



Георгий КОЛОСОВ

*Полесский государственный университет,
Пинск, Республика Беларусь
e-mail: geox@tut.by*

УДК 332.34:332.365:332.37

**Методика оптимизации размещения
сельскохозяйственных культур по рабочим
участкам пахотных земель
сельскохозяйственных организаций
с одновременной трансформацией
и реализацией требований их охраны**

В статье представлены результаты разработки и научного обоснования метода оптимизации размещения сельскохозяйственных культур на рабочих площадях пахотных земель аграрных предприятий, предполагающего преобразование наделов и реализацию требований, относящихся к их охране.

Ключевые слова: эффективное использование пахотных земель, земельно-кадастровая информация, оптимизация размещения сельскохозяйственных культур, севооборот, почвозащитная способность, трансформация земель.

Georgiy KOLOSOV

*Polesky State University, Pinsk, Republic of Belarus
e-mail: geox@tut.by*

**Methods for optimizing the placement
of agricultural crops on working plots of arable land
of agricultural organizations with simultaneous
transformation and implementation of requirements
for their protection**

The article presents the development and scientific substantiation of a method for optimizing the placement of agricultural crops in working areas of arable land of agricultural organizations with simultaneous transformation and implementation of the requirements for their protection.

Keywords: efficient use of arable land, land cadastre information, optimizing the placement of crops, crop rotation, soil protection capacity, land transformation.

Введение

Современные методические рекомендации, касающиеся ведения контурно-экологических севооборотов, а также оценки и сопоставления рабочих участков на предмет целесообразности размещения посевов определенных видов, предусматривают проведение анализа производительных, пространственных и технологических свойств наделов. При выполнении данной операции отражение упомянутых свойств осуществляется с использованием

© Колосов Г., 2020

разнородных показателей. В частности, пригодность участка для возделывания конкретной сельскохозяйственной культуры оценивается в баллах в промежутке от 0 до 3-х, в зависимости от принадлежности к одному из 12-ти выделенных типов почв; удаленность от фермы измеряется в километрах, содержание гумуса – в процентах и так далее [1, 2].

Проведенный нами критический анализ показал, что оптимизация размещения сельскохозяйственных культур по рабочим участкам с использованием в качестве критериев нескольких разнородных показателей неосуществима. Данное утверждение можно отразить на абстрактном примере сравнения двух рабочих участков, один из которых имеет степень пригодности 2 и удален от фермы на 3 км, а у другого значения соответствующих показателей составляют 3 и 2 км. На приведенном примере видно, что ответить на вопрос, какой из сравниваемых объектов предпочтительнее для размещения посевов, не представляется возможным. С учетом этого очевидно, что для оптимизации размещения сельскохозяйственных культур, возделываемых субъектами хозяйствования на пахотных землях, необходимо разработать как действенную методику, так и механизм ее использования.

Логический анализ содержания процесса размещения сельскохозяйственных культур при проектировании севооборотов на пахотных землях аграрных предприятий позволяет сделать вывод о существовании прямой взаимосвязи между мероприятиями, направленными на преобразование и охрану данных наделов. Так, в качестве причины трансформации земель (например перевода пахотных в луговые) со всей очевидностью может выступать необходимость их охраны, например от проявлений почвенной эрозии. Наличие последней обуславливает потребность в культивировании растений, обладающих почвозащитными свойствами.

Целью исследований стала разработка методики оптимизации размещения культур по рабочим участкам пахотных земель сельскохозяйственных организаций, дающей возможность трансформации и охраны данных наделов.

Материалы и методы

Результаты и выводы, сформулированные в статье, основываются на обобщении большого количества нормативно-справочных документов и методических рекомендаций, а также на применении следующих методов: монографического, сравнительного анализа, логических заключений.

Основная часть

В ходе исследований нами установлено, что процесс научно обоснованной оптимизации размещения сельскохозяйственных культур на пахотных землях отдельно взятых сельскохозяйственных организаций успешно реализуем при соблюдении следующего критически важного условия. Необходимо создание национальной системы для применения кадастровой оценки в качестве базового элемента организационно-экономического механизма повышения эффективности использования пахотных земель [3]. Согласно результатам предпринятых нами аналитических и теоретико-методологических изысканий и выполненных разработок, указанная система должна обеспечивать:

осуществление оценки потенциальной (достижимой при соблюдении требований отраслевых регламентов растениеводства) экономической эффективности использования пахотных земель сельскохозяйственных организаций (соответствующая методика опубликована нами ранее) для повышения объективности актуальных данных очередного государственного тура крупномасштабной кадастровой оценки [4, 5, 6];

проведение, выполняемое с использованием матричного метода, систематизации характеризующих потенциальную экономическую эффективность использования пахотных земель показателей, полученных в результате оценки, с целью формирования информационной базы критериев для последующей экономической оптимизации севооборотов в хозяйствах [3];

использование методики, разработанной Институтом почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, для отнесения рабочих участков пахотных земель к агротехнологическим группам (по степени дефляционной опасности и величине потенциального смыва) для формирования и установления

ограничений экологического характера при оптимизации используемых в хозяйствах систем севооборотов [7];

платный доступ заинтересованных специалистов сельскохозяйственных организаций к профильной информации через систему личных кабинетов. Его наличие позволит частично или полностью окупать затраты, связанные со сбором, систематизацией, обработкой, предоставлением и корректировкой сведений;

предоставление ответственным специалистам сельскохозяйственных организаций консультационных услуг и организацию для данных лиц образовательных курсов с целью обучения методикам использования платных информационных ресурсов. Применение последних позволит ежегодно оптимизировать размещение сельскохозяйственных культур по рабочим участкам пахотных земель, выполнять требования по их охране, своевременно обосновывать необходимость трансформации наделов.

