

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК**

*Государственное научное учреждение*

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ  
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ**



**КРИТЕРИИ И ПАРАМЕТРЫ  
ДОПУСТИМЫХ АНТРОПОГЕННЫХ НАГРУЗОК  
НА КОМПОНЕНТЫ АГРОЛАНДШАФТА**

**Курск - 2005**

УДК: 631.43 + 991:63

**Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта** (Под редакцией д.с.-х.н. Черкасова Г.Н. и д.с.-х.н. Масютенко Н.П.). – Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН. 2005. – 58 с.

**Авторский коллектив:**

Черкасов Г.Н., д.с.-х.н.; Масютенко Н.П., д.с.-х.н.; Дегтева М.Ю., к.б.н.; Санжаров А.И., к.б.н.; Чуян О.Г., к.с.-х.н.; Проценко Е.П., д.с.-х.н.; Свиридов В.И., д.с.-х.н.; Герасименко В.П., д.с.-х.н.; Панкова Т.И., к.б.н.; Дубовик Д.В., к.с.-х.н.; Проценко А.А., к.б.н. (ВНИИЗиЗПЭ); В.К. Бугаевский, д.с.-х.н.; С.В. Чешенко, к.с.-х.н.; В.М. Кильдюшкин, к.с.-х.н. (Краснодарский НИИСХ).

В подготовке материалов принимали участие сотрудники лаборатории агропочвоведения - к.с.-х.н. Дубовик Е.В.; Шеховцова В.В., Глазунов Г.П., лаборатории агрохимии - к.с.-х.н. Караулова Л.Н.; лаборатории ГИС и АЭМ – к.с.-х.н. Афонченко Н.В.; Олещицкий В.В.

На основе обобщения научной литературы и экспериментальных данных представлены методические подходы к обоснованию критериев антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта. Разработаны и даны критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на гумусное и физическое состояние почв. Экспериментально установлены предельно допустимые значения свойств черноземных почв для ячменя и озимой пшеницы.

Предложена авторская методика расчета и даны параметры допустимого смыва почв и стока талых и ливневых вод для серой лесной почвы и чернозема типичного в зависимости от степени эродированности, а также допустимого смыва для основных типов почв.

Представлены допустимые параметры антропогенных нагрузок, обеспечивающие получение качества зерна озимой пшеницы II-III класса на черноземных почвах в зависимости от местоположения в рельефе. Выявлены предельно допустимые (пороговые) дозы внесения азота минеральных удобрений. Дана оценка изменения продуктивности пашни как критерия допустимого влияния элементов систем земледелия на контролируемые параметры плодородия почв.

Разработана эколого-экономико-математическая модель оптимизации структуры использования пашни, обеспечивающая устойчивое получение экономического эффекта при жестком соблюдении требований и ограничений (критерий допустимых антропогенных нагрузок) по воспроизводству почвенного плодородия. Приведены результаты ее апробации.

Предназначены для сотрудников научно-исследовательских институтов, проектных организаций, учебных заведений сельскохозяйственного и экологического профиля.

Рассмотрены и одобрены Ученым советом ВНИИЗиЗПЭ на заседании 21 октября 2005 года, протокол № 6.

© Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2005г.

## Содержание

Введение.....	4
1. Методические подходы к обоснованию критериев антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта.....	5
2. Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта.....	15
2.1 Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на гумусное состояние почвы.....	15
2.2. Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на физическое состояние типичного чернозема.....	22
2.3. Предельно допустимые значения свойств почвы (ПДЗ) для ячменя и озимой пшеницы.....	26
2.4. Допустимые смыв почвы и сток воды.....	30
2.5. Допустимые нормы внесения осадков сточных вод в почву.....	34
2.6. Параметры антропогенных нагрузок, обеспечивающие на черноземных почвах получение зерна озимой пшеницы II-III класса .....	36
2.7. Допустимые нитратные нагрузки на почву и растения.....	36
3. Критерий комплексной оценки плодородия почв.....	38
4. Параметры оптимизации структуры использования пашни.....	43
Литература.....	51
Приложения.....	56

## Введение

Мощный антропогенный пресс на окружающую среду во второй половине XX века резко обострил экологическую ситуацию в Российской Федерации и на всей планете. Чрезвычайно сильное развитие получили процессы деградации почв: эрозия, дегумификация, подкисление, увеличение щелочности, засоление и опустынивание.

В большинстве почв России отмечается деградация гумусного состояния, выражающаяся в резком снижении содержания общего и лабильного гумуса, негумифицированного органического вещества, изменении соотношения между инертным и лабильным гумусом, а также между содержанием гумуса и негумифицированного органического вещества. Деградация гумусного состояния почв определяется интенсивностью проявления эрозионных процессов и деятельностью человека, а конкретно, теми системами земледелия, которыми он пользуется. Она сопровождается ухудшением структурно-агрегатного состояния, водно-физических, агрохимических и биологических свойств, падением урожаев сельскохозяйственных культур, снижением экологических функций, биологической и экономической продуктивности почв, то есть их деградацией.

Стало совершенно очевидным, что процессы деградации почв представляют одну из самых больших угроз экологическому благополучию не только человечеству, но и всему живому на Земле. Они приводят к снижению почвенного плодородия, устойчивости, продуктивности и эффективности земледелия.

Современное состояние биосферы обратимо. Она может вернуться в прежнее устойчивое состояние, если антропогенная нагрузка станет на порядок меньше. Другого способа достижения устойчивого состояния биосферы не существует. При сохранении же антропогенной нагрузки на прежнем уровне или при ее увеличении устойчивость окружающей среды будет неуклонно снижаться. С увеличением антропогенных нагрузок масштабы изменения экосистем расширяются.

Система земледелия включает значительное количество элементов (обработки, удобрения, севообороты, защита растений и др.), фактически представляющих собой ту или иную степень прямого или косвенного антропогенного воздействия на все экосферные оболочки.

Для формирования экологически безопасных агроландшафтов необходимо разрабатывать критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на их компоненты (почвы – растение – водные объекты), создать научно-обоснованную, разноуровневую систему оценок для нормирования степени воздействия системы агротехнических приемов на почву, водные объекты и сельскохозяйственные культуры.

## 1. Методические подходы к обоснованию критериев допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта

Перед изложением методических подходов к обоснованию критериев антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта остановимся на основных понятиях, используемых в данной работе.

*Критерий* (гр. *Kritèrion* - средство для суждения) – это отличительный признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо; мерило оценки (Большой энциклопедический словарь /Под ред. А.М. Прохорова. М.: Большая Российская энциклопедия, Санкт-Петербург: Норинт, 1997. – С. 595. Краткий словарь иностранных слов/Под ред. С.М. Локшиной. М.:Русский язык. – С.149).

*Параметр* (гр. *Parametrōn* - отмеривающий) – величина, характеризующая какое либо устройство, его отдельное свойство или режим работы, принимаемая как основной показатель этого устройства (Большой энциклопедический словарь /Под ред. А.М. Прохорова. М.: Большая Российская энциклопедия, Санкт-Петербург: Норинт, 1997. – С.878. Краткий словарь иностранных слов/Под ред. С.М. Локшиной. М.:Русский язык. – С.198).

*Антропогенная нагрузка* – это воздействие прямо или косвенно производимое на ту или иную геосистему с участием человека. По Н.Ф. Реймерсу (1990), *нагрузка антропогенная* - это степень прямого и косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом или на ее отдельные экологические компоненты (ландшафты, природные ресурсы, виды живого и т.д.).

*Компоненты агроландшафта* – это основные материально-энергетические составляющие агроландшафта (почва, вода, газ, растения и животные организмы). Компоненты агроландшафта обеспечивают круговорот веществ и закономерное прохождение потока энергии и вещества в пределах ландшафта.

*Нагрузка на окружающую среду* (природу) – это соотношение силы антропогенных воздействий и степени восстановительных способностей природы (Н.Ф. Реймерс, 1990). Она может быть определена по реакции отдельных экологических компонентов (изменение свойств почвы, химического состава растений, состояния водоемов и т. д.) или по возможности достижения экосистемами определенных фаз развития (в ходе сукцессии). Усилия, в том числе экономические вложения, на нейтрализацию нагрузки на окружающую среду затрачиваются лишь с момента превышения силы антропогенных воздействий над восстановительными способностями природы, что регистрируется по изменению соотношения экологических компонентов в экосистемах (деградации почвы, и т. д.), исчезновению отдельных видов биоты и характеру «финальных» фаз сукцессионных смен. Поэтому очень важно знать критерии антропогенных нагрузок, не вызывающих резкого снижения восстановительных способностей природы, чтобы предотвратить нежелательные последствия.

Нагрузки антропогенные по своему происхождению можно разделить на две основные группы: *агрогенные* (возникающие в результате сельскохозяйственной деятельности человека) и *техногенные* (возникающие в результате работы промышленного производства или транспорта).

*Нагрузки* бывают: по степени воздействия - *сильные, умеренные, слабые*; по периодичности действия – *кратковременные, периодические, долговременные*; по географическим масштабам – *локальные, региональные, глобальные*.

