

УДК 330.341

*Л. К. Коновалова, В. В. Окорков, Р. Д. Петросян*

ФГБНУ «Верхневолжский Федеральный аграрный научный центр», Суздаль,

e-mail: mail@vnish.org

## **РОЛЬ ФАКТОРА «СЕВООБОРОТ» В УПРАВЛЕНИИ ПЛОДОРОДИЕМ И ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ПОЧВ**

**Ключевые слова:** адаптивно-ландшафтное земледелие, севооборот, управление, почвенное плодородие + продуктивность + экология, синергия, удобрение, обработка почвы, производственно-экономическая оценка.

В статье (шифр научной специальности 08.00.05) рассмотрены вопросы о роли фактора «севооборот» в экологическом земледелии, его месте в единой системе управления плодородием и продуктивностью почв, взаимосвязи с другими факторами и «местными» условиями, а также о производственно-экономической эффективности севооборотов различных видов в условиях серых лесных почв Владимирского ополья. В результате проведенного исследования, в теоретическом его ключе, построена комплексная логическая схема управления триединой категорией «плодородие + продуктивность + экология», выявлены значительная роль севооборота в экологическом земледелии, усиление с его помощью влияния других факторов производства на урожайность сельскохозяйственных культур (явление синергии). Проведение экономической оценки севооборотов различных видов позволило сделать следующие основные выводы:

1) о преимущественной производственно-экономической эффективности зернотравяно-парового (с занятым паром) и зернотравяно-пропашного (с картофелем) севооборотов по сравнению со специализированным зерновым севооборотом, а также с зернотравяно-паровым севооборотом, включающим чистый пар;

2) о незначительном снижении технологических затрат на единицу произведенной продукции в зернотравяно-паровом севообороте (примерно на 4%) при замене традиционной отвальной обработки на противозероэрозийную.

*L. K. Konovalov, V. V. Okorkov, R. D. Petrosyan*

Upper Volga Federal agrarian scientific center, Suzdal, e-mail: mail@vnish.org

## **THE ROLE OF FACTOR “CROP ROTATION” AT SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY MANAGEMENT**

**Keywords:** adaptive landscape agriculture, crop rotation, management, soil fertility + productivity + ecology, synergic phenomenon, fertilizer, soil processing, production and economical estimation.

In the article issues about role factor “crop rotation” at ecological agriculture had described. They concern of the place crop rotation in united system of soil fertility and productivity management, relationships with others factors and local conditions, as well as the production and economical efficiency of different kinds crop rotation at the conditions of grey forest soils at Vladimir opolye. As a result of made investigation, by theoretical key, complex logical scheme of management of triun category “soil fertility + productivity + ecology” had constructed. The signification role of crop rotation at ecological agriculture and the strengthening with it’s help of influence of others production factor on crop capacity (synergic phenomenon) had identified. The implement of economical estimation of different kind crop rotations had assisted to formulate next major summary positions:

1) about more high production and economical efficiency of grain grass-fallow crop rotation (with busy fallow) and grain grass-tilled crop rotation (with potato) in comparison with specialize grain crop rotation, as well as with grain grass-fallow crop rotation, including pure fallow;

2) about the insignificant reducing of technological expenses on unit product in grain grass-fallows crop rotation (around 4%) at replacement traditional moldboard plowing to antierosion soil processing.

### **Введение**

Согласно мнению ученых-аграрников севооборот по своей природе является одновременно и важнейшим условием интенсификации земледелия [1] и своеобразным противовесом по отношению к ее последствиям [2]. Только в системе севооборотов возможна организация внедрения интенсивных технологий на основе безопасных и эф-

фективных способов обработки почвы, формирования интегрированной системы защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, системы семеноводства сельскохозяйственных культур, рациональной системы использования органических и минеральных удобрений. То есть севооборот является важнейшим элементом сохранения устойчивости и стабильности биосистемы в целом [3].

