



Олеся КУЦАЕВА

*Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия,  
Горки, Республика Беларусь  
e-mail: alexa-1982@bk.ru*

УДК 332.334.2

### **Экономическая эффективность off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием менеджмент-зон**

В статье рассмотрены вопросы совершенствования методологии внутрихозяйственного землеустройства. На примере землепользования РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА» выполнена оценка экономической эффективности off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием менеджмент-зон при внедрении системы точного земледелия. Установлено, что при реализации инвестиционного проекта по внедрению практики дифференцированного внесения удобрений объем полученных средств (в зависимости от стоимости приобретаемого оборудования) может колебаться в пределах от 30804,68 BYN до 33373,50 BYN. Продолжительность периода окупаемости инвестиций составит 3,2 года, внутренняя норма доходности – 9,8%, модифицированная внутренняя норма доходности – 9,9%.

*Ключевые слова:* менеджмент-зоны, дифференцированное внесение, удобрения, экономическая эффективность, инвестиции.

Olesia KUTSAEVA

*Belarusian State Agricultural Academy,  
Gorki, Republic of Belarus  
e-mail: alexa-1982@bk.ru*

### **Economic efficiency of off-line differentiated application of mineral fertilizers using management zones**

The article considers the issues of improving the methodology of on-farm land management and the economic efficiency assessment of the off-line differentiated application of mineral fertilizers using management zones when implementing the precision farming system was carried out using the example of the Republican Unitary Enterprise “Educational and Experimental Farm of BSAA”. The volume of investments during the implementation of the investment project for the introduction of differential fertilizer application will be from 30804.68 BYN up to 33373.50 BYN depending on the cost of purchased equipment, while the payback period of investments will be 3.2 years, the internal rate of return is 9.8%, and the modified internal rate of return is 9.9%.

*Keywords:* management zones, differential application, fertilizers, economic efficiency, investments.

#### **Введение**

Производственный потенциал аграрной отрасли любой страны определяют прежде всего количественные и качественные характеристики сельскохозяйственных земель [1]. По данным реестра земельных ресурсов Республики Беларусь, по состоянию

© Куцаева О., 2020

на 1 января 2019 г. общая площадь земель нашей страны составляла 20760,0 тыс. га, в том числе 8460,1 тыс. га сельскохозяйственных (40,8% территории), из которых 5712,3 тыс. га (27,5% территории) приходилось на пахотные [2]. Для сравнения укажем, что в пределах Евросоюза общая площадь сельскохозяйственных земель составляет 40% территории данного объединения, или 174,358 тыс. га, из которых 104,203 тыс. га (59,8%) отведено под пашни [3].

Процесс глобализации мировой экономики негативно отражается на результатах развития сельскохозяйственного производства всех стран, способствуя обострению проблем, связанных с изменением климата, ростом дефицита невозобновляемых энергоносителей, ускорением урбанизации, возникновением недостатка трудовых ресурсов в сельских регионах, усилением конкуренции на мировых рынках. В этой связи первоочередной проблемой в сфере землепользования, актуальной как для стран Европейского Союза, так и для Беларуси, а также иных сопредельных государств, является отмечаемое на протяжении 10-ти последних лет устойчивое сокращение площади сельскохозяйственных угодий, достигающее в среднем 0,7% в год в странах Западной и Центральной Европы и 0,1–0,4% – в Республике Беларусь [3, 4].

В сложившейся социально-экономической ситуации одним из действенных способов увеличения экономической эффективности использования земельных ресурсов является внедрение в аграрное производство системы точного земледелия – современной концепции управления сельским хозяйством, использующей цифровые методы для мониторинга и оптимизации производственных процессов [3]. Данная система направлена на достижение проектного уровня продуктивности агроценозов, обеспечение эффективного вложения средств, результативное использование ландшафтного потенциала земель [5].

Важнейшим элементом системы точного земледелия является дифференцированное применение минеральных удобрений [6]. Данный прием позволяет восполнять недостаток питательных веществ именно на тех участках полей, где это необходимо, и при этом не превышать оптимального содержания элементов питания там, где туки имеются в достаточном количестве. Применение этой технологии дает возможность не только эффективно распределять удобрения в границах одного поля, но и повышать урожайность сельскохозяйственных культур за счет создания оптимального режима их питания [7, 8].

Беларусь имеет достаточно высокий потенциал для внедрения в аграрное производство системы точного земледелия либо ее отдельных элементов. К основным преимуществам отечественного агропромышленного комплекса следует отнести наличие более 1380-ти аграрных предприятий со средним размером землепользования свыше 5,3 тыс. га по площади сельскохозяйственных угодий и свыше 3,5 тыс. га – по площади пахотных земель, а также сосредоточение сельскохозяйственных земель преимущественно в руках государства, контролирующего 87,6% от общей площади таковых. В данных условиях сельхозпроизводители имеют широкие возможности для получения государственной финансовой поддержки (в частности, для модернизации производства и покупки высокопроизводительной техники) [2].

Тем не менее наряду с преимуществами у отечественных сельхозпроизводителей имеются как объективные, так и субъективные проблемы, препятствующие широкой имплементации систем точного земледелия в аграрное производство. Одной из них является практика внутривладельческого землеустройства, ориентированная на традиционное энерго- и ресурсозатратное земледелие, не учитывающая наличия в пределах отдельных полей либо земельных участков неоднородностей, коррекция характеристик которых является основной задачей координатного земледелия [9, 10].

Целями исследования являлись разработка новых подходов к управлению земельными ресурсами и оценка экономической эффективности off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием менеджмент-зон при внедрении системы точного земледелия.