*Агрогенные нагрузки* могут быть положительными и негативными. Нагрузки, вызывающие ухудшение плодородия почвы, называются *негативными*. Нагрузки, вызывающие улучшение плодородия почвы или не способствующие его ухудшению, называются *положительными*. В таблице 1 показана оценка интенсивности воздействия антропогенных нагрузок (I) на органическое вещество почвы, проведенная на основе учета показателя трансформации органического вещества почвы (табл. 2). По этому показателю можно дифференцировать агрогенные нагрузки на положительные и отрицательные.

### **1. Оценка интенсивности воздействия антропогенных нагрузок (I) на органическое вещество черноземных почв**

Фактор	I, балл	Фактор	I, балл
<b>1. Культура:</b>		<b>2. Севооборот:</b>	+1 (за год)
многолетние бобовые травы	+4	<b>3. Бессменные посевы</b>	-1 (за год)
разнотравье	+3	<b>4. Обработка почвы</b>	
зернобобовые	+2	глубокая вспашка	-3
зерновые озимые	+1	вспашка	-2
зерновые	0	плоскорезная обработка	0
крупяные	-1	минимальная (нулевая)	+1
силосные	-2	чизельная	-1
пропашные	-3		
пар	-4		
<b>2. Деревья</b>	+2		

В качестве критериев допустимых нагрузок могут использоваться как абсолютные значения показателей при наличии надежно апробированных шкал

оценки, так и относительные изменения показателей по отношению к исходному или эталонному состоянию.

По Ю.А. Израэлю (1979) *допустимая антропогенная нагрузка* (ДАН) – нагрузка, которая не должна вызывать нежелательных последствий, изменений, а также не приведет к ухудшению (любому или существенному) качества природной среды. Когда говорят о допустимой антропогенной нагрузке, то имеют в виду сравнительно небольшие изменения качества природной среды, не влияющее на нормальное функционирование экосистемы, не приводящее к значительным изменениям в пределах границ, называемых допустимыми. При этом речь идет о сохранении высокого качества среды. *Критерием* является *высокое качество среды*, экологической системы. Высокое качество среды это возможность устойчивого существования экосистемы в данном месте.

## 2. Оценка направленности и степени трансформации органического вещества в почве

Направленность трансформации органического вещества почвы	Значения баланса гумуса, т/га	Показатель трансформации органического вещества почвы
Очень активная гумификация	<-1,2	-4
Активная минерализация	<-0,8	-3
Минерализация	(-0,4) – (-0,8)	-2
Преобладание минерализации над гумификацией	(-0,06) – (-0,39)	-1
Равновесие	(-0,05) – 0,05	0
Преобладание гумификации над минерализацией	0,06-0,39	+1
Гумификация	0,4-0,8	+2
Активная гумификация	0,8-1,2	+3
Очень активная гумификация	>1,2	+4

Состояние системы оценивается по степени удаленности от “красной черты”, разделяющей допустимые и недопустимые состояния. Достижение критических значений ведет к разрушению данной системы. Как следует из данных, представленных на рис.1, для сохранения природной системы желательно не выходить из зоны экологического резерва. В процессе функционирования систем происходят определенные количественные изменения, которые носят ритмический суточный и сезонный характер. В данном случае динамика представляет собой обратимые изменения, которые происходят в рамках структуры системы. В процессе развития (эволюции) происходит коренная пере-

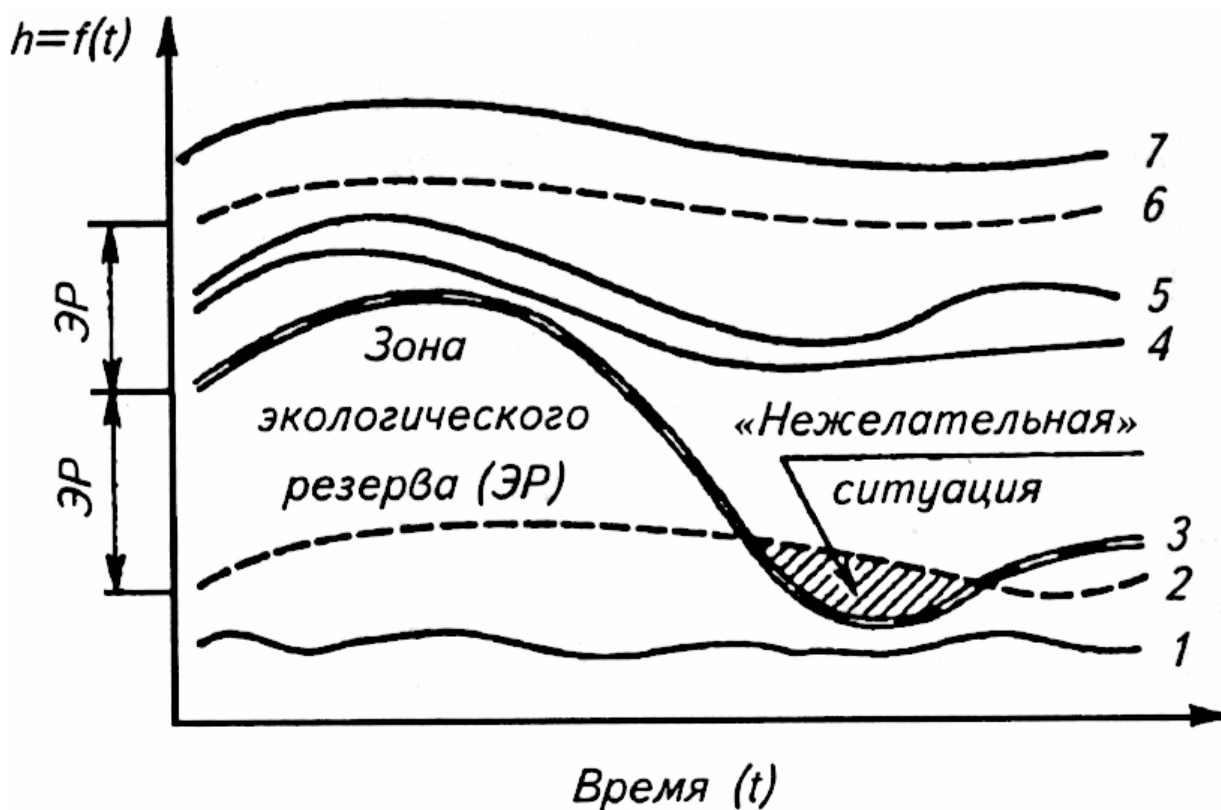
стройка структуры систем и формирование новых ландшафтов, обусловленная как внешними воздействиями, так и внутренними ценотическими.

*Допустимая антропогенная нагрузка* – такая степень нагрузки на компоненты агроландшафта, при которой система сохраняет способность практически бесконечно функционировать без резких изменений структуры.

В зоне “недопустимой нагрузки” мы предлагаем выделять несколько степеней антропогенной нагрузки на параметры агроландшафта: *умеренная антропогенная нагрузка или ограниченно допустимая, сильная и критическая антропогенная нагрузка.*

*Умеренная антропогенная нагрузка* – такая степень антропогенной нагрузки, при которой слабо меняются функции и структура системы, а при определенном воздействии можно приостановить деградиционные процессы.

*Сильная антропогенная нагрузка* – в значительной степени затронуты деградиционными процессами основные параметры системы, сильно изменяются ее функции и структура.



**Рис. 1. График функции состояния некоторых элементов системы во времени  $h(t)$  при различных нагрузках (Израэль, 1979)**

1 и 7 - нижний и верхний критические пределы изменений; 2 и 6 – нижний и верхний пределы допустимых изменений; 3 – функция фактического состояния системы при антропогенном воздействии; 4- нормальное состояние системы; 5 – возбужденное состояние системы.

*Критическая антропогенная нагрузка* – такая степень антропогенной нагрузки на компоненты агроландшафта, при которой при длительном одностороннем действии человека происходит необратимая утрата функций и



структуры данной системой. По отношению к почвенному компоненту – это образование нового типа или подтипа почвы, например, замена типичного более плодородного чернозема выщелоченным под действием постоянно возрастающего процесса выщелачивания.

Для оценки нарушенности (измененности) необходимо понятие “норма”, поскольку оценка всегда предполагает соотнесение измеренных состояний или изменений с нормативным состоянием компонентов агроландшафта. *Норма* – наиболее вероятное состояние системы (Усманов, 2002). Основой современных подходов (к оценке экологической опасности) является экологическое нормирование воздействий на окружающую среду и, как более высокий уровень – нормирование объектов окружающей среды, системы контроля мониторинга и управления окружающей средой, ориентированные на обеспечение безопасности жизни людей, охрану природы и ресурсосберегающие технологии.

Для перехода к количественному определению допустимого воздействия необходимо знать в каком состоянии находилась система до начала существенного антропогенного воздействия. *Допустимой мерой отклонений от нормального состояния считаются такие отклонения, которые дают возможность системе устойчиво существовать в данном месте и которые со временем могут быть ликвидированы самой системой.*

Таким образом, дано понятие допустимой антропогенной нагрузки, подразумевающее сравнительно небольшие изменения качества природной среды, не влияющее на нормальное функционирование экосистемы в целом.