Разработка системы севооборотов в сельхозорганизации может быть осуществлена коллективом специалистов: агроном, инженер, экономист. При этом следует понимать, что подход к построению системы севооборотов эпохи «развитого социализма», главным образом, был направлен на увеличение урожайности сельскохозяйственных культур любой ценой на основе повышенных доз средств химизации, без серьезного учета экономических и экологических последствий.

В настоящее время требуется принципиально другой – ландшафтный подход к разработке системы севооборотов. Это связано с тем, что за годы радикальных экономических реформ в определенной степени нарушилось экологическое равновесие агроценозов, снизилось содержание органического вещества в почве, значительная доля земель сельскохозяйственного назначения выведена из оборота. При новом подходе севооборот становится фактором триединой категории «плодородие + продуктивность + экология», которая, на наш взгляд, является своеобразным ядром адаптивно-ландшафтной системы земледелия.

### **Цели исследования**

Разработать теоретическую схему управления триединой категорией «плодородие + продуктивность + экология»; выявить взаимосвязи между ее элементами с акцентом на роль факторов «севооборот», «удобрение», «обработка почвы»; провести производственно-экономическую оценку севооборотов различных видов.

### **Материалы и методы**

Материалами для теоретической части работы послужили литература, сеть Интернет. В качестве исходной информации для эмпирических исследований использовались результаты экспериментов, проведенных отделами агрохимии и экологии и интенсивного земледелия ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» на агроландшафтном стационаре в 2001–2014 гг. Использованные методы исследования: абстрактно-логический, системный и ситуационный подходы, монографический, сравнительного анализа. При проведении экономической оценки севооборотов использовалась методика калькулирования себестоимости

продукции «Директ-костинг». Расчеты проводились с помощью специального программного средства для ЭВМ «ХОСТ-2.3» (№2015610045 свидетельства о государственной регистрации в ФИПС).

### **Результаты и их обсуждение**

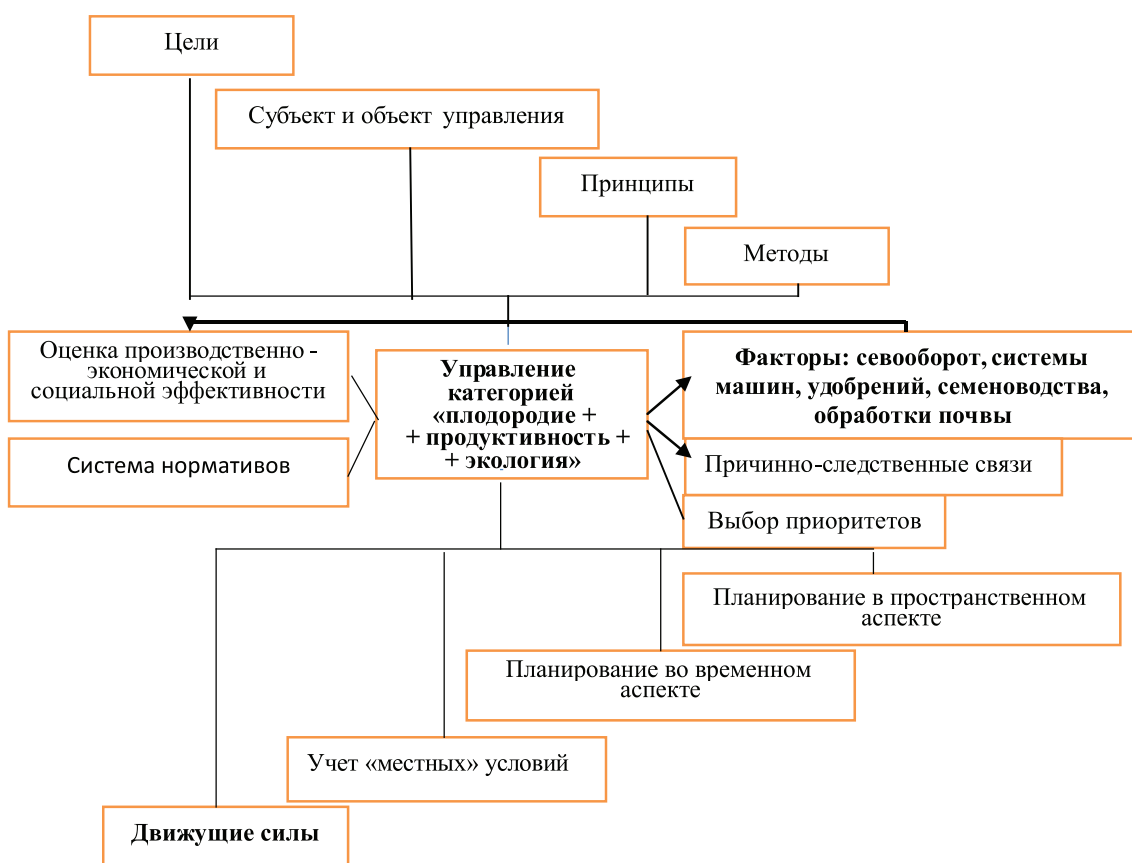
#### *Рассмотрение теоретической схемы управления плодородием почв*