## Материалы и методы

Исследования проводились в период с 2017 г. по 2020 г. на территории Горьковского района Могилевской области Республики Беларусь, в пределах землепользования РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА», на площади 8342,1 тыс. га. Идентификация менеджмент-зон и расчет их площадей в пределах изучаемой территории выполнялись с использованием инструментов из программного модуля «Про-

странственная статистика» ГИС ArcGIS версии 10.3. Оценка экономической эффективности инвестиционных вложений для внедрения off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений была выполнена по методике, изложенной в источнике [11]. В ходе исследований были использованы методы анализа и синтеза, системного подхода, абстрагирования, геостатистический и сравнительный.

### Основная часть

В технологии точного земледелия под менеджмент-зоной подразумевается субрегион поля, который характеризуется относительной однородностью продуктивности выращиваемых в его пределах сельскохозяйственных культур и/или сходным набором почвенных параметров [12, 13]. На сегодняшний день наиболее широко применяются 2 подхода к выделению данных участков:

- 1) поля разделяются на менеджмент-зоны в соответствии со значениями одной или нескольких характеристик почвы или с величиной урожая;
- 2) менеджмент-зоны определяются с учетом окупаемости затрат на получение единицы урожая [14].

Поскольку в аграрной сфере Беларуси элементы технологии точного земледелия только начали внедряться, применение подхода, основанного на экономических характеристиках, не представляется возможным. Однако определение зон по значениям почвенных параметров и показателям урожайности также имеет ряд ограничений. В частности, в сельскохозяйственных предприятиях Беларуси существует дефицит комбайнов, оснащенных приспособлениями для картирования урожая, что делает невозможным учет данного параметра при идентификации менеджмент-зон. Исходя из этого, при разработке методики определения зон управления в качестве исходных показателей наиболее целесообразно использовать почвенные параметры, определенные в ходе обследований землепользований сельскохозяйственных предприятий областными проектно-изыскательскими станциями агрохимизации.

Точное выявление неоднородностей в пределах поля либо земельного массива возможно исключительно посредством применения ГИС (географической информационной системы) для поиска пространственных закономерностей при распределении тех или иных почвенных показателей и нахождения между ними взаимосвязей. Соответствующий алгоритм включает в себя:

- выполнение разведочного геостатистического анализа;
- построение интерполированных растров для определенного набора почвенных параметров;
- переклассификацию данных растров и выполнение многофакторного анализа;
- конвертирование итогового растра в векторные слои и определение площадей выделенных менеджмент-зон [10].

Следует отметить, что при использовании любой технологии внесения удобрений эффективность последних предопределяется:

законом минимума, согласно которому величину получаемого урожая определяет элемент питания растений, содержание которого в почве в наименьшей степени соответствует потребностям возделываемой культуры;

законом убывающего плодородия, в соответствии с которым при внесении возрастающих доз удобрений размеры получаемых прибавок урожая постепенно уменьшаются [15].

Существует несколько стратегий дифференцированного применения удобрений (см. рис. 1).

В данном исследовании рассмотрена эффективность реализации 1-й из описанных стратегий, являющейся наиболее приемлемой в сложившихся в Беларуси социально-экономических условиях и учитывающей, в частности, характерные для нашей страны особенности права собственности на земли сельскохозяйственного назначения.

Установлено, что только за счет перераспределения доз удобрений под планируемый урожай сельскохозяйственных культур в пределах отдельных полей севооборота с учетом идентифицированных менеджмент-зон возможно сэкономить 13,4 т действующего вещества фосфора и 8,2 т действующего вещества калия на площади 1411,76 га (см. рис. 2 и 3)

Максимальная экономия фосфорных удобрений при их использовании под озимую пшеницу может составить 4,8 т д.в.; кукурузу на силос – 2,4 т д.в.; выращиваемый на зерно горох – 1,5 т д.в. Для калийных удобрений при внесении их под озимую пшеницу максимальная экономия будет равна 1,8 т д.в.; сахарную свеклу – 1,5 т д.в.; яровое тритикале – 1,2 т д.в. (см. рис. 3).

### СТРАТЕГИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

1. Удобрения вносят по менеджмент-зонам с таким расчетом, чтобы количество и соотношение питательных элементов с учетом их почвенных запасов были достаточными для получения запланированной урожайности.
2. Удобрения вносят так, чтобы при минимальных объемах их использования на определенном поле получить запланированный урожай конкретной сельскохозяйственной культуры.
3. Удобрения вносят так, чтобы на конкретном поле получить максимальный урожай культивируемой сельскохозяйственной культуры при ограниченном количестве туков

Рис. 1. Стратегии дифференцированного применения удобрений

Применение дифференцированного внесения минеральных удобрений и, как следствие, снижение объемов их использования влекут за собой уменьшение затрат на закупки. Установлено, что при использовании туков с применением идентифицированных менеджмент-зон возможно сэкономить 19,33 тыс. BYN при закупке фосфорных удобрений и 1,53 тыс. BYN – при закупке калийных, что в расчете на 1 га площади составит соответственно 13,69 BYN и 1,09 BYN. Максимальная экономия фосфорных удобрений будет достигнута в случае их использования при выращивании озимой пшеницы и кукурузы на силос, а калийных – при внесении под сахарную свеклу и яровую пшеницу.

По степени сокращения затрат на закупку фосфорных удобрений сельскохозяйственные культуры располагаются в следующей последовательности:

- озимая пшеница;
- кукуруза на силос;
- яровая пшеница;
- яровое тритикале;
- пивоваренный ячмень;
- озимый рапс;
- яровой рапс;
- сахарная свекла;
- кукуруза на семена;
- кукуруза на зерно;
- горох на зерно.

