

УДК 330.47:631.5

UDC 330.47:631.5

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДСИСТЕМА  
ПЛАНИРОВАНИЯ И РАСЧЕТА ДОЗИРОВОК  
ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

**INFORMATION SUBSYSTEM OF PLANNING  
AND CALCULATION OF DOSAGES OF  
ORGANIC FERTILIZERS**

Ткаченко Василий Владимирович  
к.э.н, доцент

Tkachenko Vasily Vladimirovich  
Cand.Econ.Sci., associate professor

Третьяков Игорь Иванович  
студент

Tretyakov Igor Ivanovich  
student

Боярко Светлана Алексеевна  
ассистент  
*Кубанский государственный аграрный  
университет, Краснодар, Россия*

Boyarko Svetlana Alekseevna  
assistant  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

От успехов растениеводства зависит эффективность не только самой отрасли, но и других отраслей сельского хозяйства и, в целом, экономики сельскохозяйственных предприятий. В статье рассмотрен метод расчета бездефицитного баланса гумуса

Plant growing successes influence the effectiveness not only the branch in itself, but the other branches of agriculture, economics of agricultural enterprises in whole as well. In article the method of calculation of sufficient balance soil is considered.

Ключевые слова: УПРАВЛЕНИЕ  
РАСТЕНИЕВОДСТВОМ, РАСЧЕТ  
ПОТРЕБНОСТИ В ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ  
УДОБРЕНИЯХ

Keywords: PLANT GROWING MANAGEMENT,  
CALCULATION OF REQUIREMENT FOR  
FERTILIZERS

Земледелие – отрасль сельскохозяйственного производства, основанная на рациональном использовании земли с целью выращивания с.-х. культур. Полеводство, овощеводство, луговоеводство, лесоводство и т.д. являются отраслями частного земледелия. Земледелие – древнейшая, очень сложная сфера человеческой деятельности, возникшая и формировавшаяся тысячелетиями. Ее появление стало крупнейшим событием в развитии цивилизации.

Теоретическими и практическими предпосылками для перевода сельского хозяйства на путь устойчивого и сбалансированного развития в земледелии должны стать научно-обоснованная стратегия интенсификации АПК, разработке по освоению адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Интенсивные системы земледелия являются продуктивными системами. Они разрабатываются на основе научных исследований и достижений научно-технического прогресса. Их практическое освоение в современном земледелии будет осуществляться с учётом наиболее рациональных, экономически и экологически обоснованных технологий

возделывания с/х культур, формирование высоко плодородных почв.[1]

В результате перевода земледелия на научную основу его интенсификации, повысились устойчивость и продуктивность растениеводства, обеспечивается расширенное воспроизводство плодородия почвы и рост урожайности с/х культур. Однако при неправильном применении средств интенсификации земледелия (химизации, мелиорации, современных технологий, и др.) часто при полном игнорировании законов земледелия, законов природы и общества в отрасли земледелия возникают сложные проблемы и противоречия.[1,2]

Антропогенная деятельность меняет характер окружающей среды, причем во многих случаях изменение ее оказывает негативное влияние и на самого человека.

Интенсивные технологии возделывания полевых культур, широко применяемые в Краснодарском крае в 1980-2000 годы, кроме высокой их затратности, оказали огромное отрицательное воздействие на плодородие Кубанских черноземов, выразившееся, прежде всего, в дегумификации и подсолении почв. По данным института «Кубаньгипрозем», за двадцать лет применения интенсивных технологий содержание гумуса в пахотном слое основных разновидностей Кубанских черноземов ежегодно снижалась в среднем на 0,031% (см. табл. 1).

Таблица 1 – Содержание гумуса в пахотном слое черноземов Кубани

Чернозем	Изменение гумуса за 20 лет, %		Ежегодное снижение, %
	было	стало	
Выщелоченный	4,45	3,85	0,040
Типичный	4,22	3,89	0,022
Обыкновенный	4,25	3,78	0,031
Среднее	–	–	0,031

Дегумификация черноземов на фоне увеличения доз минеральных удобрений в интенсивных технологиях тесно связано с изменением гидролитической кислотности черноземов, которая возрастает по данным длительного стационарного опыта КНИИСХ (Н.Г. Малюга, А.Г. Солдатенко) прямо пропорционально дозам вносимых минеральных удобрений и стало не свойственной для данного подтипа – выщелоченного чернозема (см. табл. 2).