Следует подчеркнуть, что значения обобщающих показателей, применяемых для оценки потенциальной экономической эффективности использования пахотных земель конкретной сельскохозяйственной организации, принятые нами в качестве критериев оптимизации, должны быть определены в отношении каждого вида культивируемых посевов, по всем рабочим участкам, с учетом влияния культур-предшественников. Соответствующие расчеты следует проводить с использованием представленных далее формул 1 и 2.

$$\mathcal{E}_{.jid} = \frac{B.Y_{.jid} - \sum Z.B_{.jid} + \mathcal{C}.G.p_{.jid} + \mathcal{C}.E.P.p_{.jid} - \mathcal{C}.G.v_{.jid} - \mathcal{C}.E.P.v_{.jid}}{\sum Z.B_{.jid} + \mathcal{C}.G.v_{.jid} + \mathcal{C}.E.P.v_{.jid}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{.jid}$ – обобщающий показатель потенциальной экономической эффективности возделывания j -й товарной сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке пахотных земель после d -го предшественника, %; $B.Y_{.jid}$ – потенциальная выручка от реализации прогнозируемого урожая j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли после d -го предшественника, USD/га; $\sum Z.B_{.jid}$ – совокупные потенциальные затраты, необходимые для возделывания j -й сельскохозяйственной культуры на i -м рабочем участке земли после d -го предшественника, USD/га; $\mathcal{C}.G.p_{.jid}$ – количественное выражение ценности гумуса, поступившего в почву i -го оцениваемого участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; $\mathcal{C}.E.P.p_{.jid}$ – количественное выражение ценности элементов питания, поступивших в почву i -го оцениваемого участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; $\mathcal{C}.G.v_{.jid}$ – количественное выражение ценности гумуса, выносимого из почвы i -го оцениваемого участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га; $\mathcal{C}.E.P.v_{.jid}$ – количественное выражение ценности элементов питания, выносимых из почвы i -го оцениваемого участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, USD/га.

$$C_{.jid} = \frac{Z.B_{.jid} + (\mathcal{C}.G.v_{.jid} - \mathcal{C}.G.p_{.jid}) + (\mathcal{C}.E.P.v_{.jid} - \mathcal{C}.E.P.p_{.jid})}{B.Y_{.jid}} \cdot 100, \quad (2)$$

где $C_{.jid}$ – обобщающий показатель потенциальной себестоимости центнера кормовых единиц, получаемого в результате возделывания j -й кормовой сельскохозяйственной культуры на i -м оцениваемом участке пахотных земель после d -го предшественника, USD/ц к.ед.

В связи со значительными объемами вычислений (применительно к каждому рабочему участку, для всех возделываемых культур, с учетом влияния всех возможных предшественников) актуальным представляется снижение трудоемкости расчетов. Данная задача решена нами посредством использования комплекса электронных таблиц, разработанных на базе Microsoft Excel – процессора для работы с последними, являющегося составной частью программного пакета Microsoft Office. В разработанной нами программе ячейки упомянутых таблиц взаимосвязаны, что позволяет

| Номер участка | Общая площадь, га | Площади почв по видам, подверженным выщелачиванию, га | | | | Площади почв по гранулометрическому составу, влияющему на процесс выноса и | | | Площади дефляционно-опасных почв, га | | | Средней угол склона, град. | Дрена тонн, м | Обобщенный поправочный коэффициент к средней норме выработки на пахотные работы | Обобщенный поправочный коэффициент к средней норме выработки на пахотные работы | Фактическое расстояние от центральной полосы, юм | Фактическое расстояние от центра бригады, юм | Коэффициент качества дорог до центральной полосы | Коэффициент качества дорог до хозяйства бригады | Балл плодородия |
|---------------|-------------------|---|--------------------------------|------------------------------|----------|--|------------|-------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|---------------|---|---|--|--|--|---|-----------------|
| | | дерново-подзолистые суглинистые | дерново-подзолистые супесчаные | дерново-подзолистые песчаные | торфяные | песчаные | супесчаные | суглинистые | торфяные и торфяно-мерзлчаные | рыхлосуглинистые, подстильные псаваки | песчаные автомобильные и осушенные заболоченные | | | | | | | | | |
| 7 | 26,9 | | | 21,4 | | 21,4 | 5,5 | | | 21,4 | 2,1 | 448 | 0,79 | 0,8 | | 4,8 | 4,8 | 1,24 | 1,24 | 27,4 |
| 9 | 62,7 | | 3,1 | 14,8 | | 14,8 | 46 | 1,9 | | 14,8 | 1,5 | 909 | 0,76 | 0,77 | 5,7 | 5,7 | 1,21 | 1,21 | 36,1 | |
| 10 | 64,3 | | 48 | 16,3 | | 16,3 | 48 | | | 16,3 | 1,5 | 989 | 0,78 | 0,78 | 5,9 | 5,9 | 1,24 | 1,24 | 48,3 | |
| 11 | 146,3 | | 49,1 | 97,2 | | 97,2 | 49,1 | | | 97,2 | 1 | 1045 | 0,76 | 0,77 | 5,5 | 5,5 | 1,28 | 1,28 | 36,6 | |
| 12 | 96,3 | | 42,9 | 53,4 | | 53,4 | 42,9 | | | 53,4 | 1 | 963 | 0,78 | 0,78 | 3,1 | 3,1 | 1,41 | 1,41 | 41,9 | |

Рис. 1. Представление исходных данных в программе расчета потенциальной экономической эффективности использования пахотных земель для возделывания озимой ржи

осуществлять последовательное выполнение предусмотренных описанной выше методикой математических операций (см. формулы 1 и 2), нацеленных на расчет и систематизацию в матричной форме обобщающих показателей [6]. По сути, указанные таблицы являются полностью автоматизированным программным средством, требующим от пользователя только внесения в ячейки формы, находящейся на начальном листе, исходных данных, отражающих производительные, пространственные, технологические и биоэнергетические свойства рабочих участков пахотных земель. Наглядное отражение системы представления исходных данных на первом листе разработанной нами программы приведено на рисунке 1.

Созданная нами программа на отдельных листах автоматически рассчитывает величину ожидаемой выручки, размеры затрат по основным статьям, а также производит стоимостную оценку результатов изменения плодородия почв. В итоге для определенной культуры формируются (с учетом влияния всех возможных предшественников) матрицы обобщающих показателей оценки, включенных в формулы 1 и 2 (см. рис. 2).

Помимо обобщающих показателей оценки потенциальной экономической эффективности использования пахотных земель сельскохозяйственной организации для определенной культуры, осуществленной с учетом культур-предшественников (см. рис. 2), в автоматическом режиме программой формируются матрицы:

- потенциальных балансов основных элементов питания (соединений азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы);

- прогнозного размера урожая сельскохозяйственной культуры (для представления вспомогательной информации, применяемой при планировании производственного процесса);

- агротехнологической группировки по степени потенциальной подверженности эрозии (ее использование позволяет устанавливать противоэрозионные ограничения при оптимизации размещения сельскохозяйственных культур).

