректировкой сотрудниками ФГБУ «ЦАС «Белгород-

ский». Совместно с функционалом по отображению и работы с элементарными участками есть возможность заполнения инвентаризации многолетних насаждений по элементарным участкам. Это актуально в тех случаях, когда на одном рабочем участке посажено несколько разных сортов или культур.

Кроме нового функционала в ГИС Агроэколог Онлайн пользователям доступны все ранее существовавшие функции и отчёты. После входа в систему можно выбирать область, район и организацию для просмотра картограмм и отчётов, а также внесения данных в книгу истории полей. Далее возможно просмотреть все тематические картограммы с результатами агрохимического и почвенно-эрозионного обследования. Важная картограмм – карта

	-											ернод с 2006		
	-	кт Россий								ье	пгородская			
	Дат	а проведе	ния инв	ентариз	ации						2018 - 2018			
			8				900			п	TORDATA TAKTAZIKE MEO	голетних насаждений, г	a	
		Vancamendi	Ment				2000	ondre			Во	ero		
Накменование кохийства, адрес	Руководитель хоз-ва, ФИО,	номер участка (по классифи- капии	участка по докум хозийства	Культура(в том числе	Сорт	посадки	x 3 m303	иск в то	088	23 20	их площади мн. насаж из	дений по состоянию на пентаризация, га	дату проведен	ж
accounting super	моб. телефон	Агрохим- спужбы)	ACTICAL	secrence)		To To	126836	Год вступления в товарное плодоношение	экложено	площаль	плошадь насажлений не	площадь вышедшая	163 H30X:	площаз
			Hosep yw				Год вступления в плодовош		BORTO	насаждений в плодоносищем возрасте	вступивших в период плодоношения	из оборота (в том числе старые насаждения)	раскорче вано	ENTROPES MATORIS
1	2	3 4 5 6 7 8 9							10	11	12	13	14	15
		Итого по субъекту РФ (сумма строк "Итого по хозяйству")								1036,1	1522,94			
		Итеге по культ	уре: Малина						5	5				
ЗАО "Агросадов одческое"		4160007	3	Малина	Голф рид	2014	2015	2015	5	5				
		Итого по хозяй	ству заложен	о миоголети	их наскж	дений за	2006 - 20	16 rr.:	5	5				
		Итого по культ	уре: Черешн	и					52,1	30,1	22			
ЗАО "Корочански й плодопитом ник"		10180044	14	Черешн я	Юлия	2011	2015	2015	10,1	10,1				
		Итого по хозяй	ству заложен	о миоголети	их насаж	дений за	2006 - 20	16 rr.:	10,1	10,1				
000		5010070	33	Черешн я	Юлия	2015	2019	2019	5		5			
"Вейделевс кие Сады"		5010043	12	Черешн я	Юлия	2015	2019	2019	5	5				
		5010048	11	Черешн	Юлия	2015	2019	2019	15	15				

**Рис. 3.** Пример инвентаризационной формы 1.

проекта адаптивно-ландшафтной системы земледелия (АЛСЗ), на которой стрелочками обозначены направления обработки участков, есть подписи севооборотов, отображены лесополосы, водные объекты с водоохранной зоной, места залужения и вывода пашни из севооборота. Почти все объекты на карте АЛСЗ интерактивны и содержат информацию о себе во всплывающем окне. Есть возможность менять подложку картограммы и отображать кадастровую карту. Также есть информация по животноводческим комплексам и протоколам испытания органических удобрений. Присутствует функционал по расчёту доз минеральных удобрений, который учитывает не только культуру, но и агрохимические характеристики в почве. Небольшими дополнениями служат измерительный функционал, позволяющий определять расстояния и площади, а также возможность мониторинга передвижения транспортных средств через GPS.