За норму или эталон почвы целесообразно использовать либо утвержденные зональные эталоны пахотных почв (ГОСТЫ, шкала Карманова для зональных почв страны), либо модели плодородия региональных подтипов почв (шкала Фатьянова, Гаврилюка, разработки Почвенного института), либо объекты базового агроэкологического мониторинга с наименьшей антропогенной нагрузкой (целина, многолетняя залежь).

### 3. Параметры черноземов типичных абсолютно заповедных (эталон) в зависимости от местоположения в рельефе

№п	Параметры	Плакор	Склон 1-3°	Склон 3-5°	Склон >7°
1.	Мощность гумусового гор-та, см	120	120	120	110
2.	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>	0,92	0,99	1,00	0,90
3.	Глубина вскипания, см	70	45	80	80
4.	Гумус по Тюрину, %	8,57	8,24	7,68	7,46
5.	Обменная кислотность	5,4	5,4	5,4	6,1
6.	Подвижный фосфор, мг/100г	5,9	5,4	4,8	4,5
7.	Обменный калий, мг/100г	10,9	9,3	7,5	9,7
8.	Обменный кальций, мг-экв./100г	27,7	27,1	27,0	30,0
9.	Обменный магний, мг-экв./100г	4,6	5,0	4,7	4,0
10.	Щелочногидролизуемый азот, мг/100г	24,5	23,8	21,9	21,9
11.	Биологическая активность, кг/га/час	7,0	6,9	6,8	8,1

Близость Центрально-Черноземного биосферного заповедника и опытно-производственного хозяйства ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии позволяет использовать в качестве эталона – почвы абсолютно заповедных ландшафтных территориальных структур (табл.3) при изучении допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта. За эталон были взяты средние значения параметров абсолютно заповедного ландшафта и ежегодно косимого ландшафта Центрально-Черноземного государственного биосферного заповедника за 5 лет исследований. Отклонения от этих значений могут служить критериями для оценки степени антропогенной нагрузки на почвы в Центрально-Черноземной зоне России.

Предложен набор показателей, которые могут служить критериями допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта:

### **Почва**

#### **1. Морфометрическая характеристика рельефа:**

- глубина и высота относительно естественной поверхности, м;
- уклоны поверхности, в градусах;
- экспозиция склона;
- глубина размывов и водороинов относительно поверхности, см;
- количество оврагов на единицу площади;
- общая площадь оврагов на единицу площади.

#### **2. Нарушение литологического строения почвенного профиля:**

- уменьшение мощности почвенного профиля (A+B), %;
- уменьшение мощности гумусового слоя (A+AB), %;
- близость к поверхности карбонатной породы, см;
- потери почвенной массы, т/га/год;
- перекрытость поверхности посторонними наносами.

#### **3. Потеря агрономической ценности почв агроландшафта:**

- изменение структуры почвенного покрова;
- изменение гранулометрического состава верхнего горизонта почв;
- уменьшение содержания физической глины;
- увеличение плотности почвы;
- изменение содержания продуктивной влаги;
- изменение водопроницаемости почвы;
- изменение содержания водопрочных агрегатов;
- уменьшение содержания гумуса в верхнем слое почвы;
- уменьшение запасов гумуса в профиле;
- изменение кислотности почв;
- изменение обеспеченности растений подвижными элементами питания N, P, K, Ca, Mg и микроэлементами;
- изменение насыщенности почв основаниями.

### **Вода**

#### **1. Характеристика поверхностных вод:**

- поверхностный сток, мм;

- водопоглощение, мм;
- вынос твердых частиц с жидким стоком, кг/га;
- вынос биогенных веществ с жидким стоком (N, P, K), кг/га;
- скорость поверхностного стока.

## 2. Характеристика подземных вод:

- уровень грунтовых вод, м;
- минерализация г/л.

### Воздух

#### 1. Состав воздуха агроландшафта:

- содержание CO<sub>2</sub> в приземном слое воздуха, кг/га/час.

### Растения

#### 1. Изменение продуктивности агроландшафта:

- изменение продуктивности надземной и подземной фитомассы, % от фона;
- изменение химического состава растений;
- степень изреженности травостоя и посевов;
- фитосанитарное состояние посевов.

Однако изучить все критерии компонентов агроландшафта на данном этапе исследований очень сложно, поэтому остановимся на основных.

Далее перейдем к следующим **положениям методического подхода к обоснованию основных критериев допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта:**

**I.** Исходной посылкой ограничения любых антропогенных нагрузок на агроэкосистемы является уже установленная целесообразность поддержания их продуктивности в оптимальных пределах, т.е. в размерах биологических возможностей агрофитоценозов с одновременным исключением деградации почвы в различных проявлениях. В связи с этим проблема определения критериев и параметров допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта неразрывно связана с проблемой **устойчивости почвы**, так как почва является стабилизирующим компонентом агроландшафта.

- Сущность функционирования почвы как компонента экосистемы составляет механизм трансформации органического вещества в ней. Разрушение и создание органического вещества почвы составляют сущность почвообразования. Поэтому *соотношение между процессами минерализации и гумификации обуславливает экологическое равновесие в почве. Сбалансированность названных процессов* отражает суть экологической устойчивости почвы и агроэкосистемы в целом.

- Характер и направленность потоков вещества и энергии в биогеоценозе, формирующих плодородие почвы, *устойчивость и уровень ее производительности*, определяется качественным и количественным составом почвенного органического вещества. Поэтому устойчивость почвы тесно связана с устойчивостью органического вещества почвы. Под *устойчивостью органического вещества почвы* понимается способность его многокомпонентной системы

поддерживать свою структуру и стабильное функционирование в относительно неизменном состоянии (в определенных пределах изменчивости) в условиях возмущающих внешних воздействий. Управляемыми возмущающимися воздействиями для органического вещества пахотных почв являются *агрогенные факторы*: севообороты, система удобрений, обработка почвы и т.п.

Каждый компонент органического вещества почвы играет определенную роль в устойчивости его структуры и функционировании. Инертно-устойчивым компонентом системы является инертный гумус (ИГ), а лабильными – лабильные гумусовые вещества (ЛГВ) и негумифицированное органическое вещество (НВ). *Инертный гумус* обеспечивает устойчивость "каркаса" системы, пространственную организацию процессов, идущих в органическом веществе, создает пространственную основу гетерогенности свойств и локализации процессов (Фокин, 1995).

*Лабильные гумусовые вещества* как наиболее трансформируемая и обогащенная азотом часть гумусовых веществ являются ближайшим источником энергии, аккумулированной в гумусовых веществах, и питательных элементов для растений, микроорганизмов и, разлагаясь, предохраняют инертный гумус от глубокой деструкции. *Негумифицированное органическое вещество* по отношению к гумусовым веществам почвы выполняет две основные функции, это: 1) защитную, то есть оберегает от разложения и минерализации гумусовые вещества, являясь источником питательных веществ и энергии для живых организмов, находящихся в почве; 2) гумусовоспроизводительную, так как участвует в почве в процессах гумификации. НВ является буфером между внешними воздействиями и гумусовыми веществами почвы, необходимым условием восстановления и функционирования системы органического вещества почвы после нарушений и обеспечивает ее относительную саморегулируемость.

Сельскохозяйственное использование вызывает в почвах наряду с уменьшением запасов гумуса изменение соотношений между инертным и лабильным гумусом, между Г и НВ, между ЛГВ и НВ, определяющих устойчивость органического вещества почвы к деградации. Поэтому ***содержание гумуса и соотношения между компонентами органического вещества*** в почве при наличии шкалы оценки можно использовать *в качестве критериев допустимых антропогенных нагрузок*. Предложены три градации соотношений между компонентами органического вещества черноземных почв: критические, близкие к оптимальным и оптимальные.

Для определения устойчивости органического вещества почвы предложен показатель (УОВ), показывающий сколько процентов составляет фактическое содержание НВ от требуемого оптимального. Разработаны шесть градаций степеней показателя устойчивости органического вещества почвы: очень слабая, слабая, средняя, оптимальная, высокая, очень высокая, - на основании которых можно оценить степень влияния агрогенных нагрузок на почву.

Поэтому в качестве ***критериев допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта*** предлагаются следующие значения показателей гумусного состояния, характеризующие устойчивость почвы:

- ◆ уравновешенное или близко к уравновешенному соотношение между процессами минерализации и гумификации органического вещества в почве;
- ◆ среднее, высокое или очень высокое содержание гумуса;
- ◆ оптимальные или близкие к оптимальным соотношения между компонентами органического вещества в почве;
- ◆ средняя, оптимальная, высокая, очень высокая устойчивость органического вещества почвы к деградации.

**II. Критериями допустимых антропогенных нагрузок на основные компоненты агроландшафта** являются величины свойств его компонентов, выражающие предельную меру допустимого антропогенного воздействия на них, ниже (или выше) которой силы антропогенных воздействий превышают степень восстановительных способностей природы, вызывают нежелательные последствия, изменения, а также приводят к ухудшению (любому или существенному) качества природной среды.

