

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра информатики и программирования

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ РАСЧЕТА ДОЗ
ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПО
ПРОГНОЗНОМУ РОТАЦИОННОМУ БАЛАНСУ ЭЛЕМЕНТОВ
ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ В МЕЛИОРАТИВНОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студентки 2 курса 273 группы

направления 02.04.03 — Математическое обеспечение и администрирование
информационных систем

факультета КНиИТ

Ивановой Александры Денисовны

Научный руководитель

д. т. н., доцент

А. С. Фалькович

Заведующий кафедрой

к. ф.-м. н., доцент

М. В. Огнева

Саратов 2023

ВВЕДЕНИЕ

Проблема повышения эффективности использования удобрений в земледелии является актуальной и требует решения. В условиях растущей потребности в продовольствии, улучшение качества и количества сельскохозяйственных культур становится одной из важнейших задач в земледелии. Оптимальное применение удобрений является ключевым фактором для достижения максимального урожая и экономической эффективности в земледелии. При этом, недостаточное или избыточное количество удобрений может привести к уменьшению урожая, загрязнению почвы и окружающей среды. [1]

В настоящее время для таких видов расчета часто используются электронные таблицы, и хотя это довольно удобно для простых расчетов, однако в какой-то момент таблицы могут стать неэффективными и сложными для использования, если требуется производить более сложные расчеты или обрабатывать большие объемы данных. Кроме того, использование электронных таблиц может быть непрактичным, если необходимо автоматизировать процесс расчетов или обеспечить надежную защиту данных.

Таким образом, данная тема исследовательской работы имеет практическую значимость и может способствовать повышению эффективности использования удобрений в мелиоративном земледелии.

Основной целью данной работы является разработка программного продукта для расчета доз органических и минеральных удобрений по прогнозируемому ротационному балансу элементов питания растений в мелиоративном земледелии

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- Анализ литературных источников, исследование методов расчета.
- Изучение необходимых для разработки инструментов.
- Выбор простых и эффективных методов решения задачи.
- Разработка алгоритмов расчета доз удобрений, баланса веществ, и других

необходимых вычислений на языке программирования python.

- Разработка понятного интерфейса для данного программного продукта с использованием библиотеки PyQt5.

Работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка из 32х источников и одного приложения.

В глава «Расчет баланса питательных веществ» представлен анализ необходимых для расчетов формул, а так же описываются необходимые входные данные, такие как таблицы с указанием содержания того или иного вещества в каком-либо удобрении.

В главе «Инструменты разработки» записываются инструменты, используемые для разработки, обосновывается выбор языка и нужных библиотек.

В «Разработка программного обеспечения» главе описываются результаты разработки и производится анализ полученных результатов. Делаются выводы и оценивается перспективность разработанного приложения.

1 Расчет баланса питательных веществ

Данный раздел содержит анализ необходимых для расчета формул, а также описываются необходимые входные данные, которые будут использоваться при расчетах.

Баланс питательных веществ представляет собой количественное выражение содержания питательных веществ в почве на определенной площади, учитывая все источники поступления и расхода в течение определенного промежутка времени [2] [3].

Далее приводится список источников, которые обеспечивают поступление и расхода питательных веществ, а также описывается важность соблюдения баланса.

1.1 Баланс азота

Азот - основного элемента, определяющего количество и качество урожая. Далее описывается, почему баланс азота так важен для урожайности. [4].

Уравнение баланса азота может быть представлено следующим образом:

$$B_n = \frac{\sum D_{min} \cdot CN_{min}}{100} + 10 \cdot \sum D_{org} \cdot CN_{org} - Y \cdot (B_a - A\phi) \quad (1)$$

Определение баланса азота включает учет этих составляющих и позволяет оценить эффективность использования азота в земледелии.

Где B_n — баланс доступного азота, кг/га; Y — урожайность возделываемой культуры, т/га; D_{min} — дозы внесения минеральных азотосодержащих удобрений в туках, кг/га; D_{org} — дозы внесения органических удобрений, т/га; CN_{min} — содержание азота в минеральном удобрении; CN_{org} — содержание азота в органическом удобрении; V_a — вынос азота с урожаем основной и побочной продукции, кг/т; $A\phi$ — биологическая фиксация азота клубеньковыми бактериями бобовых культур, кг/т, (принимается равной 10 кг/т сена бобовых трав, 0,5 кг/т

зеленого корма злакобобовых травосмесей, 26 кг/т зерна сои).