Разработанный нами программный комплекс, состоящий из 24-х книг табличного процессора Microsoft Excel, сформированных для основных сельскохозяйственных культур, возделываемых в Беларуси, может применяться специалистами РУП «Проектный институт Белгипрозем» для систематизации данных очередного крупномасштабного тура кадастрового обследования и формирования на их основе информационных ресурсов, пригодных для коммерческой реализации сельскохозяйственным предприятиям.

| Номер участка | Экономическая эффективность возделывания озимой ржи по основным предшественникам, % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|----------------|----------------|--------|------------------|------|---------|----------------|-------|------|----------|-----------|-----------------|------|------|-----------------|------------------------|----------------------------|---------|----------------------------|--------|
| | Озимая рожь | Озимая пшеница | Яровая пшеница | Ячмень | Озимое тритикале | Овес | Гречиха | Люпин на зерно | Горох | Вика | Кукуруза | Картофель | Сахарная свекла | Лен | Рис | Кормовая свекла | Люпин на зеленую массу | Однолетние бобово-злаковые | Люцерна | Многолетние злаковые травы | Клевер |
| Пашотные земли | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 7 | -4,5 | -4,2 | -4,5 | -3,3 | -4,2 | -1,0 | -1,8 | -1,2 | -0,7 | -0,7 | -1,2 | -1,8 | 0,0 | -1,8 | -1,8 | 0,0 | -0,1 | -1,2 | -0,1 | -1,8 | -0,1 |
| 9 | 12,1 | 12,7 | 12,4 | 13,7 | 12,7 | 16,0 | 15,2 | 15,7 | 16,3 | 16,3 | 15,7 | 15,2 | 0,0 | 15,2 | 15,2 | 0,0 | 16,7 | 15,7 | 16,7 | 15,2 | 16,7 |
| 10 | 10,4 | 10,7 | 10,4 | 11,7 | 10,7 | 14,1 | 13,2 | 13,8 | 14,4 | 14,4 | 13,8 | 13,2 | 0,0 | 13,2 | 13,2 | 0,0 | 15,3 | 13,8 | 15,3 | 13,2 | 15,3 |
| 11 | 2,9 | 3,6 | 3,3 | 4,5 | 3,6 | 7,0 | 6,1 | 6,7 | 7,3 | 7,3 | 6,7 | 6,1 | 0,0 | 6,1 | 6,1 | 0,0 | 7,7 | 6,7 | 7,7 | 6,1 | 7,7 |
| 12 | 6,4 | 7,0 | 6,7 | 8,0 | 7,0 | 10,2 | 9,3 | 9,9 | 10,5 | 10,5 | 9,9 | 9,3 | 0,0 | 9,3 | 9,3 | 0,0 | 11,4 | 9,9 | 11,4 | 9,3 | 11,4 |

Рис. 2. Автоматически сформированная матрица обобщающих показателей оценки потенциальной экономической эффективности использования пахотных земель сельскохозяйственной организации для выращивания озимой ржи (с учетом влияния основных предшественников)

Последние могут использовать упомянутые ресурсы для:
 оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по рабочим участкам пахотных земель;
 принятия решений о трансформации наделов;
 реализации требований, касающихся их охраны;
 формирования экономически эффективных систем контурно-экологических севооборотов, организованных по временному принципу.

По результатам выполненных исследований нами разработана представленная далее методика поэтапной оптимизации процесса выбора участков для высева тех или иных культур.

Этап 1

Производятся ситуационное уточнение и упорядочение информации, необходимой для осуществления оптимизации, предполагающие:

отбор из матриц (см. рис. 2) значений обобщающих показателей потенциальной экономической эффективности использования пахотных земель с учетом культур, возделываемых годом ранее на каждом из оцениваемых участков;

построение для посевов культур, выращиваемых в сельскохозяйственной организации, матриц ранжированных рядов рабочих участков пахотных земель. Используется принцип убывания значений обобщающих показателей потенциальной экономической эффективности использования пахотных земель, выбранных ранее с учетом культур-предшественников.

Для автоматизации операций, связанных с отбором данных из больших массивов в процессе ситуационного уточнения матриц (последние представлены для 24-х основных сельскохозяйственных культур и аналогичны матрице для озимой ржи, представленной на рис. 2) нами разработана отдельная программа. Ее создание осуществлено с использованием табличного процессора Microsoft Excel и языка программирования Visual Basic for Applications. Выбор в качестве программной среды упомянутого процессора обусловлен значительной распространенностью этого программного средства и его освоенностью большинством пользователей, обуславливающей узнаваемость интерфейса и дающей возможность использовать программу любому лицу, имеющему базовые навыки работы с данным компонентом Microsoft Office. Изображение окна упомянутой программы представлено на рисунке 3.

При работе с данной программой от специалиста требуется скопировать матрицы показателей эффективности для основных сельскохозяйственных культур, из которых будет производиться отбор. Они аналогичны представленной на рисунке 2 матрице, сформированной для озимой ржи. Данная операция осуществляется полностью автоматически, посредством нажатия на активную ссылку «Кнопка № 1». Далее в области, предназначенной для отбора коэффициентов по предшественникам, необходимо запрограммировать соответствующие ячейки (в примере, представленном на рисунке 3, для указания, что на рабочем участке № 9 в предыдущем году культивировался

Матрица экономической эффективности возделывания озимой ржи по участкам земель по основным предшественникам (с учетом стоимости изменения плодородия почв)

Кнопка №1
для автоматического копирования показателей по всем сельскохозяйственным культурам
(Начать работу необходимо с нажатия данной кнопки. Оперция занимает 8-10 минут)

Кнопка №2
для формирования матриц
(До нажатия осуществить отбор)

Отбор коэффициентов по предшественникам

Экономическая эффективность возделывания озимой ржи по основным предшественникам, %