Концепция геоинформационных систем позволяет проводить покомпонентный анализ территории, интегрировать показатели природного, социального и экономического характера. Территориальная привязка к природным объектам (почвам, рабочим участкам) и объектам административного деления (район, хозяйство) даёт пользователю возможность осуществлять имитационное моделирование совокупности разнородных данных [12]. Объединяя в себе множество функций и храня в базе данных огромное количество информации ГИС Агроэколог Онлайн предоставляет огромные возможности для анализа данных и последующего обоснованного принятия решений на их основе как для землепользователей, так и для уполномоченных сотрудников Министерства сельского хозяйства РФ.

Таким образом, в результате проделанной работы на основе данных, полученных при инвентаризации многолетних насаждений, данных агрохимического обследования участков и отвекторизованных контуров участков, полученных от ФГБУ «ЦАС «Белгородский», с использованием форм инвентаризации, разработанных Департаментом растениеводства, механизации, химизации и защиты растений Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, разработан и внедрён функционал по инвентаризации многолетних плодово-ягодных насаждений, а также функционал для использования ГИС Агроэкоглог Онлайн в точном земледелии.

Нововведённые функции позволяют землевладельцам сократить

время и расходы по уходу за сельскохозяйственными культурами и плодово-ягодными насаждениями, добиться повышения урожайности, а сотрудникам Министерства сельского хозяйства, Россельхозцентра, Госсорткомиссии и Агрохимслужбам строить и просматривать отчёты для оперативного получения информации и контроля исполнения обязанностей землепользователями.

#### Литература.

- 1. Васильев П. В., Петин А. Н., Яницкий Е. Б. Геоинформатика в недропользовании. Белгород: изд-во БелГУ, 2008. 232 с.
- 2. Каличкин В.К. Геоинформационное моделирование в изучении трансформации и использования земель сельскохозяйственного назначения //Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 70-72.
- 3. Выявление динамики почвенного покрова в условиях внутривековой климатической изменчивости юга лесостепи среднерусской возвышенности с использованием геоинформационных систем Л.Г. Смирнова, А.Г. Нарожняя, Н.С. Кухарук и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 12-16.
- 4. Личман Г. И., Беленков А. И. Мониторинг урожайности сельскохозяйственных культур в точном земледелии // Нивы Зауралья. 2014. № 11 (122). С. 64–69.
- 5. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивноландшафтных систем земледелия / Л. Г. Смирнова, А. Г. Нарожняя, Ю. Л. Кривоконь и др. // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 11. С. 11–14.
- 6. Система показателей агроэкологической оценки эродированных черноземов / Н.П. Масютенко, Г.П. Глазунов, А.В. Кузнецов и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 11. С. 7-11.
- 7. Лукин С.В., Четверикова Н.С. Мониторинг плодородия пахотных почв лесостепной зоны Центрально-Черноземного района // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2010. № 1. С. 71–73.
- 8. Лукин С. В. Динамика основных агрохимических показателей плодородия почв Центрально-Черноземных областей России // Агрохимия. 2011. № 6. С. 11–18.
- 9. Лукин С. В. Мониторинг содержания микроэлементов Zn, Cu, Mo, Co, Pb, Cd, As, Hg в пахотных черноземах юго-запада Центрально-Черноземной зоны // Агрохимия. 2012. № 11. С. 52–59.
- 10. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно-ландшафтного земледелия: инструктивно-методическое издание / под ред. А. Л. Иванова. М.: Росинформагротех, 2010. 464 с.
- 11. Об инвентаризации многолетних насаждений плодовых и ягодных культур // ФГБУ «Российский сельскохозяйственный центр». URL: https://rosselhoscenter.com/index.php/regions/central/875-moskva/novosti/12330-obinventarizatsii-mnogoletnikh-nasazhdenij-plodovykh-i-yagodnykh-kultur (дата обращения: 20.10.2018).

12. Каличкин В. К., Павлова А. И. Система поддержки принятия решений по рациональному использованию земельных ресурсов хозяйства на основе ГИС // Достижения науки и техники АПК. 2009. № 6. С. 13–15.