1.2 Баланс фосфора

Баланс фосфора в земледелии имеет важное практическое значение. Фосфор является неотъемлемым элементом для растений и играет важную роль в общей жизнедеятельности экосистем.

Баланс фосфора рассчитывается по формуле:

$$B_P = \frac{D_{\min} \cdot C_{\phi_{\min}}}{100} + 10 \cdot \sum (D_{\text{org}} \cdot C_{P_{\text{org}}}) - Y \cdot V_p \quad (2)$$

Где B_P — баланс доступного фосфора, кг/га; — урожайность возделываемой культуры, т/га; D_{\min} — дозы внесения минеральных фосфоросодержащих удобрений в туках, кг/га; D_{org} — дозы внесения органических удобрений, т/га; $C_{P_{\min}}$ — содержание фосфора в минеральном удобрении; $C_{P_{\text{org}}}$ — содержание фосфора в органическом удобрении; V_P — вынос фосфора с урожаем основной и побочной продукции, кг/т.

1.3 Баланс калия

Калий является неотъемлемым макроэлементом для растений, играющим важную роль во многих биологических процессах. Он входит в состав клеток и тканей растений, где выполняет разнообразные функции, такие как регуляция осмотического давления, участие в белковом синтезе, активация ферментов и прочие.

Уравнение баланса калия имеет вид:

$$B_k = \frac{\sum D_{\min} \cdot C_{K_{\min}}}{100} + 10 \cdot \sum D_{\text{org}} \cdot C_{K_{\text{org}}} - V_k \cdot Y \quad (3)$$

где B_k — баланс доступного калия, кг/га; — урожайность возделываемой культуры, т/га; D_{\min} — дозы внесения минеральных калийсодержащих удобрений,

ний в туках, кг/га; D_{org} — дозы внесения органических удобрений, т/га; $C_{K_{\text{min}}}$ — содержание калия в минеральном удобрении; $C_{K_{\text{org}}}$ — содержание калия в органическом удобрении; V_k — вынос азота с урожаем основной и побочной продукции, кг/т.

1.4 Расчет баланса гумуса

В данном разделе описываются формулы, необходимые для расчета баланса гумуса.

При отсутствии ирригационной эрозии и процессов вторичного осолонцевания уравнение баланса гумуса в пахотном слое почв имеет следующий вид:

$$\pm B_h = I_h - O_h \quad (4)$$

где B_h — баланс гумуса, I_h — приход гумуса в результате гумификации растительных остатков и органических удобрений, O_h — расход гумуса в результате его минерализации.

В расходной статье баланса гумуса определяются потери гумуса, рассчитанные на основе размеров выноса культурами севооборота почвенного азота.

Формула для определения потерь гумуса имеет вид:

$$O_h = \frac{Y \cdot V_n}{50} \quad (5)$$

где O_h — потери гумуса, т/га; Y — урожайность, т/га; V_n вынос азота на 1 т урожая, кг; 50 – коэффициент, учитывающий соотношение азота к углероду и размерности входящих в формулу показателей.

Из приходных статей баланса гумуса учитывается его образование при гумификации пожнивных и корневых остатков культур и органических удобрений. Эта величина определяется по объему пожнивных (ПП) и корневых остатков

(ПК) и органических удобрений (Дорг). Далее следует формула.

Поступление пожнивных и корневых остатков определяется с помощью регрессионных зависимостей их от урожайности сельскохозяйственной культуры. Поступление органических веществ с удобрениями SV_{org} определяется по формуле:

$$SV_{org} = F_v \cdot \left(1 - \frac{\%HM}{100}\right) \quad (6)$$

где %HM – влажность органического удобрения, .