| Номер участка | Экономическая эффективность возделывания озимой ржи по основным предшественникам, % | | | | | | | | | | | | | | | Номер отдельно обрабатываемого участка | Площадь отдельно обрабатываемого участка, га | Коэффициент энергетической эффективности с учетом влияния предшественника | | | | | | |
|---------------|---|----------------|----------------|--------|------------------|-------|---------|----------------|-------|-------|----------|-----------|-----------------|-------|-------|--|--|---|-----------------|------------------------|---------------------------------|---------|----------------------------|--------|
| | Озимая рожь | Озимая пшеница | Яровая пшеница | Ячмень | Озимое тритикале | Овес | Гречиха | Люпин на зерно | Горох | Вика | Кукуруза | Киргофель | Сахарная свекла | Лен | Рапс | | | | Кормовая свекла | Люпин на зеленую массу | Однолетние бобово-хлебные травы | Люцерна | Многолетние злаковые травы | Клевер |
| 7 | -4,55 | -4,19 | -4,50 | -3,28 | -4,19 | -0,96 | -1,81 | -1,24 | -0,68 | -1,24 | -1,81 | 0,00 | -1,81 | -1,81 | 0,00 | -0,14 | -1,24 | -0,14 | -1,81 | -0,14 | 7 | 26,9 | -1,81 | |
| 9 | 12,11 | 12,75 | 12,43 | 13,68 | 12,75 | 16,02 | 15,16 | 15,74 | 16,30 | 16,30 | 15,74 | 15,16 | 0,00 | 15,16 | 15,16 | 0,00 | 16,73 | 15,74 | 16,73 | 15,16 | 16,73 | 9 | 62,7 | 13,68 |
| 10 | 10,43 | 10,71 | 10,38 | 11,68 | 10,71 | 14,13 | 13,24 | 13,84 | 14,43 | 14,43 | 13,84 | 13,24 | 0,00 | 13,24 | 13,24 | 0,00 | 15,29 | 13,84 | 15,29 | 13,24 | 15,29 | 10 | 64,3 | 13,24 |
| 11 | 2,92 | 3,58 | 3,25 | 4,54 | 3,58 | 6,97 | 6,08 | 6,68 | 7,26 | 7,26 | 6,68 | 6,08 | 0,00 | 6,08 | 6,08 | 0,00 | 7,73 | 6,68 | 7,73 | 6,08 | 7,73 | 11,1 | 40,5 | 6,68 |
| 12 | 6,36 | 7,04 | 6,70 | 8,03 | 7,04 | 10,24 | 9,33 | 9,94 | 10,54 | 10,54 | 9,94 | 9,33 | 0,00 | 9,33 | 9,33 | 0,00 | 11,42 | 9,94 | 11,42 | 9,33 | 11,42 | 11,2 | 105,8 | 6,97 |
| 13 | 10,36 | 11,03 | 10,69 | 11,69 | 11,03 | 14,16 | 13,26 | 13,87 | 14,46 | 14,46 | 13,87 | 13,26 | 0,00 | 13,26 | 13,26 | 0,00 | 15,33 | 13,87 | 15,33 | 13,26 | 15,33 | 12,1 | 48,1 | 9,33 |
| 14 | 15,49 | 16,14 | 15,82 | 16,78 | 16,14 | 19,17 | 18,30 | 18,88 | 19,46 | 19,46 | 18,88 | 18,30 | 0,00 | 18,30 | 18,30 | 0,00 | 20,29 | 18,88 | 20,29 | 18,30 | 20,29 | 12,2 | 48,2 | 9,33 |

Рис. 3. Общий вид рабочего листа программы, предназначенного для отбора показателей потенциальной экономической эффективности возделывания сельскохозяйственной культуры на рабочем участке по критерию фактического предшественника

ячмень, в ячейку «Z9» необходимо вписать « = E9»). По окончании программирования ячеек на первом листе (он отражает потенциальную эффективность размещения озимой ржи по рабочим участкам после фактических предшественников, см. рис. 3) для остальных сельскохозяйственных культур требуется осуществить схожий отбор. Он выполняется автоматически, посредством нажатия на активную ссылку «Кнопка № 2». Результатом работы программы является формирование матрицы с рядами рабочих участков пахотных земель, ранжированными по принципу убывания значения обобщающего показателя потенциальной экономической эффективности их использования (см. рис. 4).

3 Ранжированная матрица КЭЭ

| Ранг отдельно обрабатываемого участка по энергетической эффективности возделывания культуры | 01 Озимая рожь | | 02 Озимая пшеница | | 03 Озимое тритикале | | 04 Озимый ячмень | | 05 Яровая пшеница | | 06 Яровая тритикале | |
|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|---|
| | Номер отдельно обрабатываемого участка | Показатель экономической эффективности с учетом влияния предшественника | Номер отдельно обрабатываемого участка | Показатель экономической эффективности с учетом влияния предшественника | Номер отдельно обрабатываемого участка | Показатель экономической эффективности с учетом влияния предшественника | Номер отдельно обрабатываемого участка | Показатель экономической эффективности с учетом влияния предшественника | Номер отдельно обрабатываемого участка | Показатель экономической эффективности с учетом влияния предшественника | Номер отдельно обрабатываемого участка | Показатель экономической эффективности с учетом влияния предшественника |
| 1 | 52 | 30,97 | 204 | 46,75 | 204 | 49,63 | 52 | 42,21 | 52 | 30,84 | 52 | 34,45 |
| 2 | 245 | 29,34 | 490 | 41,57 | 490 | 44,94 | 245 | 37,28 | 309 | 24,85 | 309 | 27,56 |
| 3 | 241 | 27,64 | 249 | 40,27 | 249 | 41,65 | 241 | 35,33 | 241 | 24,41 | 245 | 27,42 |
| 4 | 202 | 25,19 | 203 | 38,70 | 203 | 40,28 | 475 | 35,02 | 475 | 24,39 | 241 | 27,20 |
| 5 | 58 | 24,96 | 52 | 33,40 | 489 | 35,14 | 309 | 34,46 | 245 | 24,38 | 475 | 27,19 |
| 6 | 23 | 24,00 | 489 | 31,35 | 242 | 32,92 | 59 | 32,80 | 58 | 22,06 | 58 | 24,69 |
| 7 | 254 | 23,35 | 245 | 30,63 | 245 | 32,28 | 196 | 32,67 | 202 | 21,24 | 202 | 23,83 |
| 8 | 246 | 23,29 | 248 | 30,35 | 248 | 31,95 | 202 | 32,20 | 473 | 20,85 | 473 | 23,35 |

Рис. 4. Автоматически сформированная программой матрица ранжированных рядов рабочих участков пахотных земель

рабочих участков в период проектирования для сенокосения и выпаса скота. Применение данных сведений в ходе оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по критерию максимизации экономической эффективности дает возможность принимать решения о трансформации луговых земель в пахотные и наоборот (см. рис. 4). Для обеспечения полноты данных первичные матрицы упомянутых показателей (см. рис. 1, 2) и дальнейшие результаты их обработки (см. рис. 3, 4) должны содержать оценочные значения, касающиеся как пахотных, так и луговых земель, поскольку последние можно рассматривать в качестве потенциального ресурса для расширения и (или) улучшения пашни.

Рабочие листы программы, относящиеся ко второму виду, содержат запрограммированные области ячеек, предназначенные для непосредственного проектирования севооборотных массивов на будущие годы, с перспективой на 10 лет (см. рис. 6).