Для калийных удобрений аналогичный ряд имеет следующий вид:

- сахарная свекла;
- яровая пшеница;
- кукуруза на семена;
- яровой рапс;
- озимый рапс;
- пивоваренный ячмень и кукуруза на силос;
- горох на зерно;
- яровое тритикале;
- кукуруза на зерно;
- озимая пшеница.

Уменьшение объемов внесения удобрений и сокращение затрат на их приобретение приведут также к сокращению общих затрат на выращивание сельскохозяйственных культур (см. рис. 4).

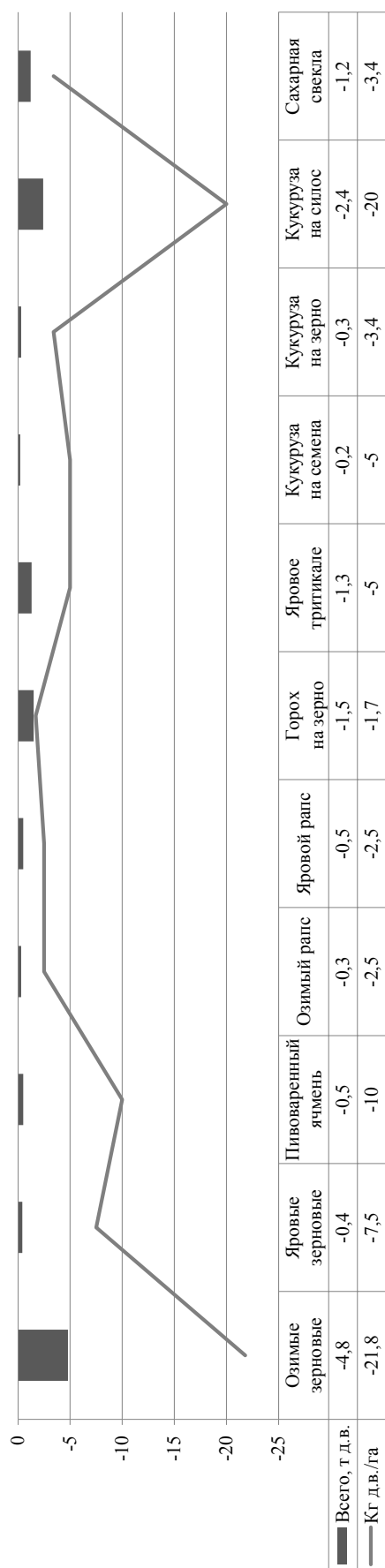


Рис. 2. Снижение объемов фосфорных минеральных удобрений при дифференцированном внесении в сравнении с традиционным в полях севооборотов РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА»

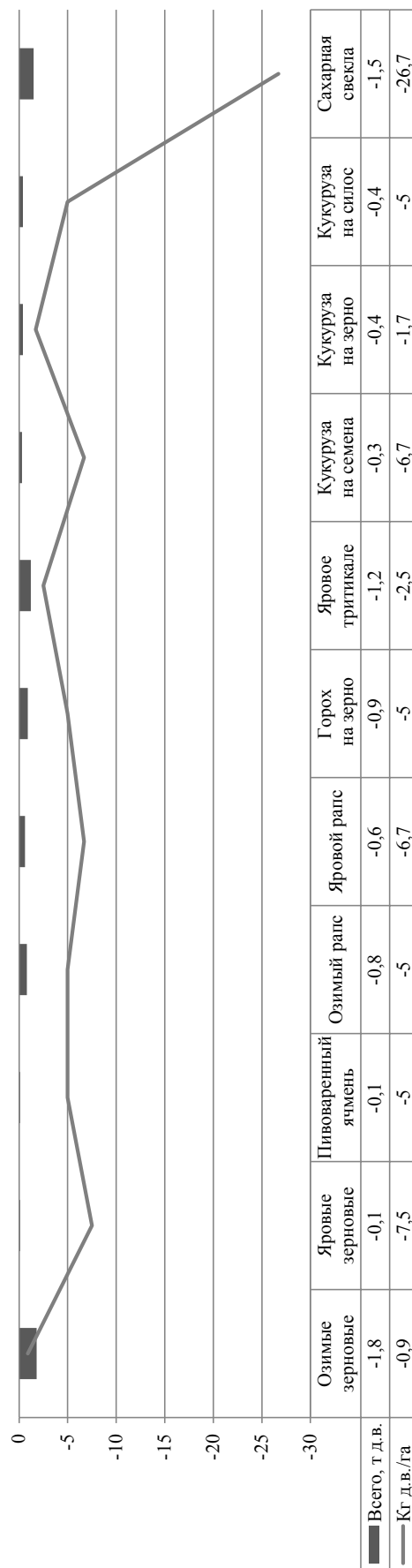
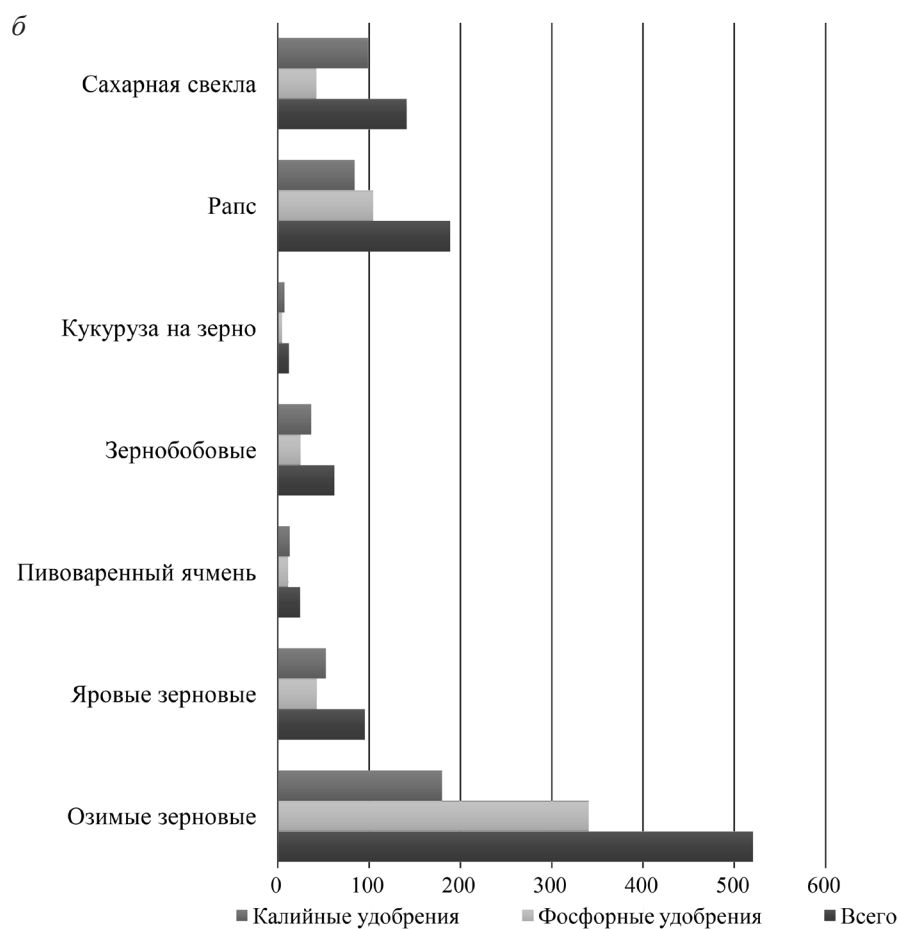