В предыдущих работах нами была составлена блок-схема реализации категории «плодородие + продуктивность + экология» [4]. На рисунке она показана с более подробным представлением блока «факторы».

Общая логика схемы – элементы располагаются по этапам функционирования (по часовой стрелке): целеполагание, определение субъекта и объекта управления, принципы, способы достижения целей, направляющая функция (выбор приоритетов), планирование, мотивация, контроль. Факторы, в том числе севооборот, занимают позицию между методами (аналитическими и др.) и планированием, так как анализ и планирование ведутся на их основе. Также на схеме показана взаимосвязь факторов с результатами (оценочными показателями). Исходя из этого положения, рассмотрим взаимосвязи фактора «севооборот» с другими факторами, определяющими плодородие и продуктивность почв, а также с результативными показателями. Выделим следующие параллели: севооборот и характеристика пахотных земель, севооборот и удобрение, севооборот и обработка почвы.

#### *Выбор севооборота в зависимости от характеристики пахотных земель*

В адаптивно-ландшафтном земледелии чрезвычайно важно подобрать систему севооборотов, максимально соответствующую ландшафтным характеристикам, в том числе характеристике пахотных угодий. В таблице показаны рекомендуемые виды севооборотов, подходящие к включению в них сельскохозяйственные культуры и специальные экологические мероприятия, соответствующие их применению, в зависимости от степени проявления эрозионных процессов, интенсивности смыва почвы, ее гранулометрического состава, эродированности пахотных угодий, уклона местности.



Теоретическая схема управления почвенным плодородием

### Севооборот и удобрение

Опубликованные данные разных лет свидетельствуют о том, что севооборот оказывает более сильное влияние на урожайность на фоне удобрений, чем без них, а эффективность удобрений выше в севообороте по сравнению с бессменными посевами. Такая же в принципе зависимость наблюдается и по содержанию белка и клейковины в зерне злаков. Так, по данным Московской сельскохозяйственной академии им. К.А. Тимирязева доля прибавки урожая, полученной от применения севооборота, в достигнутой урожайности озимых зерновых составила примерно 40%, яровых зерновых – 34%, картофеля – 22%. Доля прибавки от удобрений, соответственно, – 40, 33 и 42%. Видно, что влияние факторов «севооборот» и «удобрение» на урожайность зерновых примерно одинаковое по силе, картофель же значительно более отзывчив на удобрения по сравнению с размещением его в севообороте. При совместном использовании факторов наблюдался синергический эффект. Прибавка урожая

от совместного применения двух факторов оказалась выше по сравнению с раздельным их использованием по вышеуказанным культурам на 5–9% [1].

Совместное влияние севооборота и удобрений изучалось также во Владимирском НИИСХ (ныне ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ»). Согласно целей исследования интерес представляют следующие выводы исследователей [5, 6].

Производство дополнительной продукции, полученной от внесения удобрений и выраженной в зерновых единицах (з.е.), на 1 кг действующего вещества удобрений в различных севооборотах довольно резко различается.