Проектное размещение сельскохозяйственных посевов по годам ротации севооборота осуществляется в области программы, выделенной серым цветом, путем внесения данных о площади рабочего участка в ячейку на пересечении его номера и наименования выбранной сельскохозяйственной культуры (см. рис. 6). Выбор осуществляется на основе информации, отраженной в матрицах ранжированных рядов рабочих участков пахотных земель, составленных по принципу убывания значений обобщающих показателей потенциальной экономической эффективности использования (см. рис. 4). При этом ограничения на размещение сельскохозяйственных культур выделяются с использованием метода цветовой индикации. Так, фитосанитарные запреты на посев автоматически задаются посредством изменения серого цвета соответствующей ячейки на розовый (см. рис. 6). Таким же образом отражается факт внесения размера посевной площади в ячейку (смена цвета означает, что участок уже занят). Функция автоматического изменения цвета дает возможность выявлять ошибки пользователя программы. К примеру, последний может задать в серой ячейке площадь, не соответствующую фактической, указанной в начале работы совместно с номером рабочего участка и его принадлежностью к агротехнологическим группам по величине потенциального смыва и степени дефляционной опасности (см. рис. 6, колонки А, В, С, D). Если это случится, соот-

| Номер участка | Площадь участка, га | Агротехно-логическая группа земель | Площадь сельскохозяйственной культуры, га | | | | | | | | | | | | | | | | | | Контрольная сумма площадей | Запрет размещения | | | | | | |
|--|---------------------|------------------------------------|---|----------------|------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|------|-------------------|---------|-------|------|------|-------------|-------------|-----------------|-----------|--------|----------------------------|-------------------|---------|-------------------|----------------|------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | | | Озимая рожь | Озимая пшеница | Озимое тритикале | Озимый ячмень | Яровая пшеница | Яровая тритикале | Яровой ячмень | Овес | Кукуруза на зерно | Гречиха | Горох | Вика | Лен | Яровой рапс | Озимый рапс | Сахарная свекла | Картофель | Клевер | | | Люцерна | Многолетние травы | Люпин на зерно | Однолетние травы | Кукуруза на силос и зеленая корма | Корневые кормовые культуры |
| Итого (план) | 3657 | | 161 | 193 | | | 360 | 160 | | | | | 165 | | | 106 | | | 105 | 910 | | 255 | 105 | | 1137 | 3657 | | |
| Итого (факт) | 3657 | | 0 | 162 | 193 | 0 | 0 | 0 | 361 | 160 | 0 | 0 | 0 | 164 | 0 | 0 | 105 | 0 | 0 | 104 | 0 | 818 | 0 | 256 | 105 | 0 | 1138 | 3566 |
| Необходимо доразместить для выполнения плана | | | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,6 | 0 | 0 | 0,7 | 0 | 0 | 1,3 | 0 | 92,1 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| Возможно разместить по фитосанитарным нормам | | | 90,7 | 77 | 77 | 90,7 | 62,7 | 62,7 | 62,7 | 62,7 | 0 | 62,7 | 62,7 | 62,7 | 62,7 | 62,7 | 90,7 | 0 | 0 | 90,7 | 90,7 | 90,7 | 62,7 | 62,7 | 0 | 0 | 90,7 | |
| 9 | 62,7 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | !!! |
| 10 | 64,3 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 64,3 | | | | | 64,3 | |
| 11.1 | 40,5 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 40,5 | 40,5 |
| 11.2 | 105,8 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 106 | 105,8 |
| 12.1 | 48,1 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 48,1 | 48,1 |
| 12.2 | 48,2 | 2 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 48,2 | 48,2 |
| 13 | 92,6 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 92,6 | 92,6 |
| 14.1 | 45,4 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 45,4 | 45,4 |
| 14.2 | 45,4 | 1 | 2 | | 45,4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 45,4 | 45,4 |
| 14.3 | 45,5 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 45,5 | 45,5 |
| 15 | 3,8 | 2 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,8 | 3,8 |
| 16 | 26,1 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 26,1 | 26,1 |
| 18 | 14,3 | 2 | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | !!! |

Рис. 6. Общий вид рабочей области программно реализованной модели оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по рабочим участкам, предназначенной для проектирования севооборотов

ветствующая ячейка в колонке «Контрольная сумма показателей» окрасится в красный цвет. Автоматическая программная заливка ячейки с площадью желтым либо зеленым цветом (см. рис. 6, ячейки B17 и B29) указывает на необходимость размещения в границах участка культур, обладающих, соответственно, средней и высокой либо только высокой почвозащитной способностью.

Одновременно программа в режиме реального времени (автоматически производя перерасчет после каждого действия пользователя) сопоставляет общую площадь земель, на которых требуется разместить культуры, обладающие определенной почвозащитной способностью, с размерами оставшегося до изначально запланированной величины массива (см. рис. 6, строки 5 и 7). Сближение значений данных показателей сигнализирует пользователю о том, что ориентироваться следует не на потенциальную экономическую эффективность (см. рис. 4), а на уровень почвозащитной способности культур, размещаемых на участках, площади которых обозначены соответственно желтой или зеленой заливкой (см. рис. 6, ячейки B17 и B29).

Рабочие участки, которые в процессе планирования размещения сельскохозяйственных культур окажутся исключенными из массива пахотных земель, величина которого ограничена запланированными площадями посевов (см. рис. 6, строка 12), подлежат трансформации в луговые по причине относительно низкой потенциальной экономической эффективности севооборотов. Площади данных участков следует указать в соответствующем столбце (см. рис. 6, колонка AC).

Следует отметить, что выше описана лишь основная концепция функционирования программы, построенной на принципах имитационного моделирования процесса оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по рабочим участкам пахотных земель, предполагающего их трансформацию и реализацию требований, касающихся охраны.

Помимо уже перечисленных функций, у разработанного нами программного средства имеются иные. Среди них следует выделить полностью автоматизированный процесс формирования сводной таблицы проектируемой системы севооборота в хозяйстве за 10 лет ротации, с распределением культур по группам согласно почвозащитной способности, осуществляемым с применением описанного выше метода цветовой индикации. Системное отражение использования определенного рабочего участка в течении 10-ти лет в сочетании с информацией о его экологическом состоянии (в форме отнесения к определенной агротехнологической группе, осуществляемого с учетом величины потенциального смыва и степени дефляционной опасности) позволяет наглядно проследить почвозащитную направленность проектируемой системы севооборотов (см. рис. 7).