1.5 Оценка изменения содержания гумуса и элементов питания в пахотном слое почвы

В качестве стандартного слоя, который используется для анализа и оценки баланса гумуса, элементов питания и влияния агротехнологий на потенциальную и эффективную плодородность, принимается верхний слой почвы с глубиной 30 см. Значимость этих изменений определяется выходом за пределы установленного диапазона колебаний для содержания гумуса или изменением категории обеспеченности элементом питания. Это позволяет сделать выводы о долгосрочных изменениях плодородия почвы и эффективности применяемых агротехнологий.

1.5.1 Изменение содержания гумуса

В данном параграфе приводятся необходимые формулы для расчетов изменений содержания гумуса в 30 сантиметровом слое почвы.

1.5.2 Изменение содержания доступного фосфора и обменного калия

В данном параграфе приводятся необходимые формулы для расчетов изменений содержания доступного фосфора и обменного калия в почве.

1.6 Расчет доз органических и минеральных удобрений по прогнозному ротационному балансу элементов питания растений

В этом разделе описывается метод расчета доз удобрений, который основан на использовании прогнозного ротационного баланса элементов питания. [5] [6].

Общая доза удобрения для каждого основного элемента питания рассчитывается как произведение ротационного коэффициента баланса и выноса питательного элемента с планируемой урожайностью согласно соответствующим формулам

$$\text{Азот} - D_n = K_n \cdot Y \cdot (V_n - A\varphi) \quad (7)$$

$$\text{Фосфор} - D_p = K_p \cdot Y \cdot V_p \quad (8)$$

$$\text{Калий} - D_k = K_k \cdot Y \cdot V_k \quad (9)$$

$$(10)$$

где K_n, K_p, K_k — ротационные коэффициенты баланса, характеризующие доли элементов питания, идущие на регулирование эффективного почвенного плодородия; V_n, V_p, V_k — выносы элемента питания с урожаем, кг/т; $A\varphi$ — уровень азотфиксации бобовых культур.

Ротационный коэффициент баланса азота принимается равным 1. Ротационные коэффициенты для фосфора и калия определяются с помощью линейной интерполяции по формуле:

$$K = K_{\max} - (X - X_{\min}) \times \frac{(K_{\max} - K_{\min})}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (11)$$

где K_{\max}, K_{\min} — максимальное и минимальное значения коэффициента возмещения выноса данной группы обеспеченности почв доступным эле-

ментом питания; X_{\max} и X_{\min} — максимальное и минимальное содержание элемента питания для данной группы обеспеченности; X — конкретное содержание элемента питания в почве орошаемого поля севооборота.

Доза органических удобрений определяется по доле от общей потребной дозы доступного азота:

$$D_{orgn} = \frac{D_n \cdot P_{orgn}}{100} \quad (12)$$

где D_{orgn} — доза азота, которую необходимо внести с органическими удобрениями, кг д.в./га; D_n — общая доза доступного азота, необходимая для поддержания его бездефицитного ротационного баланса, кг д.в./га; P_{orgn} — доля покрытия балансовой потребности в доступном азоте с помощью органических удобрений в процентах.

Расчет необходимой дозы внесения конкретного вида органического удобрения определяется по формуле:

$$D_{org} = \frac{D_{orgn}}{10 \cdot C_{orgn}} \quad (13)$$

где D_{org} — доза органического удобрения, т/га; D_{orgn} — как в предыдущей формуле; C_{orgn} — содержание азота в конкретном виде органического удобрения.

Далее в работе приводятся формулы для вычисления каждого вида минерального удобрения.

2 Инструменты разработки

В данном разделе описаны выбранные инструменты для разработки и создания интерфейса

2.1 Язык программирования python

Python - это высокоуровневый язык программирования, который был разработан Гвидо ван Россумом и впервые выпущен в 1991 году. Он прославился своей простотой, ясностью и читаемостью кода, что делает его одним из наиболее популярных языков программирования в мире.