Рис. 3. Снижение объемов калийных минеральных удобрений при осуществлении дифференцированного внесения в сравнении с традиционным в полях севооборотов РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА»



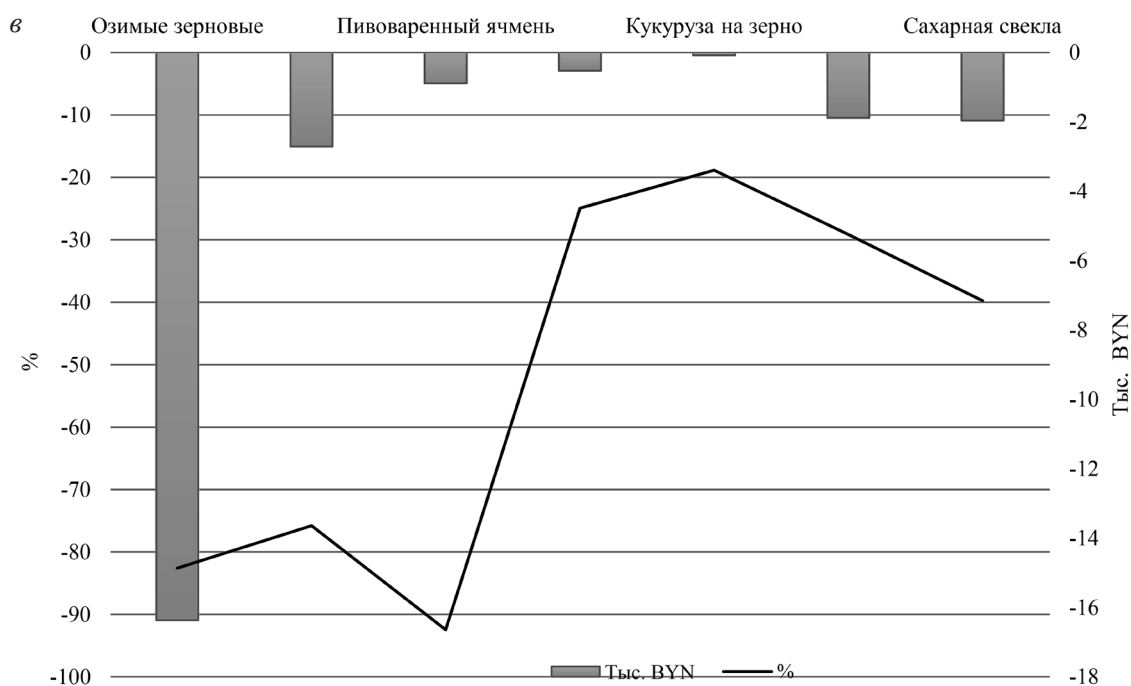


Рис. 4. Затраты на применение минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры в полях севооборотов РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА» в расчете на всю посевную площадь (а – при традиционной системе удобрений, тыс. BYN; б – при дифференцированном внесении удобрений, тыс. BYN; в – абсолютная и относительная разница в затратах между традиционным и дифференцированным внесением)

В частности, общий объем снижения затрат на применение минеральных удобрений будет равен 135,62 тыс. BYN в расчете на всю площадь, или 0,12 тыс. BYN/га, что в относительных единицах составит 65,43%. Полученные нами данные соотносятся с результатами исследований аналогичной тематики, выполненных российскими учеными [16].

В разрезе отдельных сельскохозяйственных культур объем снижения затрат на применение минеральных удобрений при дифференцированном внесении прямо пропорционально зависит от доз их внесения на единицу площади. По степени снижения затрат на применение фосфорных и калийных удобрений сельскохозяйственные культуры и их группы располагаются в следующем порядке:

- озимые зерновые;
- яровые зерновые;
- сахарная свекла;
- рапс;
- пивоваренный ячмень;
- зернобобовые.