В целом на данном этапе, непосредственно связанном с ежегодным размещением сельскохозяйственных культур по рабочим участкам пахотных земель, обеспечивающим реализацию требований к их охране и обоснование необходимости трансформации, предполагается выполнение следующей последовательности действий:

включение в имитационную программную модель (табличную форму, предназначенную для размещения сельскохозяйственных культур первого проектного года) первичной информации о номерах и площадях рабочих участков пахотных и луговых земель с целью ее автоматического копирования на остальные листы программы (см. рис. 6);

отражение в таблице, предназначенной для сельскохозяйственных культур первого проектного года, сведений об отнесении рабочих участков пахотных и луговых земель к агротехнологическим группам по степени дефляционной опасности и величине потенциального смыва. Таким образом автоматически формируется перечень ограничений противозерозионного характера;

внесение в соответствующие таблицы имитационной программной модели сведений о схеме севооборота, используемой на протяжении 4-х предшествующих лет (для автоматического отражения фитосанитарных ограничений);

осуществляемое исходя из логически понятного принципа отведения лучших земель под наиболее экономически эффективные посевы определение порядка распределения сельскохозяйственных культур, выполняемое путем соотнесения средневзвешенных значений ряда обобщающих показателей потенциальной экономической эффективности возделывания каждой из них на оцениваемом массиве рабочих участков (см. формулы 1 и 2);

Рис. 7. Общий вид рабочей области программно реализованной модели оптимизации размещения сельскохозяйственных культур по рабочим участкам, предназначенной для автоматического формирования сводной таблицы проектируемой системы севооборота за 10 лет его ротации, с распределением культур по группам согласно почвозащитной способности

размещение сельскохозяйственных культур на пахотных и луговых землях с учетом необходимости трансформации последних в пашню, выполняемое согласно последовательности, отраженной в матрице ранжированных рядов (см. рис. 4), с учетом запланированных площадей посевов, а также отраженных программой противоэрозионных и фитосанитарных запретов (см. рис. 6);

проектирование хозяйственного использования в качестве луговых рабочих участков, не включенных по результатам проектного размещения запланированных площадей сельскохозяйственных культур в контурный эколого-экономический севооборот на пахотных землях.

Этап 3

Выполняется экономическое обоснование разработанного плана оптимизации размещения сельскохозяйственных культур, заключающееся в сопоставлении экономических показателей используемой в конкретной сельскохозяйственной организации системы севооборотов с ее проектным вариантом, предполагающее осуществление разработанной и описанной нами далее последовательности математических вычислений.

Расчет показателя общей потенциальной экономической эффективности возделывания товарных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации (применительно к каждому из 10-ти лет условной ротации фактического и проектного вариантов их размещения) проводится с использованием формулы:

$$O.Э._i(t) = \frac{\sum_{j=1}^I (B.Y._{jid} + Ц.Г.п._{jid} + Ц.Э.П.п._{jid}) - \sum_{i=1}^I (3.B._{jid} + Ц.Г.в._{jid} + Ц.Э.П.в._{jid})}{\sum_{i=1}^I (3.B._{jid} + Ц.Г.в._{jid} + Ц.Э.П.в._{jid})} \cdot 100, \quad (3)$$

где $O.Э._i(t)$ – общая потенциальная экономическая эффективность возделывания совокупности товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации в t -м году ротации севооборота, %; i – величина оцениваемого рабочего участка пахотных земель, га; I – совокупный размер оцениваемых участков пахотных земель, га.

Для расчета среднеарифметических показателей общей потенциальной экономической эффективности возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях аграрного предприятия за 10-летний цикл условной ротации фактического и проектного вариантов севооборота, с использованием зависимости, применяется формула:

$$O.Э. = \frac{\sum_{t=1}^{10} O.Э._i}{10}, \quad (4)$$

где $O.Э.$ – среднеарифметический показатель общей потенциальной экономической эффективности возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации севооборота, %.

Определение общей потенциальной себестоимости производства центнера кормовых единиц в результате возделывания кормовых культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации, отдельно по каждому из 10-ти лет условной ротации фактического и проектного вариантов их размещения, выполняется по формуле:

$$O.C._i(t) = \frac{\sum_{i=1}^I (3.B._{jid} + (Ц.Г.в._{jid} - Ц.Г.п._{jid}) + (Ц.Э.П.в._{jid} - Ц.Э.П.п._{jid}))}{\sum_{i=1}^I П.У._{jid}} \cdot 100, \quad (5)$$

где $O.C._i(t)$ – общая потенциальная себестоимость производства центнера кормовых единиц в результате возделывания кормовых культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации в t -м году ротации севооборота, USD/ц к.ед.; $П.У._{jid}$ – питательная ценность прогнозируемого урожая j -й сельскохозяйственной культуры с i -го оцениваемого участка пахотных земель после d -го предшественника, к.ед./ц.

Формула для расчета среднеарифметических показателей общей потенциальной себестоимости производства центнера кормовых единиц в результате возделывания кормовых сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации фактического и проектного вариантов севооборота, с использованием зависимости, имеет следующий вид:

$$O.C. = \frac{\sum_{t=1}^{10} O.C._i}{10}, \quad (6)$$

где $O.C.$ – среднеарифметический показатель общей потенциальной себестоимости производства центнера кормовых единиц в результате возделывания кормовых сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации севооборота, USD/ц к.ед.

Сопоставление среднеарифметических фактических и проектных показателей (формулы 4, 6) по условиям, математически отраженным в неравенствах (формулы 7, 8), производится следующим образом:

$$\bar{O.Э.}(ф.) < \bar{O.Э.}(п.), \quad (7)$$

где $\bar{O.Э.}(ф.)$ – среднеарифметический показатель общей потенциальной экономической эффективности возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации фактического варианта севооборота; $\bar{O.Э.}(п.)$ – среднеарифметический показатель общей потенциальной экономической эффективности

возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации проектного варианта севооборота.

Сопоставление проектного и фактического среднеарифметических показателей общей потенциальной себестоимости производства центнера кормовых единиц осуществляется с использованием формулы:

$$O.C.(ф.) \leq O.C.(п.), \quad (8)$$

где $O.C.(ф.)$ – среднеарифметический показатель общей потенциальной себестоимости производства центнера кормовых единиц в результате возделывания кормовых сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации фактического варианта севооборота; $O.C.(п.)$ – среднеарифметический показатель общей потенциальной себестоимости производства центнера кормовых единиц в результате возделывания кормовых сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации проектного варианта севооборота.