При этом необходимо определить предельно допустимые значения этих параметров. В настоящее время по содержанию тяжелых металлов, нитратов в растениях, химических элементов в водных объектах, тяжелых металлов в почвах установлены ПДК (предельно допустимые концентрации). Для почв необходимо устанавливать предельно допустимые параметры свойств почв и их сочетаний. Основными положениями методического подхода к определению предельно допустимых значений свойств почвы (ПДЗ) к агрогенным нагрузкам являются:

- Предельно допустимыми значениями свойств почвы являются такие минимальные параметры показателей ее плодородия, ниже которых наблюдается угнетение жизнедеятельности сельскохозяйственных растений и снижение их урожайности в 2 раза по сравнению со средним ее уровнем.

- ПДЗ необходимо определять для каждой культуры или для группы культур.

- Предельно допустимые значения следует устанавливать только для показателей плодородия почв, значимо влияющих на урожай сельскохозяйственных культур.

- При определении ПДЗ необходимо учитывать подтип почвы, степень эродированности, гранулометрический состав почвы.

- Методический подход основан на экосистемном, информационно-логическом анализе и сопряженном изучении сельскохозяйственных растений и почвы.

- Предельно допустимым значением свойства почвы для данных почвенно-климатических условий является нижняя величина наименьшего ранга при дизъюнктивной (прямой) связи и верхняя величина наибольшего ранга при конъюнктивной (обратной) связи показателя плодородия почвы, специфичных уровню урожайности сельскохозяйственной культуры, составляющему примерно половину от среднего.

**Допустимыми** считаются **антропогенные нагрузки, не вызывающие изменения свойств почвы до предельно допустимых значений и ниже.**

**III.** К критериям допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта в адаптивно-ландшафтных системах земледелия должна относиться соответствующая оценка интенсивности механических, физических, химических и биологических воздействий, определяемой:

- применением различных способов обработки почвы под культуры севооборотов;
- технологическими операциями по уходу за посевами и уборке урожая;
- техническими средствами и нормами применения удобрений, пестицидов, мелиорантов, позволяющими в максимальной степени использовать естественные ресурсы агроландшафтов без существенного изменения свойств самой почвы.

***Критериями антропогенных нагрузок можно считать:***

- для севооборотов – урожай, его качество и продуктивность сельскохозяйственных культур;
- для систем обработки почвы – интенсивность проявления эрозионных процессов, оптимальная плотность сложения почвы, бездефицитный или близкий к бездефицитному баланс гумуса в почве;
- для систем удобрения – ПДК нитратов и других элементов в растениях и почве.

В то же время, задача более детального обоснования и зонирования таких критериев для всех элементов адаптивно-ландшафтных систем земледелия еще требует своего разрешения.

Чтобы выявить параметры допустимых антропогенных нагрузок, необходимо оценить влияние антропогенных нагрузок на изменения почвенных свойств, затем соотнести интенсивность влияния антропогенных нагрузок с изменением свойств почвы, с ее предельно допустимыми параметрами и с показателями начального состояния и определить допустимые антропогенные нагрузки конкретно для каждого подтипа почв и их разновидностей.

Эрозия почв как стохастический процесс характеризуется кумулятивным эффектом, т.е. накоплением неблагоприятного воздействия на почву и ее потерей из года в год от стока талых и ливневых вод, что в конечном счете может привести к деградации агроландшафта. Поэтому важно нормировать силу эрозионного воздействия на агроландшафт путем установления допустимых пределов смыва почв. По этой проблеме имеются многочисленные исследования (Шикула, Рожков, Трегубов, 1973; Сурмач, 1985; Шишов, Кузнецов и др., 2003). Однако теоретический аспект проблемы до сих пор разработан слабо и полученные упомянутыми авторами величины допустимого смыва характеризуют зональные почвенно-климатические условия. Это существенно затрудняет проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и объективную оценку планируемых затрат на противоэрозионные мероприятия. Поэтому критериями допустимых антропогенных нагрузок должны быть ***допустимый смыв почвы и допустимый сток воды.***

## 2. Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта

### 2.1. Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на гумусное состояние почвы

Основным критерием допустимых антропогенных нагрузок на почву является уравновешенное или близко к уравновешенному соотношение между процессами минерализации и гумификации органического вещества в почве (табл. 2). Результатом этого является поддержание содержания гумуса в почве на определенном уровне, точнее в определенных пределах. Это связано с изменчивостью содержания гумуса в пространстве, которая определяется типом, подтипом почв, видом растительности и другими факторами.

При смене системы земледелия направленность изменения содержания органического вещества почв зависит от исходного уровня его в почве. В этом случае критериями допустимых антропогенных нагрузок на почву могут быть среднее, высокое или очень высокое содержание гумуса. При данных уровнях гумусированности допустимые антропогенные нагрузки при рациональном соотношении негативных и положительных (за исключением нагрузок, приводящим к кардинальным изменениям) не вызовут резкого снижения восстановительных способностей почвы.

### 4. Степень гумусированности пахотных черноземов России (%) как критерий антропогенных нагрузок на них

(подготовлена с использованием данных Л.Л. Шишова и Б.М. Козута, 2004)

Почва*	Гра- ну- ломет- риче- ский со- став	Критерии антропогенных воздействий на почву			
		недопус- тимых	умеренно допустимых	допустимых	
		<i>Классы по степени гумусированности почв</i>			
		меньше мини- мального	слабо- гумуси- рованные	средне- гумуси- рован- ные	сильно- гумуси- рован- ные
1	2	3	4	5	6
<b>Центрально-Черноземный, Северо-Кавказские регионы</b>					
Черноземы оподзоленные	A	< 1,6-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5
	B	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	C	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
Черноземы типичные и выщелоченные	A	< 2,5-3,5	3,5-4,5	4,5-5,5	> 5,5
	B	< 3,5-4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	> 6,5
	C	< 4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	> 7,5
Черноземы южные	A	< 1,6-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5
	B	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	C	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0

1	2	3	4	5	6
<b>Поволжский и Уральский регионы</b>					
Черноземы типичные и выщелоченные	A	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
	B	< 5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	> 8,0
	C	< 6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	> 9,0
Черноземы обыкновенные	A	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
	B	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
	C	< 5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-	> 8,0
<b>Западно-Сибирский регион</b>					
Черноземы оподзоленные	A	< 1,6-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5
	B	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	C	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
Черноземы типичные и выщелоченные	A	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	B	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
	C	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
Черноземы обыкновенные	A	< 1,6-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5
	B	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	C	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
Черноземы южные	A	< 1,2-2,0	2,0-2,9	2,9-3,9	> 3,9
	B	< 1,6-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	> 4,5
	C	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,5-5,0	> 5,0
<b>Восточно-Сибирский регион</b>					
Черноземы оподзоленные	A	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	B	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
	C	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
Черноземы выщелоченные	A	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
	B	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
	C	< 5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	> 8,0
Черноземы типичные	A	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
	B	< 5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	> 8,0
	C	< 6,0-7,0	7,0-8,0	8,0-9,0	> 9,0
Черноземы обыкновенные	A	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
	B	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0
	C	< 5,0-6,0	6,0-7,0	7,0-8,0	> 8,0
Черноземы южные	A	< 2,0-3,0	3,0-4,0	4,0-5,0	> 5,0
	B	< 3,0-4,0	4,0-5,0	5,0-6,0	> 6,0
	C	< 4,0-5,0	5,0-6,0	6,0-7,0	> 7,0

\*) в пахотном слое почвы

\*\*) Примечания: А – песчаные и супесчаные; В – легко- и среднесуглинистые; С – тяжело-суглинистые и глинистые

В таблице 4 показаны классы пахотных черноземных почв как критерии антропогенных нагрузок на почву: недопустимыми для антропогенных воздей-



ствий являются почвы с гумусированностью меньше минимального, умеренно допустимыми – слабогумусированные, а допустимыми – средне- и сильногумусированные. На слабогумусированных почвах велика вероятность резкого снижения восстановительных способностей почвы при антропогенных негативных нагрузках. Представлены оптимальные параметры гумусного состояния почв ЦЧЗ (табл. 5), позволяющие использовать широкий спектр антропогенных воздействий без резкого снижения их плодородия.

### 5. Оптимальные параметры гумусного состояния почв ЦЧЗ (для пахотного слоя)

Показатели	Область	Черноземы					Темно-серые лесные
		типичные			выщелоченные	обыкновенные	
		несмытые	слабосмытые	среднесмытые			
Общий гумус, %	Курская	5,7-6,7	5,2-6,0	4,2-4,9	> 5,6	> 5,8	4,0-4,8
	Белгородская	> 6,5	5,6-6,2	4,6-5,0	6,4-6,7		4,3-4,8
	Воронежская	6,5-7,5	5,7-6,7	4,8-5,5	6,8-7,5		> 6,0
	Тамбовская	7,6-8,2	6,9-7,4	5,5-5,9	6,5-7,5		
	Липецкая	7,0-8,0	6,3-7,2	5,2-5,7	6,5-7,5		5,5-6,3
Баланс гумуса	≥ 0						

В таблице 6 приведены установленные критические параметры гумусного состояния черноземов (среднесуглинистого гранулометрического состава) Курской области в зависимости от степени эродированности, при которых использование почв под пашню недопустимо. В таблице 7 показано содержание

### 6. Критические параметры гумусного состояния черноземных среднесуглинистых почв Курской области в зависимости от степени эродированности (для пахотного слоя)

Показатели	Чернозем типичный			Чернозем выщелоченный	
	несмытый	слабосмытый	среднесмытый	несмытый	среднесмытый
Общий гумус, %	< 4,3	< 3,9	< 3,1	< 4,2	< 3,2
Баланс гумуса	< 0				

гумуса (%) как критерий предельных антропогенных нагрузок на почву для условий Краснодарского края.