Таблица 2 – Влияние систематического применения удобрений на гидролитическую кислотность чернозема выщелоченного (слой 0,30см, - данные КНИИСХ)

Вносимая норма удобрений		Гидролитическая кислотность мг/экв на 100г почвы	(+, -) к контролю	(+, -) к фону органических удобрений
минеральных, д.в. кг/га	органических, т/га			
0	0	4,69	–	0,32
181	0	5,48	0,79	1,11
238	0	5,63	0,94	1,26
419	0	6,39	0,70	2,01
0	16	4,37	–0,32	–
181	16	4,87	0,18	0,50

Анализ данных таблиц позволяет сделать вывод, что буферность почвы на фоне минеральных удобрений снижается и в дальнейшем для восстановления ее плодородия потребуются дорогостоящие химические мелиорации.

Интенсивные технологии сопряжены с возрастающими вложениями антропогенной энергии и истощением природных ресурсов, что само по себе является тупиковой ситуацией. [3]

В связи с этим возникла настоящая необходимость в разработке альтернативных энерго- и ресурсосберегающих технологий, внедрение которых позволит не только стабилизировать урожайность возделываемых

культур при одновременном сохранении плодородия почвы и окружающей среды, но и получить конкурентоспособную продукцию.

Целью научной работы является совершенствование системы управления растениеводством путем разработки и внедрения автоматизированной подсистемы планирования и расчета доз органических удобрений.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

1. Исследованы теоретические и методологические аспекты организации управления технологическими процессами растениеводства в агропромышленном предприятии.

2. Изучены методические рекомендации по расчету баланса гумуса и потребности в органических удобрениях.

3. Произведен аналитический обзор рынка программного обеспечения РФ для отрасли растениеводства.

4. Разработана автоматизированная подсистема планирования и расчета доз органических удобрений.

5. Осуществлена программная реализация разработанной автоматизированной подсистемы.

Актуальность исследования обусловлена принятием «Государственной Программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» на 2008 – 2012 годы, утвержденной постановлением Правительства Российской Федерации от 14 июля 2007г № 446.

Одной из важнейших предпосылок реализации Продовольственной программы является сохранение и повышение плодородия почвы. Плодородие в значительной степени определяется содержанием гумуса, роль которого в почве многообразна. Он обуславливает оптимальные физические свойства почв, их поглотительную способность, играет большую роль в создании агрономически ценной водопропрочной структуры,

оказывает непосредственное влияние на водный, воздушный и тепловой режимы, аккумулирует энергию, необходимую для всех физиологических процессов, происходящих в почве. Гумус является резервом основных питательных веществ для растений. В нем содержится почти весь запас почвенного азота (90%), значительная часть фосфора (30–40%) и серы; (90%), а также небольшое количество калия, кальция, магния и других элементов. [3]

Почвы Краснодарского края имеют высокие валовые запасы гумуса за счет большой мощности гумусированного горизонта, однако содержание гумуса на основных подтипах черноземов составляет всего 3,5–5,5%. К тому же запасы гумуса на пашне сильно уменьшились в связи с интенсификацией обработки почвы и усилением эрозионных процессов.

Исследования научных учреждений края показали, что при средних урожаях основных полевых культур ежегодный расход гумуса составляет 1,5–2 т/га, но только третья часть его возмещается за счет корневых и пожнивных остатков. [3]

Таким образом, скорость минерализации гумуса заметно опережает интенсивность природного процесса гумусообразования в почве. Все это приводит к снижению почвенного плодородия и эффективности применяемых агротехнических мероприятий, невысокому уровню урожаев и значительному их колебанию по годам.

Отмечено также, что наряду с уменьшением содержания гумуса ухудшаются водно-физические свойства почвы, снижается их поглотительная способность, буферность, повышается их податливость эрозии. В целях контроля над запасами гумуса, прогнозирования их изменений и планирования почвоохранной системы земледелия рекомендуется составление ориентировочного баланса гумуса в почве. [3]

Важнейшей задачей земледелия и охраны почв является обеспечение сначала бездефицитного баланса гумуса в почве, а затем и расширенное

его воспроизводство. В решении этой проблемы особое место отводится внедрению научно обоснованных севооборотов с многолетними бобовыми травами, рациональному применению органических и минеральных удобрений и почвозащитной технологии возделывания культур.