Расчет показателя общего потенциального экономического эффекта от возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации по каждому из 10-ти лет условной ротации фактического и проектного вариантов размещения товарных сельскохозяйственных культур выполняется по формуле:

$$O.П._{ji}(t) = \sum_{i=1}^I ((B.Y._{jid} + Ц.П.п._{jid}) \cdot П.и) - \sum_{i=1}^I ((\sum 3.B._{jid} + Ц.П.в._{jid}) \cdot П.и), \quad (9)$$

где $O.П._{ji}(t)$ – общий потенциальный экономический эффект от возделывания совокупности товарных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации в t -м году ротации севооборота, USD/га.

Для расчета среднеарифметического показателя, отражающего общий потенциальный экономический эффект от возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за 10-летний цикл условной ротации проектного варианта севооборота по отношению к фактически действующей схеме размещения посевов по полям и рабочим участкам, применяется формула:

$$O.П. = \frac{\sum_{t=1}^{10} O.П._{ji}(п.)}{10} - \frac{\sum_{t=1}^{10} O.П._{ji}(ф.)}{10}, \quad (10)$$

где $O.П.$ – среднеарифметический показатель общего потенциального экономического эффекта от возделывания товарных сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за полный цикл условной ротации севооборота, USD/га; $O.П._{ji}(п.)$ – общий потенциальный экономический эффект от возделывания совокупности товарных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за время ротации проектного варианта севооборота, USD/га; $O.П._{ji}(ф.)$ – общий потенциальный экономический эффект от возделывания совокупности товарных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за время ротации фактического варианта севооборота, USD/га.

Для автоматизации значительного массива математических вычислений (см. формулы 3–10) нами разработана программа с применением табличного процессора Microsoft Excel и языка программирования Visual Basic for Applications. Полная автоматизация расчетов при ее использовании снижает трудоемкость этапа экономического обоснования разработанного плана оптимизации размещения сельскохозяйственных культур (см. рис. 6, 7) до минимума. Вычисление осуществляется пользователем посредством нажатия на активную ссылку «Кнопка для автоматического расчета показателей» (см. рис. 8).

| Год ротации севооборота | | Средневзвешенная экономическая эффективность возделывания товарных сельскохозяйственных культур, % | | | | | | | | | | | | | | Обобщенный показатель средневзвешенной экономической эффективности по товарным сельскохозяйственным культурам | Средневзвешенная себестоимость центнера кормовых единиц при возделывании кормовых сельскохозяйственных культур, USD/ц. к. ед. | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|--|----------------|------------------|---------------|----------------|------------------|---------------|--------|-------------------|---------|-------|--------|--------|-------------|---|---|-----------------|-----------|--------|---------|-------------------|----------------|------------------|----------------------------------|---------------------|
| | | Озимая рожь | Озимая пшеница | Озимое тритикале | Озимый ячмень | Яровая пшеница | Яровое тритикале | Яровой ячмень | Овес | Кукуруза на зерно | Гречиха | Горох | Вика | Лен | Яровой рапс | | Озимый рапс | Сахарная свекла | Картофель | Клевер | Люцерна | Многолетние травы | Лужки на зерно | Однолетние травы | Кукуруза на силос и зеленый корм | Кормовые корнеплоды |
| 1 год | #ДЕЛО! | 20.49 | 19.55 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 9.87 | -3.30 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 34.74 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 103.86 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 23.21 | #ДЕЛО! | 5.08 | 5.47 | #ДЕЛО! | 9.31 | 5.44 | #ДЕЛО! | 6.14 |
| 2 год | #ДЕЛО! | 20.17 | 20.66 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 11.19 | -1.65 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 30.38 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 115.06 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 24.37 | #ДЕЛО! | 5.07 | 5.50 | #ДЕЛО! | 9.18 | 6.36 | #ДЕЛО! | 6.21 |
| 3 год | #ДЕЛО! | 22.13 | 19.72 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 12.08 | -4.18 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 35.85 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 107.50 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 24.93 | #ДЕЛО! | 5.16 | 5.44 | #ДЕЛО! | 9.36 | 6.09 | #ДЕЛО! | 6.18 |
| 4 год | #ДЕЛО! | 18.67 | 19.75 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 11.70 | -2.77 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 31.34 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 113.75 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 24.21 | #ДЕЛО! | 5.10 | 5.41 | #ДЕЛО! | 9.14 | 6.19 | #ДЕЛО! | 6.13 |
| 5 год | #ДЕЛО! | 20.19 | 19.43 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 14.75 | -3.18 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 31.17 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 82.76 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 22.59 | #ДЕЛО! | 5.45 | 5.43 | #ДЕЛО! | 9.45 | 5.77 | #ДЕЛО! | 6.19 |
| 6 год | #ДЕЛО! | 19.78 | 19.04 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 12.87 | -1.74 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 27.13 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 110.21 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 23.71 | #ДЕЛО! | 5.13 | 5.43 | #ДЕЛО! | 9.73 | 5.16 | #ДЕЛО! | 6.20 |
| 7 год | #ДЕЛО! | 19.84 | 21.27 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 9.93 | -4.39 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 34.32 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 100.27 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 22.84 | #ДЕЛО! | 5.25 | 5.46 | #ДЕЛО! | 9.51 | 5.84 | #ДЕЛО! | 6.24 |
| 8 год | #ДЕЛО! | 18.77 | 21.40 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 12.91 | -2.82 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 33.44 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 115.07 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 25.09 | #ДЕЛО! | 5.31 | 5.48 | #ДЕЛО! | 9.17 | 6.73 | #ДЕЛО! | 6.24 |
| 9 год | #ДЕЛО! | 20.14 | 20.20 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 10.21 | -4.44 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 38.89 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 101.20 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 23.61 | #ДЕЛО! | 5.08 | 5.50 | #ДЕЛО! | 9.31 | 5.39 | #ДЕЛО! | 6.15 |
| 10 год | #ДЕЛО! | 18.67 | 20.40 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 12.37 | -2.07 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 30.17 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 105.30 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 23.54 | #ДЕЛО! | 5.07 | 5.46 | #ДЕЛО! | 9.40 | 5.91 | #ДЕЛО! | 6.18 |
| Средн ариф метич еское значение | #ДЕЛО! | 19.88 | 20.14 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 11.79 | -3.05 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 32.74 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 105.50 | #ДЕЛО! | #ДЕЛО! | 23.81 | #ДЕЛО! | 5.17 | 5.46 | #ДЕЛО! | 9.36 | 5.89 | #ДЕЛО! | 6.19 |

Кнопка
для автоматического расчета показателей
(Начать работу необходимо с нажатия данной кнопки. Оперция занимает 10-15 минут)

Рис. 8. Общий вид рабочей области программы, предназначенной для экономического обоснования разработанного плана оптимизации размещения сельскохозяйственных культур

Этап 4

Осуществляется экологическое обоснование плана оптимизации размещения культур по рабочим участкам пахотных земель сельскохозяйственной организации, заключающееся в достижении за полный цикл условной ротации севооборота бездефицитного баланса гумуса и основных элементов питания почв (соединений азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы).