#### Application of Geoinformation Systems in Inventory of Perennial Plantations and in Precise Agriculture

#### I. G. Kostin

Center of Agrochemical Service "Belgorodsky", ul. Shchorsa, 8, Belgorod, 308027, Russian Federation

Abstract. The purpose of the research was to elaborate and apply web service GIS Agroecolog Online in the inventory of perennial plantations and construction of summary reports, as well as to adapt the service for the use in precise farming in order to construct thematic maps for elementary plots and to identify problem areas. Software tools MS Visual Studio 2015 and SQL Management Studio were used in the work. The development used the following programming languages: C#, HTML, JavaScript, SQL. The data for the development and examples of filling the database were the following: information on the gardens inventory in Belgorod region in 2017-2018; inventory forms developed by the Department of Crop Production, Mechanization, Chemicalization and Plant Protection of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation; contour plots, vectorized from satellite images. For precision farming, the contours of the elementary plots prepared by the specialists of the Center of Agrochemical Service "Belgorodsky" and the data of the agrochemical survey in the context of the elementary plots were used. According to the inventory of perennial plantations, included in the database, a report on perennial plantations, located in the territory of Belgorod region, which lists the crops and their varieties, as well as the areas, was generated. According to the areas, it was clear that from 2006 to 2018 about 2,559 hectares were planted; gardens on 1,036 hectares were in fertile age, and gardens on 1,523 hectares did not start the fruiting period. Using the maps of the content of agrochemical elements in the soils of the Znamva Truda collective farm, Rakityansky district, loaded in the GIS, it was possible to determine the places of their accumulation and deficiency, which opened up opportunities for their differentiated application and cost reduction. Improved GIS Agroecolog Online can be used for the inventory of perennial plantations and in precise agriculture throughout Russia.

**Keywords:** agrochemical service; agriculture; precise farming; geo-information system; monitoring; soil; inventory of perennial plantations.

**Author Details:** I. G. Kostin, head of laboratory (e-mail: Hacker-100788@yandex.ru).

For citation: Kostin I. G. Application of Geoinformation Systems in Inventory of Perennial Plantations and in Precise Agriculture. Zemledelije. 2018. No. 7. Pp. 45–48 (in Russ.). DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10713.





#### АО Фирма «Август»

Центральный офис в Москве 129515, г. Москва, ул. Цандера, д. 6 Тел.: (495) 787-08-00 Факс: (495) 787-08-20



инновационные

Трехкомпонентный протравитель семян зерновых культур для защиты от широкого комплекса патогенов

Обеспечивает усиленную и длительную защиту растений от корневых и прикорневых гнилей даже при высоком инфекционном фоне. Высокоэффективен против почвенной, семенной и ранней аэрогенной инфекции. Выпускается в улучшенной препаративной форме с контролируемым размером частиц и специально подобранными полимерными добавками. Содержит запатентованную смесь трех действующих веществ, разработанную с учетом спектра наиболее распространенных заболеваний зерновых культур.





# ISSN 0044-3913. Земледелие. 2018. № 7.1 - 48. Индекс 70329

## АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

## АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР — научно -исследовательская

научно -исследовательская организация, занимающаяся исследованиями в области пестицидов и агрохимикатов. Центр оснащен современным оборудованием, имеет коллектив из специалистов высокой квалификации, располагает опорными пунктами во всех почвенно-климатических зонах РФ.

Организация включена в перечень предприятий, допущенных к государственным регистрационным испытаниям пестицидов и агрохимикатов.





#### НАШИ ВОЗМОЖНОСТИ

- РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ПРОГРАММ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.
- ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРТНЫХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.
- **АНАЛИЗ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ.**

- ПРОВЕДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.
- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЯХ И УРОЖАЕ.
- **ВЫПУСК СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ** ПЕСТИЦИДОВ.