Оперативный расчет баланса гумуса и потребности в органических удобрениях позволяет дополнить, а при необходимости заменить длительный, но более точный экспериментальный метод. Расчетный метод позволяет установить примерную потребность пахотных земель в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса и получения планируемой урожайности сельскохозяйственных культур.

Баланс гумуса рассчитывается как разность между статьями его прихода за счет пожнивно-корневых остатков, органических удобрений, а также расхода за счет минерализации. Этот метод позволяет прогнозировать изменение содержания гумуса в почве и потребность в органических удобрениях для получения планируемой урожайности культур. [3]

Процесс минерализации гумуса зависит от ряда факторов: генетических особенностей почвы, климатических условий, интенсивности обработок, структуры посевных площадей, уровня урожайности культур, применения удобрений и др.

Минерализация гумуса ориентировочно может быть определена по расходу почвенного азота на формирование урожая сельскохозяйственных культур. С этой целью сначала рассчитывается вынос всего азота на основе фактической урожайности культур и справочных данных (см. табл. 3).

Таблица 3 – Вынос азота с/х культур с учетом побочной продукции

Культура	Основная продукция	Вынос азота кг на 1 ц продукции
Озимая пшеница	зерно	3,0
Озимая рожь	зерно	3,0
Яровая пшеница	зерно	3,6
Ячмень	зерно	2,6
Кукуруза	зерно	2,5
Сахарная свекла	корнеплоды	0,5
Подсолнечник	семена	5,0
Бахчевые	семена	0,2
Овощи (в целом)	плоды	0,3
Картофель	клуби	0,5
Кукуруза	силос	0,3
Силосные (без кукурузы)	силос	0,3
Многокомпонентная смесь	силос	0,4
Кормовые корнеплоды (в целом)	корнеплоды	0,5
Кормовая свекла	корнеплоды	0,5
Однолетние травы	сено	1,8
Многолетние травы	сено	2,3
Люцерна	сено	2,4
Эспарцет	сено	2,4
Многолетние травы (смесь)	зеленая масса	0,5

Опытами научных учреждений установлено, что доля азота почвы (гумуса) в общем выносе его урожаем составляет 50 – 60%. Фактическая величина азота почвы уточняется с учетом планируемой урожайности и количества вносимых удобрений (см. табл. 4 и 5). [3]

Вынос почвенного азота урожаем соответствует полученной величине потребления его растением за вычетом азота, фиксированного из атмосферы симбиотическими микроорганизмами в посевах бобовых культур. Выявлено, что за счет азот-фиксации в растения поступает (от общего выноса азота этими культурами), %; многолетние бобовые травы – 70, зернобобовые и однолетние бобовые – 60, смешанные посевы однолетних трав (вика, горох с овсом) – 37 от выноса. [3]

Таблица 4 – Доля азота гумуса в формировании урожая с/х культур в зависимости от его уровня и дозы удобрения

Доза удобрения, кг/га д. в.	Уровень урожая	Доля азота, %
N <sub>40</sub> и менее	низкий	60
N <sub>40-80</sub>	средний	55
N <sub>80</sub> и более	высокий	50

Таблица 5 – Примерная классификация уровней урожаев основных с/х культур, возделываемых в Краснодарском крае

Культура или группа культур	Уровень урожая		
	низкий	средний	высокий
Озимая пшеница	30	31-45	46
Озимый ячмень	30	31-45	46
Озимая рожь	15	16-25	26
Яровая пшеница	25	26-40	41
Яровой ячмень	20	21-35	36
Кукуруза	30	31-45	46
Сахарная свекла	150	151-300	301
Подсолнечник	15	16-20	21
Овощи (в целом)	150	151-400	401
Картофель	100	101-200	201
Кукуруза на силос	150	151-350	351
Силосные (без кукурузы)	150	151-300	301
Кормовые корнеплоды (в целом)	175	176-350	351
Однолетние травы (сено)	20	21-35	36
Многолетние травы (сено)	20	21-50	51
Однолетние и многолетние травы (зеленая масса)	150	151-350	351

Размер минерализации гумуса зависит от механического состава почв, интенсификации ее обработки и возделываемых полевых культур. Минерализация гумуса рассчитывается умножением показателей выноса почвенного азота полевыми культурами на коэффициент 20 (коэффициент перевода азота в гумус).