### 7. Содержание гумуса (%) как критерий предельных антропогенных нагрузок на почву для условий Краснодарского края

Почва	Содержание гумуса, %
Чернозем выщелоченный (КНИИСХ)	3,44-3,52
Чернозем обыкновенный (СКНИПТИАП)	3,87-3,95

Важнейшим критерием допустимых антропогенных нагрузок на почву является устойчивость органического вещества почвы, которую характеризуют соотношения между инертным и лабильным гумусом, между Г и НВ, между ЛГВ и НВ (прил.1,2) и показатель устойчивости органического вещества почвы.

Для использования соотношения между компонентами органического вещества в почве в качестве критериев допустимых антропогенных нагрузок разработана шкала их оценки (табл.8). Предложены три градации соотношений между компонентами органического вещества черноземных почв: критические, близкие к оптимальным и оптимальные. Градации соотношений между компонентами органического вещества почв: близкие к оптимальным и оптимальные, - предлагается использовать в качестве критериев допустимых антропогенных нагрузок.

#### 8. Шкала оценки соотношений между компонентами органического вещества в черноземных почвах ЦЧЗ

Инертный гумус	Лабильные гумусовые вещества	Негумифицированное органическое вещество	Оценка соотношений
в % по С от содержания органического вещества в почве			
78-85	9-18	5-10	оптимальные
80-86	7-13	3-8	близкие к оптимальным
89-95	4-10	<1,5	критические

Разработан и предложен показатель устойчивости органического вещества почвы (УОВ), показывающий сколько процентов составляет фактическое содержание НВ от требуемого оптимального. Требуемое оптимальное количество НВ<sub>т</sub> определяется содержанием в почве гумуса и соотношением НВ к гумусу (в % к общему ОВ почвы) в целинной почве по формуле 1:

$$НВ_{т} = \frac{Г \cdot НВ_{ц}}{Г_{ц}} \quad (1)$$

где НВ<sub>т</sub> – требуемое оптимальное содержание негумифицированного органического вещества в почве, в % от органического вещества почвы;

$\Gamma$  – содержание гумуса в пахотной почве, %;

$НВ_{ц}$  – количество негумифицированного органического вещества в целинной почве, участвующего в процессах разложения и гумификации, % от ОВ;

$\Gamma_{ц}$  – содержание гумуса в целинной почве, %.

При определении  $НВ_{ц}$  необходимо учитывать, что в целинных почвах, в отличие от пахотных, в процессах разложения и гумификации могут участвовать только третья часть негумифицированного органического вещества (Афанасьева, 1956; Семенова, 1966) и корневые выделения, которые составляют 10% от общей массы корней (Самцевич, 1968; Иванов, 1973 и др.). Поэтому  $НВ_{ц}$  (%) на целине рассчитывают по формуле (2).

$$НВ_{ц} = \frac{43 \cdot НВ_{Оц}}{100 - 0,43 \cdot НВ_{Оц}} \quad (2)$$

где  $НВ_{Оц}$  – общее содержание негумифицированного органического вещества почвы на целине, в % от ОВ.

Отсюда соотношение  $НВ_{ц} / \Gamma_{ц}$  для чернозема типичного (по данным таблицы 8) будет равно 0,53-0,66, в среднем 0,6. Тогда для пахотных черноземов типичных требуемое оптимальное содержание негумифицированного органического вещества можно определять по формуле 3:

$$НВ_{Т} = 0,6 \cdot \Gamma \quad (3)$$

При содержании гумуса в почве 5,5% система органического вещества чернозема типичного будет устойчива, когда негумифицированное органическое вещество будет составлять в ней 3,3%, а гумус -96,7%.

Если принять требующийся оптимальный уровень негумифицированного органического вещества в почве за 100%, то можно рассчитывать показатель устойчивости органического вещества почвы по формуле 4.

$$УОВ = \frac{НВ \cdot 100}{НВ_{Т}} \quad (4)$$

где  $УОВ$  – показатель устойчивости органического вещества почвы, %.

$НВ$  – содержание негумифицированного органического вещества в почве, в % от органического вещества почвы,

$НВ_{Т}$  – требуемое оптимальное содержание негумифицированного органического вещества в почве, в % от ОВ.

Показатель устойчивости органического вещества для почв на лугу, залежи, под многолетними бобовыми травами, где условия и количество поступления разложения и гумификации растительных остатков приближаются к целинным, определяют по формуле 5.

$$НВ_{л} = \frac{\Gamma_{ц} \cdot НВ \cdot 100}{\Gamma \cdot НВ_{Оц}} \quad (5)$$

где  $НВ_{л}$  – содержание негумифицированного органического вещества в почве на лугу и залежи, которое может участвовать в процессах разложения и гумификации, в % от ОВ.

Так как в процессах разложения и гумификации в почве могут участвовать в лесу и лесополосе шестая часть (Афанасьева, 1956) негумифицированного органического вещества и корневые выделения (10% от массы корней), при расчете УОВ почвы в них необходимо определять НВ следующим образом:

$$НВ_{ЛП} = \frac{27 \cdot НВ_{ОЛП}}{100 - 0,27 \cdot НВ_{ОЛП}} \quad (6)$$

где НВ<sub>ЛП</sub> – содержание негумифицированного органического вещества в почве под лесополосой и лесом, которое может участвовать в процессах разложения и гумификации, в % от ОВ;

НВ<sub>ОЛП</sub> – содержание негумифицированного органического вещества в почве под лесополосой и лесом, в % от ОВ.

Шкала оценки устойчивости органического вещества почвы (Масютенко, 2003) приведена в таблице 9.

### 9. Шкала оценки устойчивости системы органического вещества почвы

Показатель устойчивости органического вещества почвы (УОВ), %	Степень устойчивости органического вещества почвы
<30	очень слабая
31-60	слабая
61-90	средняя
91-110	оптимальная
111-140	высокая
>141	очень высокая

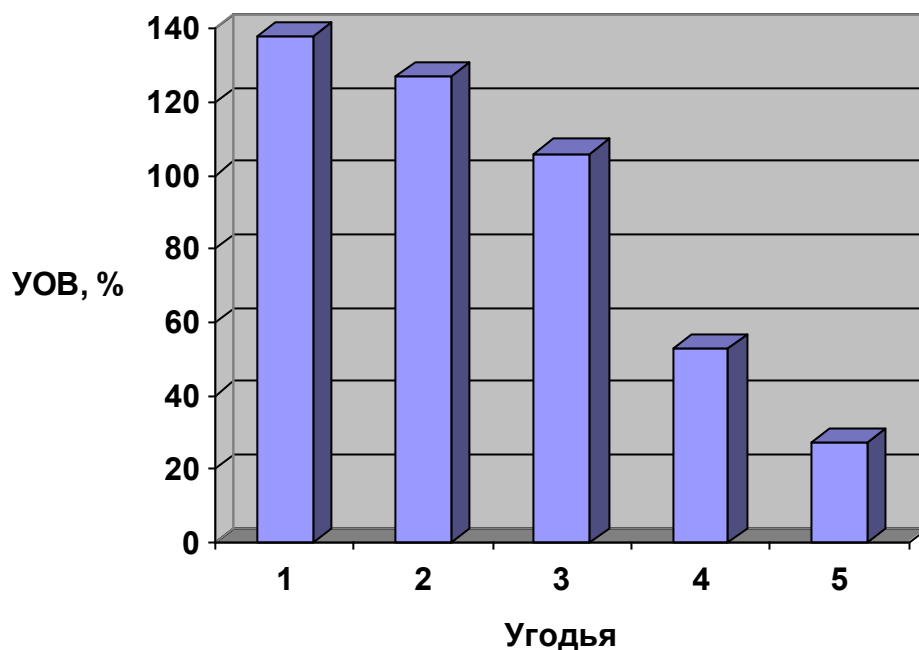
Средняя, оптимальная, высокая, очень высокая степень устойчивости органического вещества почвы является критерием допустимых антропогенных нагрузок.

Органическое вещество в зависимости от содержания в нем негумифицированного органического вещества может характеризоваться разной степенью устойчивости (прил.3) в зависимости от вида сельскохозяйственного использования. В черноземе типичном на залежи и лугу оно отличается высокой устойчивостью, а на пашне в агроэкосистеме зернопаропропашного севооборота – слабой устойчивостью. Очень слабая устойчивость органического вещества почвы наблюдается на пару (УОВ = 27%). Оптимальной устойчивостью (УОВ = 106%) обладает органическое вещество чернозема типичного в агроэкосистеме зерноотравяного севооборота под клевером. В органическом веществе эродиро-

ванных почв уменьшается доля лабильной части, а в ее составе – содержание негумифицированного органического вещества (в 1,75-2,00 раза по сравнению с неэродированными). Это снижает устойчивость органического вещества почвы.