Обоснование заключается в определении разности между объемами элементов почвенного плодородия, поступившими и вынесенными в процессе культивирования товарных и кормовых посевов за полный цикл условной ротации проектируемого севооборота.

Представленная в виде формулы 11 методика расчета баланса гумуса отражает общую концепцию вычислений для каждого из элементов питания:

$$\Delta \Gamma = \frac{\sum_{t=1}^{10} (\Gamma.п._{jid} - \Gamma.в._{jid})}{10}, \tag{11}$$

где $\Delta \Gamma$ – среднеарифметический показатель баланса гумуса в результате возделывания сельскохозяйственных культур на пахотных землях сельскохозяйственной организации за полный цикл условной ротации севооборота, т/га; $\Gamma.п._{jid}$ – количество гумуса, поступившего в почву i -го оцениваемого участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, т/га; $\Gamma.в._{jid}$ – количество гумуса, выносимого из почвы i -го оцениваемого участка земли при возделывании j -й сельскохозяйственной культуры после d -го предшественника, т/га;

Автоматизация значительного массива математических вычислений реализована нами в описанной выше программе (см. рис. 8) на отдельных листах. Пример выполнения автоматического расчета и систематизации показателей, относящихся к азоту, представлен на рисунке 9.

| Баланс азота по участкам обрабатываемых земель, т/га | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---|
| Номер отдельно обрабатываемого участка | Площадь отдельно обрабатываемого участка, га | Агротехнологическая группа земель | | Суммарный баланс азота, т/га | | | | | | | | | | Суммарный баланс азота отдельно обрабатываемого участка, т/га |
| | | по величине потенциального смыва | по степени дефляционно-опасности | 1 год | 2 год | 3 год | 4 год | 5 год | 6 год | 7 год | 8 год | 9 год | 10 год | |
| 7 | 26,9 | 2 | 5 | 0,16316 | 287,433 | 292,711 | 292,711 | 292,711 | 292,711 | 0,16316 | 287,433 | 292,711 | 292,711 | 2331,46 |
| 9 | 62,7 | 2 | 3 | -0,02064 | 0,18859 | 320,184 | 327,529 | 0,04091 | 0,04986 | 414,275 | 0,02906 | -0,02064 | 0,18859 | 1062,44 |
| 10 | 64,3 | 2 | 3 | 344,841 | -0,07217 | -0,06821 | 480,8 | -0,0864 | -0,12157 | 0,14722 | 336,46 | 344,841 | -0,07217 | 1506,67 |
| 11,1 | 40,5 | 2 | 4 | -0,13902 | 0,14855 | 310,193 | 316,9 | 316,9 | 316,9 | -0,09133 | -0,13902 | 0,14855 | 310,193 | 1571,01 |
| 11,2 | 105,8 | 2 | 4 | 0,14855 | 310,193 | 316,9 | 316,9 | 316,9 | -0,09133 | -0,13902 | 0,14855 | 310,193 | 316,9 | 1888,05 |
| 12,1 | 48,1 | 2 | 4 | -0,096 | -0,14038 | 0,1426 | 322,351 | 329,88 | 329,88 | 329,88 | -0,096 | -0,1388 | 0,1426 | 1311,81 |
| 12,2 | 48,2 | 2 | 4 | 329,88 | -0,096 | -0,14038 | 0,1426 | 322,351 | 329,88 | 329,88 | 329,88 | -0,096 | -0,14038 | 1641,54 |
| 13 | 92,6 | 2 | 3 | 0,15041 | 330,635 | 338,68 | -0,06896 | -0,06396 | 469,231 | -0,08276 | -0,11235 | 0,15041 | 330,635 | 1469,15 |

Рис. 9. Общий вид рабочей области программы, предназначенной для экологического обоснования разработанного плана оптимизации размещения сельскохозяйственных культур

Выводы

Задача оптимизации размещения культур по имеющимся в распоряжении сельскохозяйственных организаций рабочим участкам пахотных земель (с одновременной трансформацией последних и реализацией требований, касающихся их охраны) решена нами путем применения концепции имитационного моделирования, реализованной в основном методом компьютерного программирования. В качестве неперемного условия системного использования описанной выше методики оптимизации выступает необходимость создания в стране организационно-экономического механизма повышения эффективности использования пахотных земель, базирующегося на системном применении результатов кадастровой оценки.

Внедрение на государственном уровне организационно-экономического механизма повышения эффективности использования пахотных земель возможно лишь при изменении психологии администрации объектов хозяйствования. Посредством информирования управленцев и проведения с ними просветительской работы необходимо добиться осознания руководителями аграрных предприятий того, что каждый обрабатываемый участок обладает уникальными особенностями, учет которых при размещении сельскохозяйственных культур может приносить значительный экономический эффект, получаемый без дополнительных затрат на агротехнику.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические рекомендации по оптимизации структуры посевных площадей и ведению контурно-экологических севооборотов; сост. П. И. Никончик [и др.]. – Минск: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2004. – 28 с.
2. Оптимизация структуры посевных площадей, организация и ведение контурных почвенно-экологических севооборотов в условиях специализации сельского хозяйства (методические рекомендации); сост. П. И. Никончик [и др.]. – Минск: НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию, Институт почвоведения и агрохимии, 2011. – 68 с.

3. Колосов, Г. Организационно-экономический механизм повышения эффективности использования пахотных земель на уровне сельскохозяйственных организаций / Г. Колосов // Аграрная экономика. – 2019. – № 12. – С. 25–35.
4. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур: сборник отраслевых регламентов / НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию; ред.: В. Г. Гусаков, Ф. И. Привалов. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 288 с.
5. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Ф. И. Привалов [и др.]; ред.: В. Г. Гусаков, Ф. И. Привалов // НАН Беларуси, Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск: Беларуская навука, 2012. – 469 с.
6. Колосов, Г. В. Организация эффективного использования пахотных земель (на материалах Брестской области) / Г. В. Колосов. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – 72 с.
7. Проектирование противоэрозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси. Рекомендации / Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси; под общ. ред. А. Ф. Черныша. – Минск, 2005. – 52 с.

Поступила в редакцию 30.07. 2020