Приходная часть гумусового баланса складывается из вновь образуемого гумуса за счет корневых и пожнивных остатков и вносимых органических удобрений. Она возрастает с увеличением количества органических остатков, поступающих в почву.

Количество поступающих в почву пожнивных остатков зависит от уровня урожая основной продукции и поэтому может рассчитываться на

основе нормативных данных, приведенных в таблице 6.

Таблица 6 – Накопление пожнивно-корневых остатков (ПКО) в зависимости от урожая основной продукции

Культура	Уровень урожая и количество ПКО ц/га		
	низкий	средний	высокий
Озимая пшеница	1,44	1,30	1,21
Озимый ячмень	1,11	1,30	1,21
Озимая рожь	1,67	1,49	1,35
Яровая пшеница	1,33	1,13	1,00
Яровой ячмень	1,51	1,24	1,07
Кукуруза	1,34	1,27	1,23
Сахарная свекла	0,09	0,08	0,06
Кормовые корнеплоды (в целом)	0,09	0,08	0,07
Подсолнечник	2,05	1,86	0,97
Картофель	0,17	0,15	0,14
Овощи (в целом)	0,12	0,10	0,09
Кукуруза на силос	0,24	0,18	0,16
Однолетние травы (сено)	1,51	1,13	0,92
Многолетние травы (сено)	2,35	1,80	1,59

Количество гумуса, образующегося за счет пожнивно-корневых остатков, определяется путем умножения их массы на соответствующий коэффициент гумификации.

Баланс гумуса под культурой рассчитывается из количества гумуса, образовавшегося за счет пожнивно-корневых остатков, за минусом его потерь при минерализации.

Потребность в органических удобрениях для бездефицитного баланса гумуса. Потребность в навозе рассчитывается на основе полученного баланса гумуса, с целью достигнуть его бездефицитного баланса. Принимается, что в среднем из 1 т подстилочного навоза образуется 65 кг гумуса. Эти результаты используются для определения ежегодной потребности в навозе для ликвидации образовавшегося дефицита органического вещества почвы. [3]

Разработанная информационная подсистема расчета баланса гумуса и потребности в органических удобрениях базируется на математической

модели:

$$G \rightarrow \max \quad (1)$$

$$G = \sum_{i=1}^n (P_i + U_i + O_i - M_i); \quad i = \overline{1, n} \quad (2)$$

где  $G$  – величина баланса гумуса, значение которой должно принимать только положительное значение (бездефицитный баланс гумуса),  $n$  – количество полей в севообороте,  $i$  – культура в севообороте,  $P$  – поступление азота за счет пожнивно-корневых остатков,  $O$  – приход азота за счет азотфиксации растениями,  $U$  – поступление азота за счет внесения органических удобрений. [4]

Какие же улучшения следует ожидать при автоматизации процесса расчета баланса гумуса и потребности в органических удобрениях?

Если при расчёте баланса гумуса и потребности в органических удобрениях вручную на бумаге требовалось немало времени, а так же не исключался вариант допущения ошибки, так сказать человеческий фактор, то на компьютере эта операция займет всего несколько минут и при этом полностью устраняется возможность допущения вычислительных ошибок. При этом не надо забывать, что придется делать, как правило, не один расчёт. [5]

Повышение оперативности. Если раньше, при традиционном методе составления, агроном не успевал рассчитывать и анализировать все допустимые варианты и выбирать наиболее оптимальный по ряду показателей, то сейчас появилась возможность автоматизированного составления и расчета баланса гумуса и потребности в органических удобрениях, что существенно сократит время работы специалиста. [5]

Применение моделей расчета баланса гумуса предполагает следующие этапы: выбор постановки задачи, отвечающей возникающим на практике требованиям; выбор математического метода для реализации

используемой постановки задачи; выбор технических и программных средств для реализации модели; подготовка исходных данных; решение модели; экспертиза полученного результата; при необходимости – возврат к первому этапу. [4]