В ходе исследования установлено, что только на площади землепользования РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА» (1411,76 га) замена традиционной системы внесения минеральных удобрений на дифференцированную позволит повысить рентабельность выращивания озимых зерновых на 2,2%, сахарной свеклы – на 1,3%, рапса на маслосемена – на 1,1%, пивоваренного ячменя – на 0,8% (см. рис. 5).

Идентификация менеджмент-зон и их использование для дифференцированного внесения фосфорных и калийных минеральных удобрений являются важными и взаимосвязанными составляющими регистрирующей и реагирующей технологий точного земледелия. Дифференцированное применение туков возможно осуществлять по двум технологиям:

- on-line, при задействовании которой внесение удобрений выполняется в режиме реального времени, без предварительного картографирования, с определением доз непосредственно перед применением;
- off-line, предполагающей использование предварительно созданных карт-заданий [17, 18].

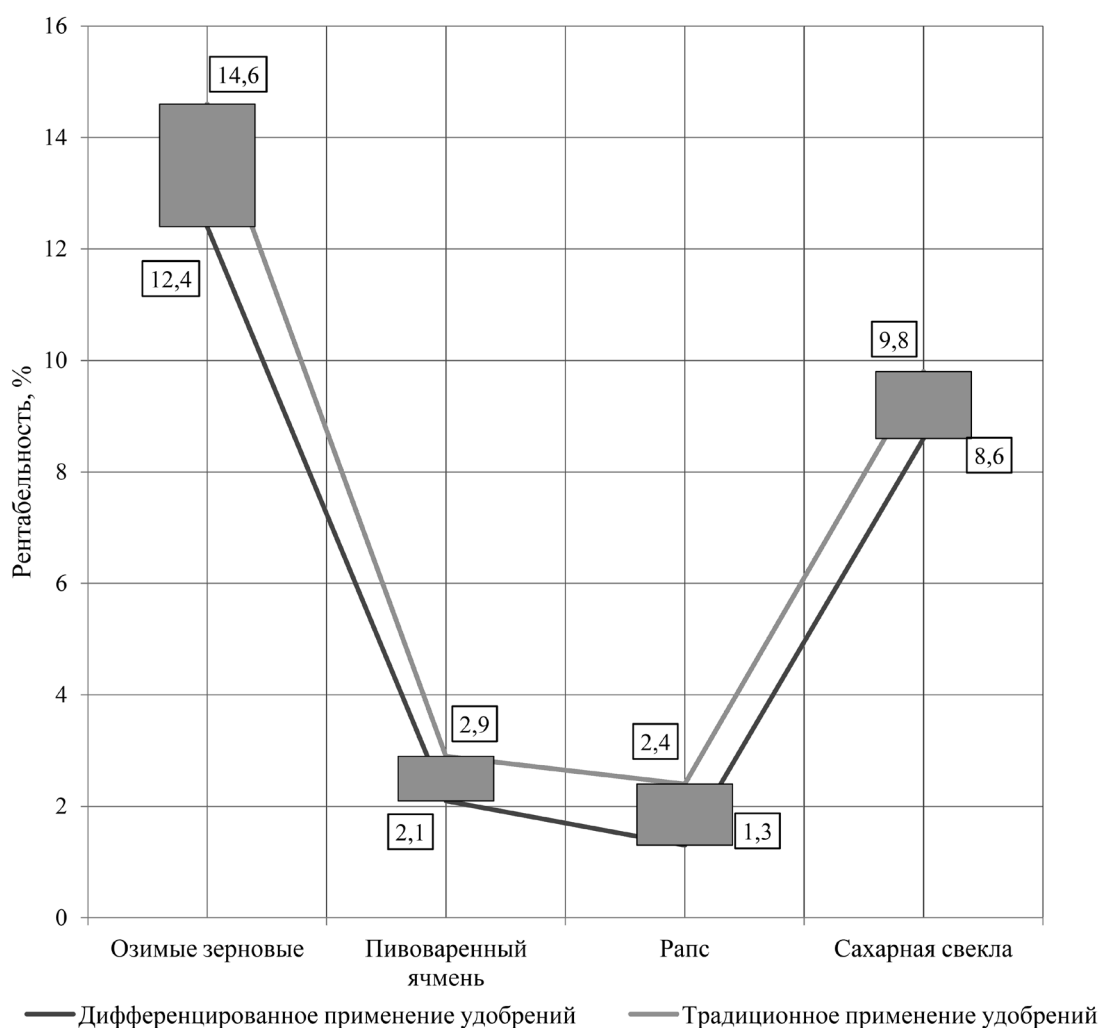


Рис. 5. Рентабельность выращивания отдельных сельскохозяйственных культур в полях севооборотов РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА» при различных системах применения удобрений

Именно вторая из описанных технологий наиболее полно соответствует концепции точного земледелия. Она обеспечивает максимальную экономию ресурсов за счет использования возможностей современных информационных систем. Ее внедрение в конкретном сельскохозяйственном предприятии (РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА») должно осуществляться последовательно в 4 этапа.

На первом следует создать базу геопространственных данных, содержащую сведения об основных почвенных параметрах полей и отдельных элементарных участков. Данная база должна быть использована для создания цифровых электронных карт полей севооборотов.

На втором этапе с использованием функциональных возможностей методов геостатистики и многофункционального геопространственного анализа необходимо идентифицировать и делинеализировать менеджмент-зоны в пределах отдельных полей севооборота.