Данный язык обладает огромным количеством преимуществ, что делает его самым лучшим выбором для разработки небольших проектов для научных исследований. Далее в работе описываются основные преимущества языка

2.2 Библиотека pandas

Для текущего проекта стоял выбор — где можно хранить данные. Хранилище данных должно быть легковесным, а так же быстродейственным. Сначала для хранения данных было принято решение использовать СУБД SQLite. Однако, после небольшого анализа, было принято решение не использовать СУБД вообще, а перейти к хранению данных в csv файлах и доступа к ним через библиотеку pandas для python. Причина данного изменения в том, что использования движка базы данных, даже очень урезанного, в данном случае излишне, потому что количество данных не велико, и эти данные не требуют сложной обработки. [7]

2.3 Создание интерфейса с помощью библиотеки PyQt5

Понятный пользовательский интерфейс - это ключевой элемент успешного продукта, поскольку он определяет, насколько легко и быстро пользователь может выполнить свои задачи в системе. Если интерфейс не ясен или труден для понимания, пользователи могут испытывать раздражение, неудовлетворенность и даже отказываться от использования системы. [8]

2.4 Библиотека PyQt5

Qt — это набор библиотек C++ и инструментов разработки, который включает в себя независимые от платформы абстракции для графических пользовательских интерфейсов и т.д. PyQt5 реализует более 1000 таких классов в виде набора модулей Python. [9]

2.5 Разработка программного обеспечения

В данном разделе находится информация о приложении, написанном на языке python, с использованием таких библиотек, как PyQt, pandas, позволяющее рассчитывать необходимые параметры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении в ходе данной работы были достигнуты поставленные цели и решены задачи, связанные с разработкой программного продукта для расчета доз органических и минеральных удобрений по прогнозному ротационному балансу элементов питания растений в мелиоративном земледелии.

Анализ литературных источников и исследование методов расчета позволили определить необходимые формулы и входные данные для разработки программы. Изучение инструментов и выбор языка программирования Python с нужными библиотеками обеспечили эффективность и простоту решения поставленной задачи.

Разработанный алгоритм расчета доз удобрений, баланса веществ и других необходимых вычислений на языке программирования Python обеспечивает точность и надежность получаемых результатов. Понятный интерфейс программного продукта, разработанный с использованием библиотеки PyQt5, облегчает использование программы и повышает ее удобство для пользователя.

Данная работа была успешно апробирована на студенческой научной конференции «Компьютерные науки и информационные технологии», где были представлены результаты исследования и разработки программного продукта для расчета доз удобрений в мелиоративном земледелии. Презентация работы на конференции позволила поделиться результатами исследования с другими студентами и преподавателями, а так же получить обратную связь

В целом, данная дипломная работа представляет собой успешную разработку программного продукта для расчета доз удобрений в мелиоративном земледелии. Результаты работы подтверждают эффективность разработанного решения и его перспективность для использования в практических целях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Сычев, В.* О балансе питательных веществ в земледелии России / В. Сычев, С. Шафран // *Плодородие*. — 2017. — № 1(94). — С. 1–4.
- 2 *Минеев, В. Г.* Биологическое земледелие и минеральные удобрения / В. Г. Минеев, Б. Дебрецини, Т. Мазур. — Колос, 1993.
- 3 *Шеуджен, А.* Агрохимия. Ч.4. Фундаментальная агрохимия / А. Шеуджен. — Краснодар: КубГАУ, 2016.
- 4 *Михайлов, Л. Н.* Азбука плодородия / Л. Н. Михайлов. — Самара: Мир, 1992.
- 5 *Пронько, Н. А.* Метод расчета доз органических и минеральных удобрений для культур орошаемых севооборотов по прогнозному ротационному балансу элементов питания / Н. А. Пронько, В. Корсак // *Агрохимия*. — 2001. — Т. 7. — С. 66–71.
- 6 *Шувалов, А. Н.* Современные системы орошаемого земледелия Поволжья и пути их реформирования / А. Н. Шувалов, Г. Фомин, Н. Колчина. — Саратов, 1994.
- 7 Pandas documentation [Электронный ресурс]. — URL: <https://pandas.pydata.org/docs/> (Дата обращения 10.01.2023). Загл. с экр. Яз. англ.
- 8 *Тидвелл, Д.* Проектирование интерфейсов. Паттерны проектирования / Д. Тидвелл. — Санкт-Петербург: Питер, 2010.
- 9 Qt Designer source code. [Электронный ресурс]. — URL: <https://code.qt.io/cgit/qt/qttools.git/tree/src/designer> (Дата обращения 10.01.2023). Загл. с экр. Яз. англ.