Автоматизация процессов управления отрасли растениеводства, способствует избавлению управленческого персонала от кропотливой работы по получению и обработке специфической информации. Бесспорным преимуществом программного обеспечения и компьютеризации сельхоз производства, являются отказ от печатной формы описания процессов, т.е возможность заменить ее на данные в компьютерной программе, что позволяет оперативно вносить данные и исправления. Так же исключаются ошибки, связанные с влиянием человеческого фактора, увеличивается скорость работы и появляется возможность централизованно хранить информацию. [4]

Зарубежные программные комплексы автоматизации сельскохозяйственного производства по ряду объективных причин тяжело применимы к российским условиям. Это высокая стоимость программного продукта, отсутствие русифицированных версий, различные технологии выращивания культур и основной их недостаток – отсутствие в России программистов знающих продукт и соответственно сложности с его сопровождением и интеграцией с другими программами. Помимо перечисленных недостатков, следует отметить, что ни один из рассмотренных программных комплексов не производит расчет баланса гумуса и дозировок внесения органических удобрений. [5]

С 2011 года совместно со специалистами и студентами агрономического факультета КубГАУ разрабатывается подсистема планирования и расчета дозировок органических удобрений.

На рисунке 1 представлена архитектура программного комплекса. Процесс функционирования состоит из пяти основных этапов, а именно:

1. Расчет баланса гумуса.
2. Расчет потребности в органических удобрениях.
3. Настройки коэффициентов.
4. Экспорт результатов расчетов.
5. Импорт данных из ранее сохраненного расчета баланса гумуса.