На третьем этапе должны быть разработаны электронные карты-задания для дифференцированного внесения минеральных удобрений. Они составляются на базе идентифицированных менеджмент-зон, с использованием функциональных возможностей ГИС-технологий, и состоят из элементарных участков, цвета которых соответствуют заданным нормам внесения удобрений в физическом весе. Каждый из элементарных участков имеет равной ширине захвата разбрасы-



вателя минеральных удобрений размер и свою географическую привязку. Горизонтальный ряд, состоящий из множества элементарных участков, соответствует одному проходу разбрасывателя удобрений типа «MXL 8200 ISOBUS» или «Amazone ZA-M 1500» (ширина захвата – от 10 м до 36 м). Поскольку карты-задания создаются в формате шейп-файлов, они могут загружаться в бортовые компьютеры оснащенной GPS-навигационным оборудованием сельхозтехники и эффективно использоваться при работе (см. рис. 6).

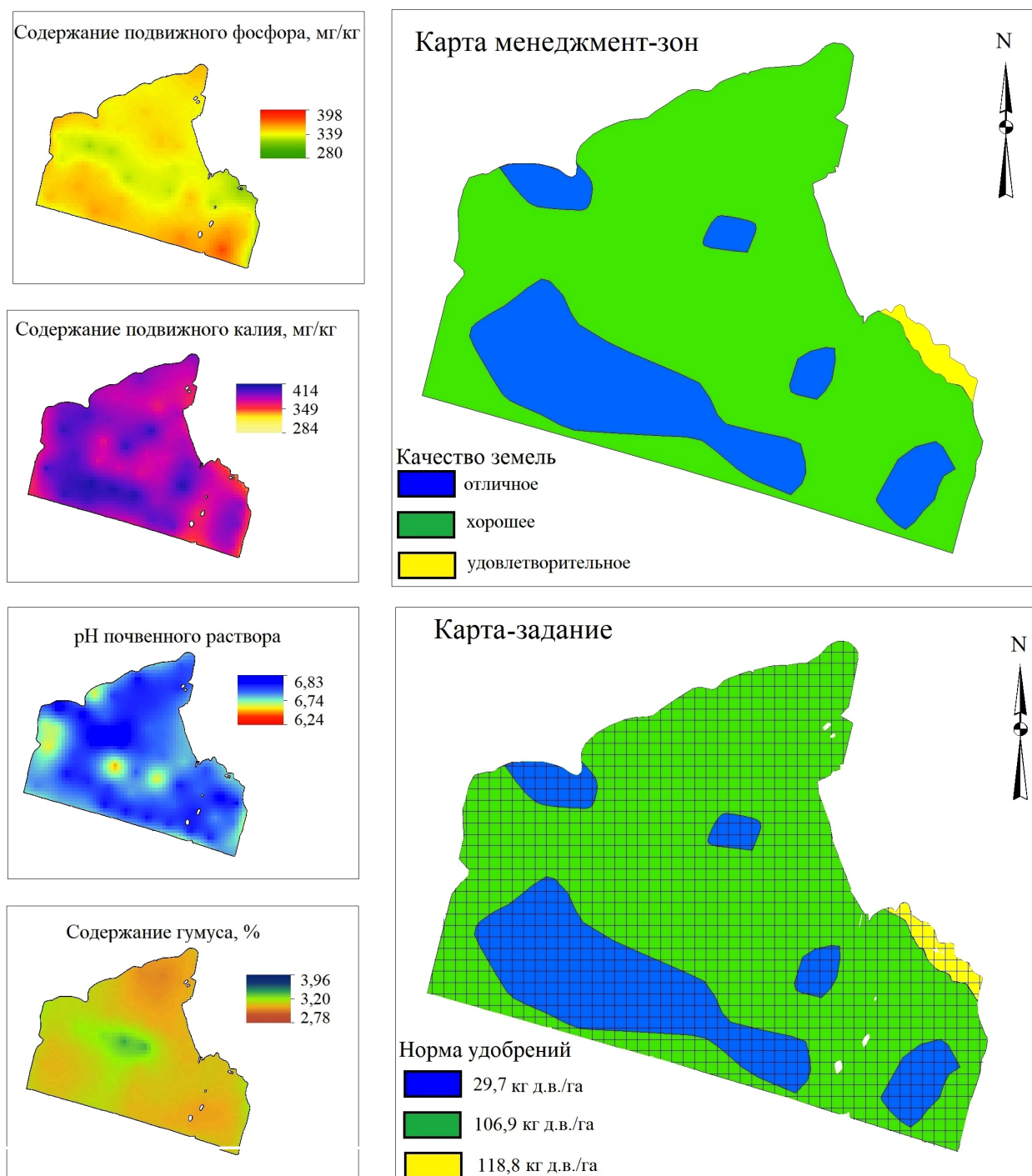


Рис. 6. Карта-задание для дифференцированного внесения минеральных удобрений под озимую пшеницу с использованием выделенных менеджмент-зон (площадь поля – 286,25 га, планируемая урожайность – 50 ц/га)

На четвертом этапе осуществляется собственно дифференцированное внесение удобрений в режиме off-line. При движении по полю агрегата, оснащенного высокоточным GPS-приемником, бортовой компьютер считывает информацию с карты-задания и управляет положением дозирующих заслонок, увеличивая или уменьшая подачу удобрений.