Например, в зернотравяно-паровом севообороте с занятым паром этот показатель выше, чем в таком же севообороте с чистым паром. Для сравнения: «окупаемость» 1 кг д.в. минеральных удобрений прибавкой урожая в севообороте с чистым паром (овес – травы 1 года пользования – травы 2 года пользования – ячмень – чистый пар – озимая пшеница) составила 2,4 кг з.е.; в севообороте с занятым паром

(овес – травы 1 года использования – травы 2 года использования – яровая пшеница – вико-овсяная смесь – озимая рожь) – 3,9–4,7 кг з.е., т.е. в 1,6–1,9 раза выше [5].

Самая значительная окупаемость единицы внесенных минеральных удобрений была зафиксирована в зернопропашном севообороте (картофель – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница – зернобобовые – яровая пшеница) – до 13,6 кг з.е./кг д.в.

По данным Министерства сельского хозяйства РФ доля фактора «севоо-

борот» в формировании урожайности сельскохозяйственных культур составляет 12%, а доля удобрений и химических средств защиты растений 23% [7]. Такое соотношение (по сравнению с работой [1]) выявлено при участии всех факторов производства (севооборот, удобрения и химические средства защиты растений, высококачественные семена, природно-климатические условия, современная техника и технологии). Из этих данных вытекает, что влияние севооборота на урожайность сопоставимо с влиянием удобрений.

Рекомендуемые виды севооборотов для различных категорий пахотных земель

Уклон местности	Характеристика пахотных земель	Степень использования	Тип севооборота, культуры	Экологические мероприятия
1) Менее 1°	Неэродированные или слабо эродированные пахотные земли, практически не смытые или незначительно смытые почвы. Серые лесные и дерново-подзолистые почвы легко- и средне-суглинистого гранулометрического состава	Высокоинтенсивное использование	Зернопаропропашной, зернопропашной, пропашной, плодосменный, специализированный картофельный. Можно выращивать все районированные культуры, пропашные культуры могут занимать более 50% пашни, возможно применение чистого пара	Применение преимущественно органоминеральной системы удобрения
2) До 3°		Интенсивное использование		
3) 3–5°	Слабо и средне эродированные	Умеренное использование	Зернотравяные и травяно-зерновые севообороты с многолетними травами, занимающими 30–50% площади	Посев культур сплошного сева, имеющих высокую противозерозионную устойчивость. Можно вводить одно поле пропашных культур с сокращением числа технологических операций. Полосное размещение культур
4) 5–8°	Средне и сильно смытые почвы	Ограниченное, почвозащитное использование	Травопольные и травянозерновые севообороты. Многолетние и однолетние травы, зерновые со средней и высокой почвозащитной эффективностью	Многолетние травы в структуре посевов должны составлять не менее 50%. Применение специальных почвозащитных приемов, машин и орудий
5) Более 8°	Сильно- и очень сильно смытые почвы, бедные органическим веществом и подвижными формами питательных веществ, с неблагоприятным водным режимом и технологическими свойствами	Исключаются из пашни, переводятся в другие с.-х. угодья (сенокосы, пастбища)	Могут быть организованы сенокосо-и пастбищеобороты	Поверхностное улучшение с подсевом семян трав в дернину

Источники: составлено авторами по [3, с. 27–28].



*Севооборот и обработка почвы*

Проведен анализ результатов производственно-экономической оценки севооборотов различных видов при двух способах обработки почвы: традиционной отвальной и противоэрозионной. В качестве исходной информации мы использовали результаты экспериментальных исследований, выполненных отделом интенсивного земледелия ФГБНУ «Верхневолжский ФАНЦ» на агроландшафтном стационаре в 2009–2014 гг. При этом в 4-м и 5-м севооборотах размещение культур по сравнению с 1-й ротацией [5, 6] несколько изменилось, что не искажает результатов исследования. Варианты опыта дифференцировались по уровням интенсификации производства – нулевому, поддерживающему, интенсивному и высокоинтенсивному. С повышением уровня интенсификации увеличивались дозы применения органических и минеральных удобрений.