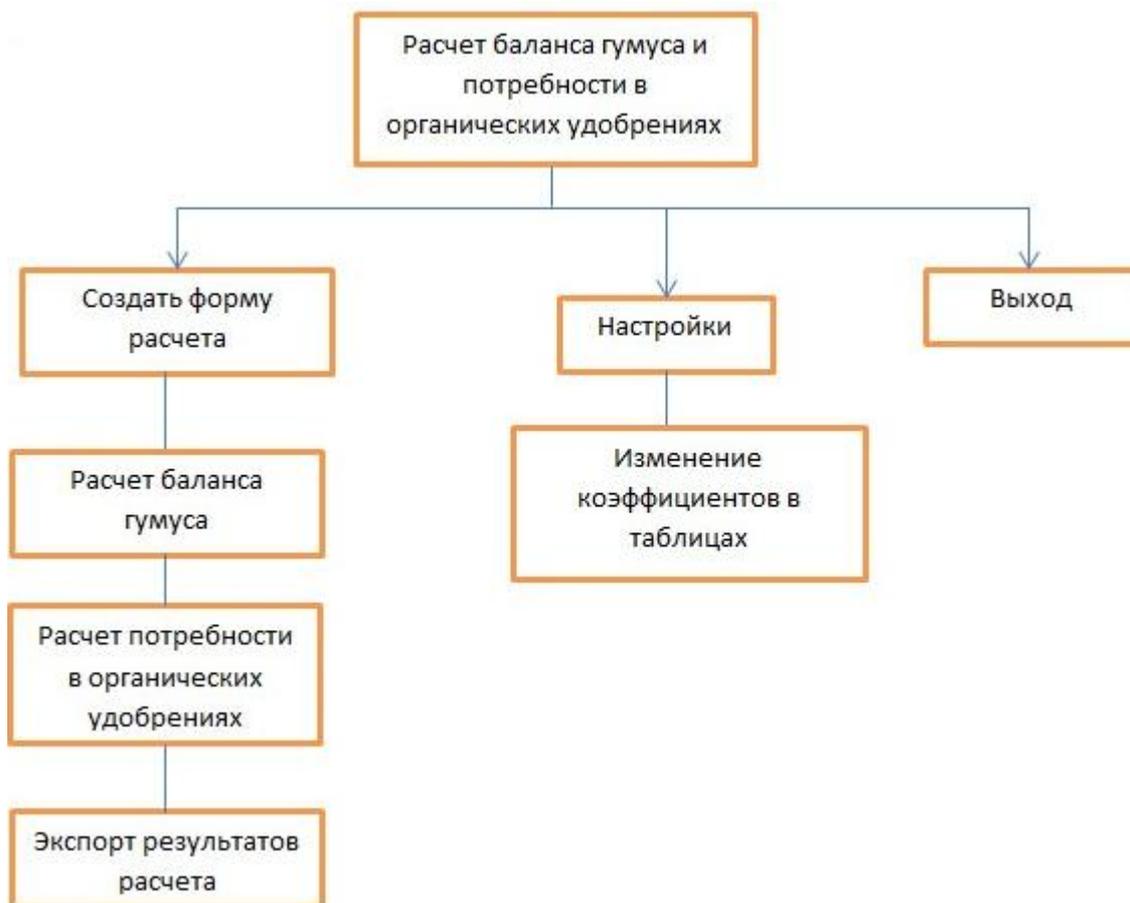


Рисунок 1 – Архитектура программного комплекса

Форма расчета баланса гумуса представлена на рисунке 2. Для расчета пользователю программного продукта необходимо ввести следующие данные:

1. Название с/х культуры.
2. Состав почвы.
3. Год.
4. Урожайность.

### 5. Площадь поля.

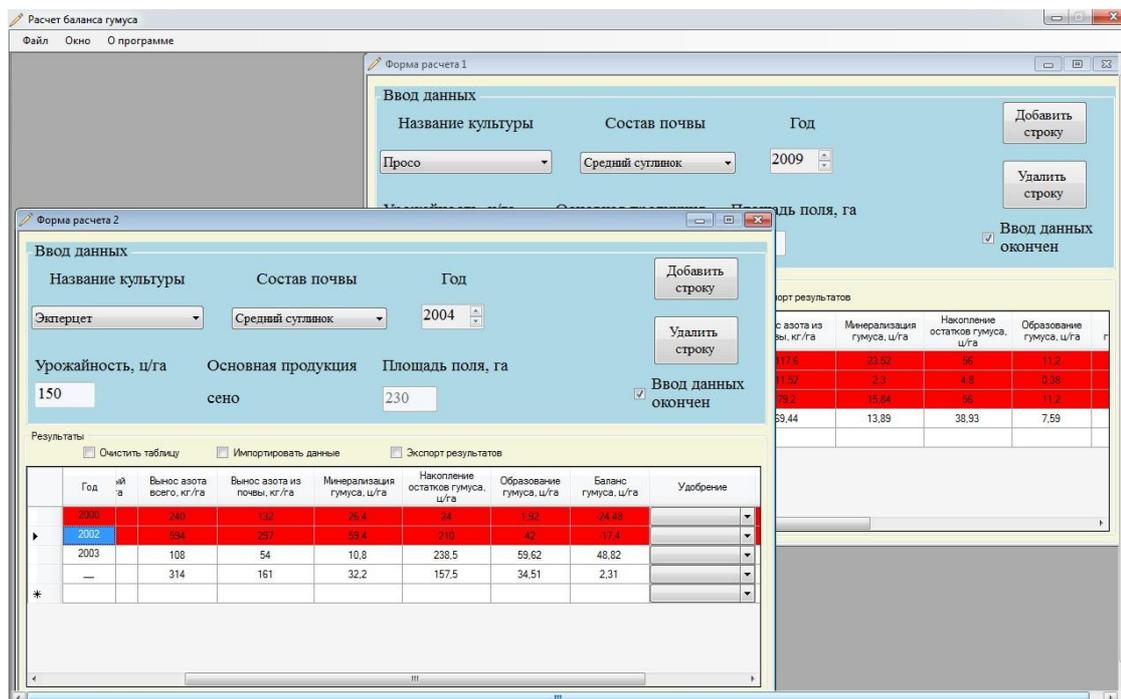


Рисунок 2 – Расчет баланса гумуса

Из рисунка 2 видно, какие с/х культуры имеют отрицательный баланс гумуса и, следовательно, необходимо внесение органических и минеральных удобрений.

Следующим этапом работы программы является определение потребности в органических удобрениях. С/х культуры с отрицательным балансом гумуса подсвечиваются красным цветом, и появляется возможность выбора необходимого удобрения. Отличительной особенностью работы программного обеспечения для расчета баланса гумуса и потребности в органических удобрениях является возможность внесения изменений в коэффициенты таблиц 3–6.