Сведения о вложениях, требующихся для внедрения системы off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Объемы инвестиций, необходимые для внедрения системы off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений в РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА»

Инвестиционные активы	Количество	Стоимость, BYN
1-й проект		
Идентификация менеджмент-зон и составление карт-заданий на внесение удобрений	12419 га	6209,50
Разбрасыватель минеральных удобрений «Amazone ZA-M 1500»	1	21095,18
Система параллельного вождения «Trimble EZ-Guide 250»	1	3500,00
Сумма затрат	30804,68	
2-й проект		
Идентификация менеджмент-зон и составление карт-заданий на внесение удобрений	12419 га	6209,50
Разбрасыватель минеральных удобрений «MXL 8200 ISOBUS»	1	23664,00
Система параллельного вождения «Trimble EZ-Guide 250»	1	3500,00
Сумма затрат	33373,50	

Предложены 2 инвестиционных проекта, которые различаются в части стоимости разбрасывателей минеральных удобрений. Размеры затрат на приобретение данных технических средств («Amazone ZA-M 1500» или «MXL 8200 ISOBUS») определены с учетом средней стоимости представленной на рынке линейки данного оборудования. Затраты на ремонт рассчитывались только для 2-х последних лет 5-летнего периода реализации проекта. Это связано с тем, что предполагается закупать новое оборудование, подлежащее гарантийному и послепродажному сервисному обслуживанию.

Затраты на идентификацию менеджмент-зон и составление карт-заданий на внесение удобрений определялись с учетом расходов на создание электронной карты масштаба 1 : 10000 в расчете на 1 га.

Оценка экономической эффективности обоих инвестиционных проектов, результаты которой представлены в таблице 2, выполнялась исходя из того, что дифференцированное внесение фосфорных и калийных удобрений будет осуществляться на посевах озимых зерновых (их площадь составит 2130 га), пивоваренного ячменя (290 га), выращиваемого на маслосемена рапса (610 га) и сахарной свеклы (250 га).

Таблица 2. Экономическая эффективность инвестиционных вложений при внедрении системы off-line дифференцированного внесения минеральных удобрений в РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА»

Показатели	1-й проект	2-й проект
Период окупаемости, или PBP (PayBack Period – интервал времени, в течение которого вложенные в проект инвестиции окупятся за счет чистой прибыли, получаемой от его реализации), лет	3,2	3,4
Коэффициент рентабельности инвестиций, или ARR (Accounting Rate of Return – показатель, отражающий прибыльность объекта инвестиций без учета дисконтирования), %	6,08	6,57
Чистый дисконтированный доход, или NPV (Net Present Value – экономический показатель, отражающий изменение денежных потоков, показывающий разность между дисконтированными денежными доходами и расходами), тыс. BYN	25,08	24,85
Индекс прибыльности инвестиций, или PI (Profitability Index, экономический смысл которого заключается в оценке дополнительной ценности на каждый вложенный рубль), BYN	1,81	1,74
Внутренняя норма доходности, или IRR (Internal Rate of Return – показатель, отражающий ставку дисконтирования, при которой чистый дисконтированный доход равняется нулю), %	9,8	6,2
Модифицированная внутренняя норма доходности, или MIRR (Modified Internal Rate of Return, характеризующая ставку дисконтирования, при которой суммарная приведенная стоимость доходов от осуществляемых инвестиций равна стоимости последних), %	9,9	7,6

Примечание. Ставка дисконтирования – 10%.

Установлено, что период окупаемости инвестиций (PBP) у 1-го и 2-го проектов будет равен соответственно 3,2 года и 3,4 года. Отметим также тот факт, что нами принималась во внимание прибыль от инвестиций только за счет затрат на применение фосфорных и калийных удобрений без учета прибавки урожая, обусловленной оптимизацией питания растений.

Значения коэффициента рентабельности инвестиций (ARR) у проектов составили соответственно 6,08% и 6,57%. Однако следует отметить, что с помощью данного показателя довольно сложно спрогнозировать объем будущих денежных поступлений от реализации инвестиционного проекта, поскольку в нем не учитываются изменения стоимости денег во времени, особенно в случае поступления венчурных инвестиций.

Расчет величины чистого дисконтированного дохода (NPV) показал, что более инвестиционно привлекательным является 1-й проект, однако поскольку в двух случаях соблюдается условие  $NPV > 0$ , оба варианта вложения инвестиций принесут прибыль.

Об инвестиционной привлекательности обоих проектов свидетельствует и индекс прибыльности инвестиций (PI). Поскольку в случае реализации как 1-го, так и 2-го проектов соблюдается условие  $PI > 1$ , оба они являются инвестиционно привлекательными, так как смогут обеспечить дополнительную отдачу от вложения капитала.

При прочих равных условиях 1-й проект представляется предпочтительным, поскольку его внутренняя норма доходности составляет 9,8%, а запас прочности находится на уровне 1,05% в связи с тем, что ставка рефинансирования Национального банка Республики Беларусь с 19 февраля 2020 г. снижена с 9% до 8,75% годовых. Из этого следует, что для минимизации инвестиционных рисков стоимость оборудования для дифференцированного внесения минеральных удобрений не должна превышать 21 тыс. BYN.

Следует отметить, что оценка инвестиционной привлекательности по значению IRR имеет недостаток, заключающийся в том, что единая величина внутренней нормы доходности может быть получена только в случае реализации стандартного проекта, когда в самом начале имеется единственный отрицательный денежный поток (начальная инвестиция), а в перспективе будет создано несколько положительных денежных потоков. Если же в период реализации проекта положительные и отрицательные денежные потоки станут чередоваться, будет получено несколько значений IRR, что делает невозможной оценку того либо иного варианта. Учитывая тот факт, что территория Республики Беларусь расположена в зоне рискованного земледелия, вполне вероятно получение отрицательных денежных потоков.

Для нивелирования этого недостатка была рассчитана MIRR (модифицированная внутренняя норма доходности, скорректированная с учетом нормы реинвестиции), которая используется для оценки инвестиционной привлекательности в случае, когда в период реализации проекта существуют нестандартные денежные потоки (имеются как положительные, так и отрицательные). Как и в случае с IRR, более инвестиционно привлекательным оказался 1-й проект, поскольку при его реализации значение MIRR составит 9,9%, что на 2,3% больше, чем при осуществлении 2-го проекта.