Установлена обратная зависимость между показателем устойчивости органического вещества черноземных почв и характером и интенсивностью антропогенных воздействий (рис. 2). С увеличением степени антропогенной нагрузки показатель устойчивости органического вещества черноземных почв падает.

В таблице 10 представлена устойчивость органического вещества серых лесных почв в зависимости от подтипа и степени эродированности. В данном случае средняя степень устойчивости органического вещества почвы является критерием допустимых антропогенных нагрузок.



**Рис. 2. Зависимость устойчивости органического вещества почвы от степени антропогенной нагрузки (Угодья: 1- луг, 2- залежь, 3- пашня, зернотравяной севооборот; 4- пашня, зернопаропропашной севооборот; 5- бессменный пар)**

**10. Устойчивость органического вещества серых лесных почв в зависимости от подтипа и степени эродированности**

Подтип почвы	Степень эродированности	НОВ, т/га	Степень устойчивости органического вещества почвы	Критерии допустимых антропогенных нагрузок

Темно-серая лесная	несмытая	1,87	средняя	+
	слабосмытая	1,75	средняя	+
	среднесмытая	1,52	слабая	
Серая лесная	несмытая	1,49	средняя	+
	слабосмытая	1,39	средняя	+
	среднесмытая	1,21	слабая	
Светло-серая лесная	несмытая	1,37	средняя	+
	слабосмытая	1,28	средняя	+
	среднесмытая	1,11	слабая	

## 2.2. Критерии допустимых антропогенных нагрузок на физическое состояние типичного чернозема

Следует признать, что до настоящего момента агрофизические показатели почв практически не имеют нормативной интерпретации и недостаточно участвуют в решении практических земледельческих задач. В этой связи, точкой отсчета нормирования являются оптимальные параметры физического режима и физических свойств почв. По мнению Семенова В.А. (2004) почвы сельскохозяйственного назначения несут две функции - продуктивную и базовую, что предполагает решение проблемы оптимизации проводить по двум направлениям: создание комфортных условий для культурных растений и повышения уровня гомеостаза почвы как базового элемента агроландшафта.

Для правильного выбора мер воздействия на почву необходимо прежде всего определить уровень ее окультуренности. Под окультуренностью понимают степень приспособленности почвы к выращиванию сельскохозяйственных культур, а под окультуриванием процесс организации почвенной массы в соответствии с требованиями культурных растений. Критерием оценки окультуренности почв считают урожай.

Обобщение нашего экспериментального материала с учетом имеющихся литературных данных (Кузнецова, 1979; Медведев 1988) позволило нам уточнить диагностические критерии черноземов по основным показателям агрофизических свойств, которые можно использовать при различных вопросах мониторинга черноземов и управления их агрофизическим состоянием.

В качестве основных критериев служат показатели, характеризующие структуру почвы. Важнейшими количественными характеристиками почвенной структуры являются плотность сложения и структурно-агрегатный состав. Вместе с тем, эти показатели весьма нестабильны, что обусловлено сезонной динамикой, связанной с обработками почвы, видом сельскохозяйственной культуры, процессами набухания-усадка и др. Для более полной оценки степени окультуренности почв следует использовать критерии, которые характеризуют различные уровни структурной организации почвы (по Воронину, 1984): моле-

кулярно-ионный, уровень организации почвенных частиц, агрегатный структурный уровень, горизонтный структурный уровень.

На горизонтном структурном уровне основные изменения в пахотном слое отражают плотность сложения и структурно-агрегатный состав. По величине этих показателей степень окультуренности средне-и тяжелосуглинистых черноземов предлагается дифференцировать на три уровня. Почвы высокой степени окультуренности характеризуются следующим диапазоном значений (табл.11): равновесная плотность сложения 1,0 – 1,15 г/см<sup>3</sup>, содержание водоустойчивых агрегатов более 0,25 мм – 50 – 60%, содержание воздушно-сухих агрегатов размером 10 -0,25 мм – 70-80%. Для почв средней и низкой степени окультуренности эти показатели соответственно равны 1.15 – 1.25 и более 1,25 г/см<sup>3</sup>, 60-70 и менее 60 %, 40 -50 и менее 40%.

### 11. Диагностические критерии уровней окультуренности черноземов типичных по агрофизическим свойствам в пахотном слое

Уровень окультуренности	Равновесная плотность, г/см <sup>3</sup>	Структурно-агрегатный состав, %		Плотность (d <sub>v</sub> , г/см <sup>3</sup> ) и пористость (П, %) агрегатов			
		Воздушно-сухие агрегаты 10-0,25 мм	Водоустойчивые агрегаты более 0,25 мм	10-20мм		5-7мм	
				d <sub>v</sub> , г/см <sup>3</sup>	П <sub>a</sub> , %	d <sub>v</sub> , г/см <sup>3</sup>	П <sub>a</sub> , %
Высокий	1,0-1,15	70-80	50-60	1,35-1,50	42-45	1,45-1,60	39-43
Средний	1,15-1,25	60-70	40-50	1,50-1,60	39-42	1,6-1,7	36-39
Низкий	>1,25	<60	<40	>1,60	<39	>1,7	<36

Агрегатный структурный уровень хорошо характеризуют плотность и пористость агрегатов различного размера.

### 12. Микроморфологические критерии диагностики уровней окультуренности типичных черноземов в пахотном слое

Уровень окультуренности	Видимые поры (% от площади шлифа)	Агрегаты	Органическое вещество

ности	Гори- зон- таль- ный шлиф	Верти- каль- ный шлиф	% от пло- щади шли- фа	по- рядко- вость	Отно- шение длины к ши- рине	
Высокий	25-30	15-25	70-100	III-IV	1,2-1,4	<i>Равномерное распределение темноокрашенного сгусткового гумуса по площади шлифа с редкими светлыми зонами</i>
Низкий	< 15	< 10	< 50	I-II	> 1,5	<i>Обилие светлоокрашенных микронезон с преобладанием коллоидно-дисперсного буровато-желтого гумуса</i>

При характеристике горизонтного и агрегатного структурных уровней большую информативность несут микроморфологические критерии (табл.12). Изучение почвенных шлифов позволило установить, что оптимальная величина видимой пористости составляет 25-30% в горизонтальной и 25-25% - в вертикальной ориентации, агрегированности не менее 70% от площади шлифа, порядковости агрегатов III-IV. Высококультурные почвы имеют в основном округлые агрегаты с соотношением длины к ширине не более 1,4, органическое вещество равномерно распределено по площади шлифа и представлено темно-коричневыми сгустковыми образованиями.

Низкокультурным черноземам свойственны уплотненная почвенная масса с преобладанием неагрегированного материала, низкой видимой пористостью, плотными удлиненными агрегатами простого строения (I-II порядка).

*Критериями допустимых антропогенных нагрузок* на физическое состояние почвы являются диагностические критерии высокой и средней уровней окультуренности.

Всякая обработка почвы должна быть направлена прежде всего на улучшение агрофизических свойств почвы, на создание благоприятных воздушного, теплового и водного режимов. Вместе с тем, современные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, предусматривающие увеличение числа проходов тракторов и других сельскохозяйственных машин, могут вызывать разрушение структуры и переуплотнение. Наиболее пагубно влияют на оптимальные физические показатели почвы частые механические обработки с применением тяжелых сельскохозяйственных машин и орудий.

Основными свойствами и показателями почв определяющими, степень воздействия сельскохозяйственной техники на почву являются механический состав, содержание органики и ее качественное состояние, структурное состояние, плотность и влажность почв во время воздействия техники. Такие показатели типичных черноземов как высокая степень гумусированности, хорошо выраженная структура, механическая прочность структуры и др. предполагают их высокую способность противостоять деформациям.

Для оценки степени воздействия сельскохозяйственных движителей на почву необходимо определить *диапазон оптимальных параметров ее физиче-*



ского состояния. Принимая положение о том, что содержание воздуха почвы при наименьшей влагоемкости должно составлять не менее 15% (Долгов и др. 1970), нами по формуле 7 определена верхняя граница оптимальной плотности тяжелосуглинистого типичного чернозема - до 1.2 г/см<sup>3</sup>.

$$P_{\min} = \left(1 - \frac{d_1}{d}\right) 100 - W_{\text{НВ}} d_1 \quad (7)$$

$P_{\min}$  - минимальное содержание воздуха в почве, обеспечивающее нормальное развитие большинства сельскохозяйственных культур, %

$d_1$  - верхняя граница оптимальной плотности почвы, г/см<sup>3</sup>

$d$  - плотность твердой фазы почвы, г/см<sup>3</sup>

$W_{\text{НВ}}$  - наименьшая влагоемкость, в % от массы

### 13. Допустимые давления ходовых систем тракторов, кгс/см<sup>2</sup>, на чернозем типичный в зависимости от влажности и плотности сложения

Влажность, %	Плотность сложения, г/см <sup>3</sup>			
	1.0	1.1	1.2	1.3
29	0.30	0.50	0.60	0.80
26	0.40	0.60	0.70	1.00
24	0.50	0.80	1.10	1.40
20	0.70	1.10	1.40	1.90
16	0.80	1.30	1.60	2.20
12	1.00	1.50	1.90	2.70

Медведев В.В. (1987) при обосновании допустимых уровней нагрузки машинно-тракторными агрегатами на типичный чернозем провел детальный анализ по 6 критериям: изменение водно-физических свойств при действии нагрузки, крошение уплотненной почвы, глубина распространения уплотнения, глубина колеи, потенциал прочности почвы, разуплотнение почвы (табл.13). При влажности физической спелости почвы (16-24%) допустимое давление находится в пределах 0.8-1.2 кгс/см<sup>2</sup>, в среднем 1.0 кгс/см<sup>2</sup>.