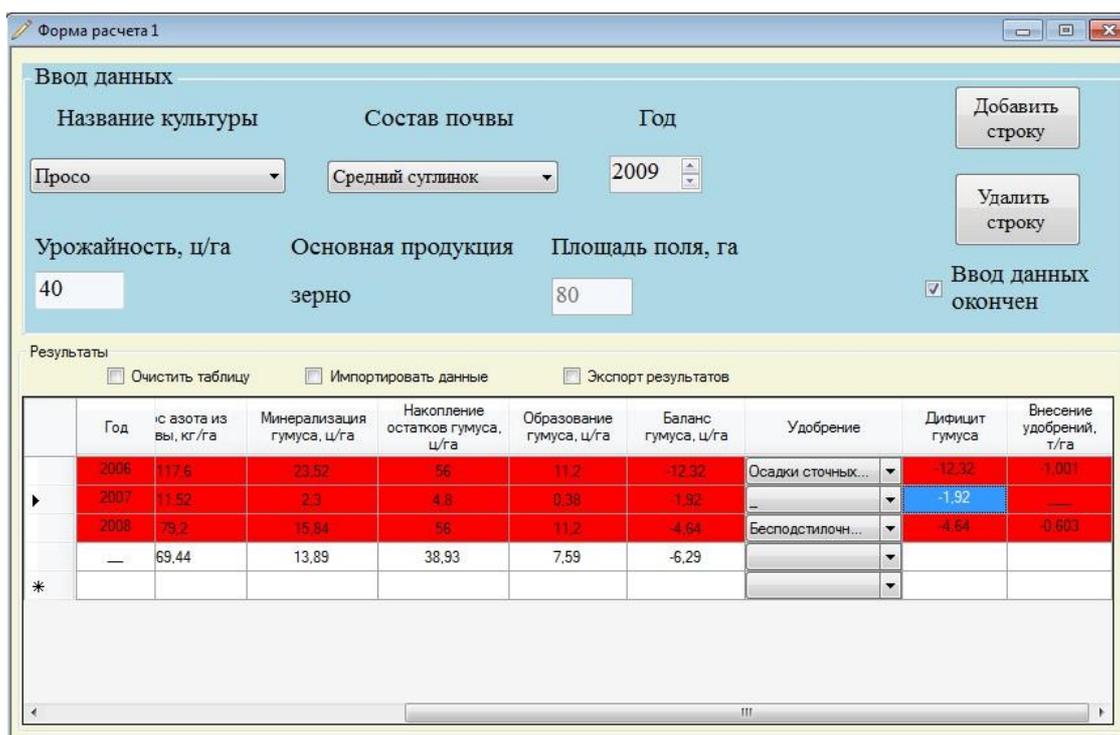


Рисунок 3 – Расчет потребности в органических удобрениях

21.06.2012								
Расчет баланса гумуса в научно обоснованном полевом севообороте								
Площадь поля:		80						
Год	Культура	Планируемый урожай, ц/га	Вынос азота урожаем, кг/га		Минерализация гумуса, ц/га	Образование гумуса из пожнивно-корневых остатков, ц/га		Баланс гумуса
			Всего	В том числе из почвы		Накопление остатков	Образование гумуса	
2006	Вика	40	235,2	117,6	23,52	56	11,2	-12,32
2007	Овощи	40	19,2	11,52	2,3	4,8	0,38	-1,92
2008	Просо	40	158,4	79,2	15,84	56	11,2	-4,64
—	Среднее на 1 га	40	137,6	69,44	13,89	38,93	7,59	-6,29

Рисунок 4 – Экспорт результатов расчетов

Результаты расчетов можно экспортировать в Microsoft Excel (см. рис. 4), что дает возможность в любое время произвести редактирование данных. А в случае изменения присутствует возможность импорта данных

с дальнейшей их обработкой.

Процесс управления растениеводством состоит из четырех глобальных этапов: производства, хранения, переработки и реализации уже готовой продукции растениеводства. [2]

На первом этапе производства сельскохозяйственной продукции осуществляются предпосевные (подготовительные) мероприятия, к которым можно отнести: составление и оптимизацию севооборотов хозяйства, планирование производства сельскохозяйственной продукции, расчет баланса гумуса в севообороте и подбор дозировок органических и минеральных удобрений, после чего осуществляется разработка технологических карт, а также их оценка и выбор наилучшей технологии.