Прогнозные значения показателей экономической эффективности инвестиционных вложений при внедрении системы дифференцированного внесения минеральных удобрений в РУП «Учебно-опытное хозяйство БГСХА» свидетельствуют о том, что данная практика будет эффективной, быстроокупаемой, приносящей предприятию прибыль даже при наличии существенных рисков.

## Выводы

1. Наиболее приемлемой в сложившихся в Беларуси социально-экономических условиях и учитывающей местные особенности права собственности на земли сельскохозяйственного назначения является стратегия дифференцированного внесения удобрений, базирующаяся на применении их посредством менеджмент-зон с таким расчетом, чтобы количество и соотношение питательных элементов соответствовали их почвенным запасам, а также были достаточными для достижения планового уровня урожайности сельскохозяйственных культур.

2. За счет осуществляемого с учетом идентифицированных менеджмент-зон перераспределения доз удобрений под планируемый урожай в пределах отдельных полей севооборота возможно

экономить от 2,5 кг/га до 21,8 кг/га действующего вещества фосфора и от 0,9 кг/га до 26,7 кг/га действующего вещества калия.

3. Максимальная экономия фосфорных удобрений достигается при внесении их под озимую пшеницу, кукурузу на силос, выращиваемый на зерно горох, а калийных – при использовании под озимую пшеницу, сахарную свеклу и яровое тритикале.

4. При дифференцированном внесении удобрений с применением идентифицированных менеджмент-зон экономия средств при закупке аммонизированного суперфосфата марки 11-42 составит 13,69 BYN/га, а хлористого калия – 1,09 BYN/га.

5. Дифференцированное применение минеральных удобрений позволит повысить рентабельность выращивания озимых зерновых на 2,2%, сахарной свеклы – на 1,3%, рапса на масло-семена – на 1,1%, пивоваренного ячменя – на 0,8%.

6. При реализации инвестиционного проекта по внедрению системы дифференцированного внесения удобрений объем инвестиций (в зависимости от стоимости приобретаемого оборудования) может колебаться в пределах от 30804,68 BYN до 33373,50 BYN. Минимальный период окупаемости вложений составит 3,2 года, внутренняя норма доходности – 9,8%, модифицированная внутренняя норма доходности – 9,9%.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения в Республике Беларусь: проблемы и перспективы развития / Т. Н. Мыслыва [и др.] // Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 105–113.
2. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. – Минск: Белстат, 2019. – 212 с.
3. Daheim, C. Precision agriculture and the future of farming in Europe / C. Daheim, K. Poppe, R. Schrijver. – Brussels: Directorate-General for Parliamentary Research Services, 2016. – 274 p.
4. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2018 год; под общ. ред. Е. П. Богодяж. – Минск, Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды, 2019. – 476 с.
5. Измайлов, А. Ю. Точное земледелие: проблемы и пути решения / А. Ю. Измайлов, Г. И. Личман, Н. М. Марченко // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2010. – № 5. – С. 9–14.
6. Zarco-Tejada, P. J. Precision agriculture: an opportunity for EU farmers – potential support with the cap 2014–2020 / P. J. Zarco-Tejada, N. Hubbard, Ph. Loudjani. – Brussels: Joint Research Centre of the European Commission, 2014. – 57 p.
7. Денисов, К. Е. Повышение экономической эффективности растениеводства на основе дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия / К. Е. Денисов, К. А. Петров, Н. С. Григорьев // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XXXIV междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК, 2016. – Ч. II. – С. 72–76.
8. Котельникова, Е. А. Устойчивое развитие зернопродуктового подкомплекса в условиях рискованного земледелия / Е. А. Котельникова, К. А. Петров // Аграрный научный журнал. – 2011. – № 1. – С. 80–84.
9. Use of geospatial analysis methods in land management and cadaster / T. Myslyva [et al] // Baltic Surveying. – 2018. – Vol. 9. – P. 56–62.
10. Мыслыва, Т. Н. Создание менеджмент-зон для целей землеустройства при внедрении элементов системы точного земледелия / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева // Вестник БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 144–153.
11. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: № ВК 477: утв. Министерством экономики Российской Федерации, Госстроем Российской Федерации 21.06.1999. – М.: Экономика, 2000. – 109 с.
12. Doerge, T. A. Management zone concepts. The site-specific management guidelines / T. A. Doerge. – Johnston: Potash and Phosphate Institute, South Dakota State University, 1999. – P. 1–4.
13. Edge, B. An economic-theory-based approach to management zone delineation / B. Edge. – In: Poster Proceedings of the 12th European Conference on Precision Agriculture, July 8–11, 2019. – Montpellier, 2019. – P. 56–57.
14. Management zone delineation using a modified watershed algorithm / P. Roudier [et al] // Precision Agriculture. – 2008. – Vol. 9 (5). – P. 233–250.
15. Технично-экономические аспекты дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия / Л. Я. Степук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2012. – № 3. – С. 110–115.
16. Fedorenko, V. F. Precision farming technology: differential fertilization considering the intra-field heterogeneity of the soil-ground cover / V. F. Fedorenko, N. P. Mishurov, D. A. Petukhov // Machinery and Equipment for Rural Area. – 2019. – № 2. – P. 2–8.
17. Дифференцированное внесение удобрений в системе точного земледелия / В. А. Любич [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 33. – № 1. – С. 73–75.
18. Трубочева, Е. А. Оценка экономической эффективности инвестиций сельхозпредприятия во внедрение системы дифференцированного внесения удобрений / Е. А. Трубочева, М. Е. Трубилин // KANT. – 2014. – № 4 (13). – С. 35–37.

Поступила в редакцию 03.06. 2020