При интенсивном использовании минеральных удобрений агрофизические свойства почв претерпевают разнообразные и существенные изменения. Известно, что одностороннее применение минеральных удобрений в высоких дозах, как правило, ухудшает агрофизические свойства почв, а применение органических удобрений, наоборот, сказывается положительно. (Ковда, 1981; Медведев, 1988; Каштанов, Явтушенко, 1997; Березин, Гудима, 2002).

Влияние минеральных удобрений на изменение агрегатного состава почвы отрицательно сказалось уже после окончания 1-ой ротации 5-польного севооборота на темно-серых лесных почвах. При внесении высоких доз минеральных удобрений в слое почвы (10-30 см) содержание глыбистой фракции (>10 мм) увеличилось до 20,3 – 22,4%, а на удобренных вариантах в аналогичном слое составило 17,0-18,7%. После 2-ой ротации эти различия сохранились. Объясняется это ослаблением связей между элементарными частицами в результате усиления минерализации органического вещества почвы под влиянием минеральных удобрений.

За десятилетний период достоверно уменьшилась водопрочность агрегатов темно-серой лесной почвы. Если в начале севооборота сумма агрегатов, размером более 0,25 мм в слое 0-30 см составила 36,7-35,6%, то в конце ротации - 26,3-29,9%. Соответственно этому понизился и коэффициент водоустойчивости, выражающий отношение агрегатов размером, более 0,25 мм при мокром просеивании к сумме агрегатов такого же размера при сухом просеивании, с 0,6-0,5 до 0,5-0,4.

В результате 10-летнего применения минеральных удобрений (суммарная доза составила N600-800 P500-800 K280-500) плотность почвы увеличилась до 1,25-1,30 г/см<sup>3</sup> по сравнению с таковой без внесения удобрений (1,21-1,23 г/см<sup>3</sup>). Увеличение плотности почвы в этом слое прежде всего связано со вспашкой на постоянную глубину и разрушением почвенной структуры под действием минеральных удобрений, в результате чего формируется уплотненный слой плужной подошвы.

### **2.3. Предельно допустимые значения свойств почвы (ПДЗ) для ячменя и озимой пшеницы**

Предельно допустимые значения свойств чернозема типичного средне-суглинистого определяли при сопряженном изучении его свойств и урожая или продуктивности.

Для выявления ПДЗ почвенных свойств и их сочетаний применялся информационно-логический анализ, позволяющий в рамках анализируемой системы почва – растение выявить и количественно оценить силу, характер, направленность связи между урожаем или продуктивностью сельскохозяйственной культуры и свойствами чернозема типичного, а также установить параметры плодородия почвы, специфичные определенным уровням урожаев или продуктивности. Применяемый подход позволяет устанавливать сочетания предельно допустимых значений свойств почвы (ПДЗ), ниже которых урожай сельскохозяйственных культур, возделываемых на ней, падает в 2 раза.

Очень высокая и высокая связь урожая ячменя отмечена (табл. 14) с содержанием в почве лабильных гумусовых веществ ( $C_{ЛГВ}$ ), лабильных гуминовых кислот ( $C_{ЛГК}$ ) и соотношением углерода лабильных гуминовых кислот к углероду лабильных гумусовых веществ; углерода лабильных гуминовых кислот к углероду лабильных фульвокислот ( $C_{ЛФК}$ ); углерода микробной биомассы к углероду лабильных гуминовых кислот и углерода лабильных гумусовых

веществ к углероду гумуса почвы (Глазунов, 2003). Теснота связи изменяется от очень высокой до высокой (коэффициент эффективности передачи информации -  $K_{\text{э}}=0,44 - 0,28$ ). Влияние других показателей на урожай ячменя слабее или незначимо. Выявлены характер и направленность связи между урожаем ячменя и компонентами органического вещества почвы.

Наибольшее влияние на продуктивность озимой пшеницы оказывают лабильные гумусовые вещества, обменный магний (Mg), pH солевого раствора, коэффициенты эффективности передачи информации составляют 0,18-0,20; причем характер связи обратный и логическая функция нелинейного произведения. Содержание лабильных фульвокислот, обменных кальция и магния (Ca+Mg) и обменного кальция (Ca) не оказывают существенного влияния на продуктивность ( $K_{\text{э}}= 0,04$ ).

Максимальное влияние на урожай озимой пшеницы оказывают обменный магний и pH солевого раствора,  $K_{\text{э}}=0,19-0,23$ . Остальные показатели, кроме обменного кальция, имеют среднее значение,  $K_{\text{э}}=0,08-0,15$ . Критерием отбора параметров предельно допустимых значений свойств почв к агрогенным нагрузкам является коэффициент эффективности передачи информации. Необходимо учитывать те показатели свойств почвы, у которых  $K_{\text{э}}$  выше нижнего значения среднего.

Установлены предельно допустимые значения содержания гумусовых веществ, микробной биомассы и их соотношений, наиболее тесно связанных с урожаем ячменя (табл. 15). Для сравнения представлены и оптимальные параметры. При предельно допустимых значениях указанных показателей при отсутствии других лимитирующих факторов урожай ячменя снижается примерно в 2 и более раза от среднего уровня ( $< 12$  ц/га). Выявлены предельно допустимые значения содержания гумусовых веществ, Ca, Mg, значений pH, наиболее тесно связанных с урожаем и продуктивностью озимой пшеницы (табл. 16). Для сравнения представлены и оптимальные параметры. При предельно допустимых значениях указанных показателей при отсутствии других лимитирующих факторов продуктивность и урожай озимой пшеницы снижается примерно в 2 и более раза от среднего уровня ( $< 12$  ц/га).

В таблице 17 представлены ПДЗ содержания в черноземе типичном лабильных гумусовых веществ, лабильных гуминовых кислот, гумуса, обменных оснований для ячменя в зависимости от экспозиции склона. Показано, что ПДЗ гумусного состояния изучаемых почв на склоне южной экспозиции ниже, чем на северной.

Выявлены особенности зависимости содержания микробной биомассы и лабильных гумусовых веществ в черноземе типичном в зависимости от интенсивности антропогенных нагрузок. Совместное применение органических и минеральных удобрений, зернотравяного севооборота (по сравнению с зернопаропропашным) приводит к увеличению содержания в почве лабильных гуминовых кислот и микробной биомассы.

#### 14. Оценка связи между урожаем ячменя и компонентами органического вещества чернозема типичного

Компонент органического вещества почвы*	Количество информации, T (бит)	Коэффициент эффективности передачи информации, $K_{\Sigma}$	Характер связи**
$C_{ЛГК}/C_{ЛГВ}$	0,69	0,44	∨
$C_{ЛГК}/C_{ЛФК}$	0,69	0,44	∨
ЛГВ	0,67	0,43	∨
ЛГК	0,64	0,41	∨
$C_{МБ}/C_{ЛГК}$	0,65	0,41	∧
Гумус	0,46	0,29	∨
$C_{ЛГВ}/C_{Г}$	0,44	0,28	∨
$C_{МБ}/C_{ЛГВ}$	0,17	0,11	∧
$C_{МБ}$	0,09	0,06	⊗
$C_{МБ}/C_{ЛФК}$	0,08	0,05	∨
$C_{МБ}/C_{Г}$	0,04	0,02	⊗
ЛФК	0,04	0,02	∨

\* Г – гумус; ЛГВ – лабильные гумусовые вещества; ЛГК – лабильные гуминовые кислоты; ЛФК – лабильные фульвокислоты; МБ – микробная биомасса; С – углерод.

\*\* Характер связи: ∨ - дизъюнкция; ∧ - конъюнкция; ⊗ – нелинейного произведения.

Апробация методического подхода к определению предельно допустимых значений свойств почвы показала его практическую применимость. Предполагаемый подход позволяет установить сочетания предельных значений свойств почвы, ниже которых урожай сельскохозяйственной культуры, возделываемой на ней, падает в 2 раза.

Таким образом, установлены экологически значимые предельно допустимые и оптимальные значения показателей гумусного состояния чернозема типичного для ячменя и озимой пшеницы - критерии допустимой антропогенной нагрузки. Выявлено, что и содержание микробной биомассы в почве может служить показателем (критерием) степени антропогенной нагрузки на нее.