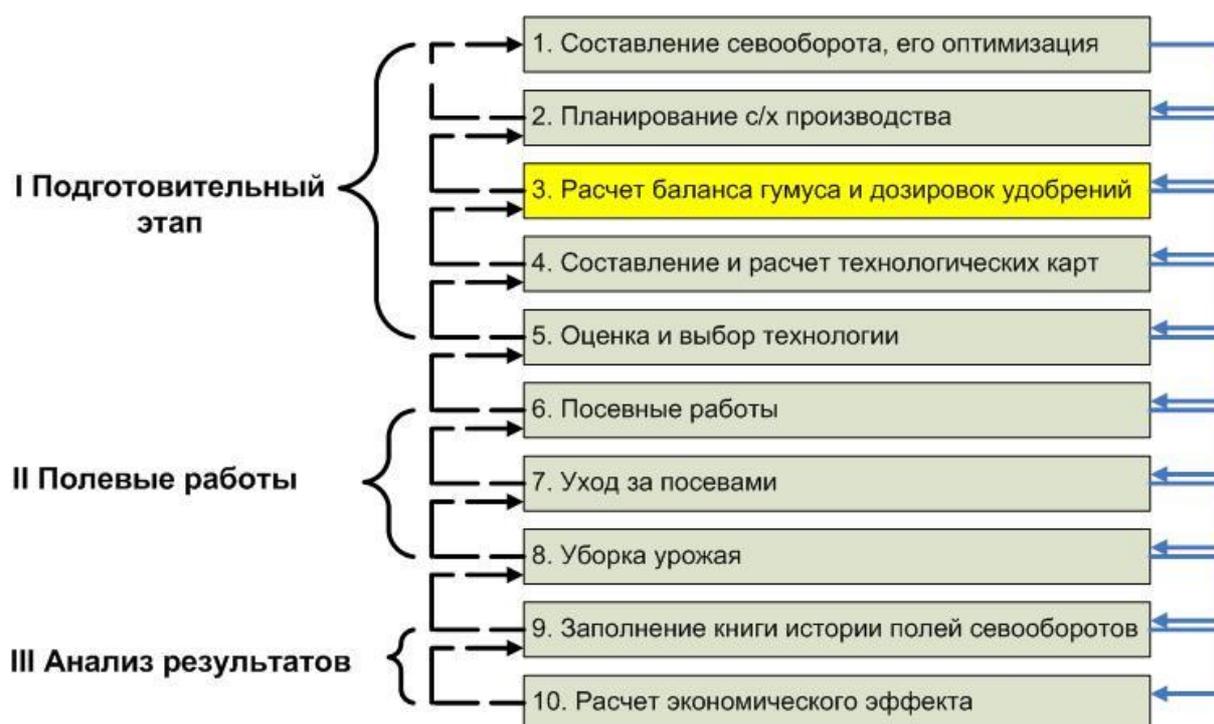


Рисунок 5 – Основные этапы производства продукции растениеводства

Таким образом, внедрение данной системы расчета баланса гумуса и внесения органических удобрений в сельскохозяйственной организации позволит:

1. Позволит более точно рассчитывать нормы внесения органических удобрений.
2. Позволит сберечь и восстановить плодородие почв хозяйства.
3. Повысит рентабельность производства продукции.
4. Поможет сельскохозяйственной организации стать более конкурентоспособной на рынке сельскохозяйственной продукции.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алтухов, А. И. Зерно России / А. И. Алтухов, А. С. Васютин. – М.: ЭКОНДС-К, 2002 г.
2. Луценко Е.В. Семантические информационные модели управления агропромышленным комплексом /Е.В. Луценко, В.И. Лойко // Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2005 г.
3. Робский В.Г. Расчет баланса гумуса и потребности в органических удобрениях в Краснодарском крае // методические указания. – Краснодар, 1989 г.
4. Ткаченко В.В. Система поддержки принятия решений для управления экономическими параметрами в растениеводстве // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. Научный журнал №96. – Санкт-Петербург, 2009 г.
5. Третьяков И.И. Методические подходы к комплексной автоматизации управления производственными процессами в растениеводстве / И.И. Третьяков, В.В. Ткаченко // Сборник трудов 70 межвузовской студенческой научно-практической конференции – Краснодар: РОСЖЕЛДОР, 2011 г.