Аналитическое сравнение проводилось по пяти 6-польным севооборотам:

№ 1) зернотравяно-паровой с чистым паром (овес + травы, многолетние травы 1 года пользования, многолетние травы 2 года пользования, ячмень, чистый пар, яровая пшеница);

№ 2) зернотравяно-паровой с занятым паром (овес + травы, многолетние травы 1 года пользования, многолетние травы 2 года пользования, яровая пшеница, занятой пар, яровая пшеница);

№ 3) зернотравяной с долей зерновых более 60 % (ячмень + травы, многолетние травы 1 года пользования, многолетние травы 2 года пользования, озимая рожь, яровая пшеница, овес);

№ 4) зернотравяно-пропашной (ячмень + травы, многолетние травы 1 года пользования, многолетние травы 2 года пользования, озимая пшеница, картофель, яровая пшеница);

№ 5) специализированный зерновой с долей зерновых 67 % (ячмень + травы, многолетние травы 1 года пользования, яровая пшеница, однолетние травы, озимая пшеница, яровая пшеница).

Для экономической оценки вариантов опыта в 3-й ротации севооборотов использовались следующие показатели: переменные (технологические) затраты (без амортизационных отчислений) на 1 гектар в рублях, затраты труда на 1 га севооборотной площади и окупаемость затрат выручкой от реализации продукции в рублях на 1 рубль технологических затрат. Цены реализации были приняты по зерну на уровне средних за период с января 2014 г. по январь 2018 г. (пшеница – 8,33; ячмень – 7,3 руб./кг) [6], по картофелю – средней за январь-сентябрь 2018 г. (13,7 руб./кг) [8]. Экономическая оценка проводилась по полному циклу производства сельскохозяйственных культур. По севооборотам № 1, 3, 5 оценка осуществлялась только по традиционной отвальной системе обработки почвы, по 2 и 4-му севооборотам – по отвальной и противоэрозионной системам.

При анализе данных по расчетам окупаемости технологических затрат при использовании отвальной обработки почвы по вариантам опыта, проведенным по всей информационной совокупности, получены следующие результаты.

Самым эффективным по уровню окупаемости затрат оказался наиболее распространенный в Верхневолжье зернотравяно-паровой севооборот с занятым паром и долей зерновых в посевной площади 50 % (№ 2). Окупаемость переменных затрат в нем составила 2,4 руб./руб. при поддерживающем уровне интенсификации. На втором месте севооборот № 4 (зернотравяно-пропашной), где окупаемость составила 2,34 руб./руб. при интенсивном уровне производства. Эти результаты с данными окупаемости удобрений, полученными в 1-й ротации [5, 6]. Наименее эффективным показал себя специализированный зерновой севооборот (№ 5) при окупаемости затрат 1,24 руб./руб. на интенсивном уровне. Самые высокие затраты труда были в зернотравяно-пропашном севообороте (13,2 чел.·ч на 1 га).

Они были в 2 раза выше, чем, например, в зернотравяно-паровом севообороте (№ 2).

Следующий этап анализа – выборочное сравнение экономических показателей по видам севооборотов при одинаковом или сопоставимом уровне интенсификации. Для этого наряду с окупаемостью затрат провели анализ показателя «технологических затрат на единицу площади» по видам севооборотов. Однако в этом случае не учитывалась их продуктивность.

На поддерживающем уровне интенсификации при сравнении зернотравяно-паровых севооборотов с чистым (севооборот № 1) и занятым (севооборот № 2) паром по величине затрат «выигрывает» 1-й севооборот (затраты соответственно 8507 и 9361 руб./га). Но окупаемость затрат, наоборот, выше в севообороте с занятым паром.

На интенсивном уровне самый низкий затратный показатель у севооборота с занятым паром (№ 2) – 10909 руб./га, самый высокий – у севооборота с картофелем – 25582 руб./га. Однако при этом у последнего самая высокая окупаемость затрат (2,34 руб./руб.). В этой совокупности исходных данных самая низкая экономическая эффективность у специализированного зернового севооборота (№ 5).

На высокоинтенсивном уровне мы сравнили зернотравяно-пропашной севооборот со специализированным зерновым севооборотом. По затратам на единицу площади «выигрывает» зерновой севооборот, а по окупаемости затрат – севооборот с картофелем.

Замена отвальной обработки почвы на противоэрозионную в зернотравяном севообороте позволяет снизить технологические затраты и повысить их окупаемость примерно на 2%. Подобная замена в зернопропашном севообороте дала соответствующее изменение менее, чем на 1%. Данный расчет проведен при условии, что урожайность при обеих обработках остается неизменной. Вместе с тем,

результаты экспериментальных исследований, приведенных в работе [9] за 2014–2016 гг., указывают на повышение урожайности сельскохозяйственных культур в зернотравяном севообороте на 2,2% при использовании плоскорезной (противоэрозионной) обработки по сравнению с отвальной вспашкой. Таким образом, можно сделать вывод о более высокой эффективности противоэрозионной обработки почвы как с точки зрения повышения урожайности, так и снижения технологических затрат по сравнению с отвальной обработкой. Снижение затрат на единицу продукции, исходя из вышеприведенных данных и с учетом высокой доли постоянных затрат в себестоимости продукции, может составить примерно 4%.

### Заключение

В результате проведенного исследования в теоретическом его ключе обозначены роль севооборота в экологическом земледелии, показаны место и некоторые взаимосвязи фактора «севооборот» с другими факторами и результатами в системе управления триединой категорией «плодородие + продуктивность + экология». Проведение экономической оценки севооборотов различных видов позволило сделать следующие основные выводы:

1) о преимущественной производственно-экономической эффективности зернотравяно-парового (с занятым паром) и зернотравяно-пропашного (с картофелем) севооборотов в условиях Владимирского ополья по сравнению со специализированным зерновым севооборотом (с 4-я полями зерновых культур, полем трав 1-го года пользования и занятым паром), а также с зернотравяно-паровым севооборотом, включающем чистый пар;

2) о незначительном снижении технологических затрат на единицу произведенной продукции в зернотравяно-паровом севообороте (примерно на 4%) при замене традиционной отвальной обработки на противоэрозионную.

*Библиографический список*

1. Воробьев С.А., Лошаков Г.В., Четверня А.М. Севооборот – важнейшее условие интенсификации земледелия (итоги и задачи исследований) // *Агрономические основы специализации севооборотов*. М.: ВО Агропромиздат, 1987. 224 с.
2. Дудкин В.М., Дудкин И.В. Экологическая роль севооборота в современных системах земледелия // *Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: Коллективная монография*. Иваново: «ПресСто», 2015. С. 195–198.
3. Системы севооборотов в адаптивно-ландшафтном земледелии Рязанской области / под ред. С.Я. Полянского. М.: типография Россельхозакадемии, 2002. 70 с.
4. Коновалова Л.К. Управление плодородием и продуктивностью почв // *Проблемы экологического образования в XXI веке: Труды II Международной научной конференции* / Под ред. Е.П. Грачевой; Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Владимир: ООО «Аркаим», 2018. С. 262–266.
5. Окорков В.В. Опыт изучения адаптивно-ландшафтных систем земледелия во Владимирском ополье. Иваново: Типография ИЭК Минэнерго РФ, 2003. 280 с.
6. Окорков В.В., Григорьев А.А., Фенова О.А., Окоркова Л.А. Приемы применения агрохимических средств на землях с неоднородным почвенным покровом в зоне Владимирского ополья. Владимир: Владимирский НИИСХ Россельхозакадемии, 2010. 188 с.
7. Итоги работы отрасли растениеводства в 2017 году и задачи на 2018 год: Отчет Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. URL: [http://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/435/prz\\_mcx.pdf](http://www.ryazagro.ru/upload/medialibrary/435/prz_mcx.pdf) (дата обращения 16.06.2019).
8. Семин А.Н. Приоритетные направления агроэкономических исследований научно-технологического развития АПК // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2019. №1. С. 2–6.
9. Борин А.А., Коновалова Л.К., Лощина А.Э. Агротехнологии и продуктивность севооборота в условиях Верхневолжья // *Владимирский земледелец*. 2017. №4 (82). С. 11–14.