#### 15. Экологически значимые параметры содержания гумусовых веществ, микробной биомассы и их соотношений в черноземе типичном для урожая ячменя

<b>Показатели</b>	<b>Единица измерения</b>	<b>Предельно допустимые значения</b>	<b>Оптимальные параметры</b>
C <sub>ЛГВ</sub>	мг/кг	1400 – 2400	3400 – 4400
C <sub>ЛГК</sub> /C <sub>ЛФК</sub>		0,39 – 0,61	0,83 – 1,05
C <sub>ЛГК</sub>	мг/кг	400 – 900	1500 – 2100
C <sub>МБ</sub> /C <sub>ЛГК</sub>		0,69 – 0,83	0,41 – 0,55
C <sub>ЛГВ</sub> /C <sub>Г</sub>		0,11 – 0,13	0,15 – 0,17
C <sub>МБ</sub> /C <sub>ЛГВ</sub>		0,18 – 0,23	0,28 – 0,33

**16. Экологически значимые параметры плодородия  
чернозема типичного для продуктивности озимой пшеницы**

<b>Показатели</b>	<b>Единица измерения</b>	<b>Предельно допустимые значения</b>	<b>Оптимальные параметры</b>
Г	%	3,90 – 4,40	5,40 – 5,90
ЛГВ	мг/кг	-	3500-5200
ЛГК	мг/кг	1800-2100	1450 –1800
ЛФК	мг/кг	-	1800-2600
∑(Ca+Mg)	мг·экв/100г	24,7-26,4	22,6-24,0
Ca	мг·экв/100г	19,2-20,1	20,1-20,8
Mg	мг·экв/100г	4,4-5,8	3,0-3,9
pH <sub>в</sub>		6,2-6,3	6,6-6,7
pH <sub>с</sub>		5,5-5,6	5,7-5,9

**17. Предельно допустимые значения показателей плодородия чернозема типичного для урожая ячменя в зависимости от экспозиции склона в пахотном слое**

Показатели	Южная экспозиция	Северная экспозиция
ЛГВ, мг/кг	<1600	<3000
ЛГК, мг/кг	<200	<1700
ЛФК, мг/кг	—	<2500
Гумус, %	<4.89	<5,5
Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup> , мг · экв/100г	<27,7; >28.3	—
Ca <sup>2+</sup> , мг · экв/100г	<22,6	—
Mg <sup>2+</sup> , мг · экв/100г	<1,5	—

Следует подчеркнуть, что *антропогенные нагрузки*, не вызывающие изменения свойств почвы до предельно допустимых значений и ниже, являются *допустимыми*.

**2.4. Допустимые смыв почвы и сток воды**

Для экологизации сельскохозяйственного производства важным является установление допустимых пределов смыва почвы для конкретного рабочего участка (склона). Этим требованиям отвечает методика В.П.Герасименко (1997, 2000), согласно которой расчет ведется по формуле:

$$dM = \frac{Mз + Mп}{2 \cdot S} \cdot \frac{Зп}{Зц} \cdot \frac{Сг}{Сф}, \quad (8)$$

где

dM – допустимый смыв почвы в т/га в год;

Mз- среднемноголетний смыв почвы с зяби в т/га , определяется по картам М 1:8 000 000 /В.П.Герасименко,1995/;

Mп- среднемноголетний смыв почвы с чистого пара в т/га;

Mп = 5,9 \* i , где i – 30- минутная интенсивность ливневых осадков

50%-ной обеспеченности в мм/мин, определяется по картам М 1:8 000 000

(Герасименко, Черкасов, 2003; Герасименко и др., 2004);

S – показатель типа (подтипа) почв;

Зп и Зц – соответственно запасы гумуса на пашне и целинном участке – аналоге в т/га;

C<sub>г</sub>/C<sub>ф</sub> – отношение гуминовых и фульвокислот в почве на пашне.

Для зональных почв отношение C<sub>г</sub>/C<sub>ф</sub> в горизонте «А» следующее (Пономарева, Плотникова, 1980; Вальков, 1986): 0,5 – дерново-подзолистая; 0,9 – серая лесная; 1,4 – чернозем типичный; 2,9 – лугово-черноземная; 1,3 – чернозем предкавказский; 1,6 – чернозем южный; 0,9 каштановая; 0,5 – серозем.

Для почв Курской области C<sub>г</sub>/C<sub>ф</sub> и содержание гумуса в почве на целине (Г<sub>ц</sub>) может ориентировочно устанавливаться по уравнениям:

$$C_{г}/C_{ф} = 0,167 * Г_{с} + 0,34, \quad R = 0,96 \pm 0,01, \quad (9)$$

$$Г_{ц} = 1,151 * Г_{с} + 0,54, \quad R = 0,76 \pm 0,07, \quad (10)$$

где Г<sub>с</sub> – содержание гумуса на пашне в %; Г<sub>ц</sub> – содержание гумуса в почве на целинном аналоге, %; R – коэффициент корреляции и его ошибка.

Формула (8) показывает, что чем больше смыта почва и ниже отношение C<sub>г</sub>/C<sub>ф</sub> в ней, тем меньше допустимый смыв и наоборот, что соответствует механизму процесса. Допустимый смыв, определяемый по уравнению (8) является мерой уровня плодородия почв на данной ступени развития сельскохозяйственной науки и техники. С увеличением степени окультуренности почв, их плодородие будет возрастать и допустимый смыв корректироваться.

В результате расчетов, выполненных с использованием методик Скидмора и Гродзинского установлено, что для пропашных культур в горных и предгорных районах Краснодарского края уровень предельно допустимого смыва у бурых лесных почв составляет 0,64-1,70 т/га в зависимости от уклона и степени смытости почвы: для озимых и яровых колосовых – 0,88-2,38 т/га почвы, для многолетних трав нормативы эрозионных потерь почвы составляют 0,21-0,78 т/га.

Благоприятные водно-физические свойства почвы - неперемное условие почвенного плодородия. Чтобы оптимизировать водный режим, важно обосновать:

- необходимость проведения снежных мелиораций;
- оптимальные объемы задержания на пашне и перевода в корнеобитаемый слой почвы стока талых и ливневых вод;
- величины допустимого стока на пашне.

Снегозадержание - энергоемкий прием и до недавнего времени его рекомендовали осуществлять ежегодно. Однако в годы, когда увлажнение почвы в предзимний или зимний периоды равно или превышает наименьшую влагоемкость, снегозадержание нецелесообразно, потому что велика вероятность формирования эрозионноопасного стока. Поэтому снегозадержание на пашне следует проводить в годы, когда:

$$W_p + X < B, \quad (11)$$

где  $W_p$  – запасы влаги в слое почвы 0-50 см в предзимний период в мм (если зимой оттепели, параметр  $W_p$  периодически уточняется);  $X$  – средние многолетние запасы воды в снеге к началу снеготаяния в мм ( по данным ближайшей метеостанции);  $B = 0,85*ПВ$  для зяби и  $0,9*ПВ$  для других агрофонов (озимые, стерня, многолетние травы),  $ПВ$  – полная влагоемкость в слое почвы 0-50 см ( по агрофизическим справочникам).

Оптимальные объемы перевода талого и ливневого стока в почву ( $\Delta h$ , мм), в зависимости от ее водно-физических свойств и величины стока, рассчитываются по формуле:

$$\Delta h = H [ (ПВ - W) / ( ПВ - МГ ) ], \quad (12)$$

где  $H$  – слой стока талых или ливневых вод в мм;  $W$  – влагозапасы в слое почвы 0-50 см на дату окончания стока в мм;  $МГ$  – максимальная гигроскопичность почвы в том же слое в мм.

Уравнение (12) справедливо в интервале  $0 \leq ПВ - W \leq Y$ ; ( $Y$  – действующая пористость почвы ).

Под допустимым стоком ( $dh$ , мм) понимаются такие его величины, при которых фактический смыв почвы будет меньше или равен допустимым эрозийным потерям почвы. Допустимый талый или ливневой сток на пашне определяется по формуле (Герасименко, 1997):

$$dh = H \left[ 1 - \frac{ПВ - W}{ПВ - МГ} \right] * \frac{z_c * \Gamma_c}{z * \Gamma}, \quad (13)$$

где  $z_c$  и  $z$  – мощность гумусового горизонта соответственно в смытой почве и на целинном аналоге ( участок на плакоре ) в см;  $\Gamma_c$  и  $\Gamma$  – содержание гумуса соответственно в смытой почве и на целине в %.

Формулы (8) и (14) позволяют рассчитать допустимую норму смыва и стока в зависимости от современной интенсивности эрозии, запасов гумуса в верхнем слое почвы (и, следовательно, от степени смытости почв) и качества гумуса в почве на пашне.

Для примера выбраны 2 рабочих участка. Первый из них расположен на серых лесных почвах склона северо-восточной экспозиции длиной 870 м в СХПК «Новая жизнь» Курского района. Второй рабочий участок - на черноземе выщелоченном (северо-восточный склон длиной 555 м) в СХПК «Заря» Суджанского района Курской области. Сток талых вод и смыв почвы в зернопаропропашном севообороте на этих участках представлен в таблице 18. Допустимый сток и нормы смыва почв приведены в табл. 19.



### 18. Сток талых вод и смыв почвы в зернопаропропашном севообороте

СХПК	Подтип почвы, гранулометрический состав	Степень эродированности почв	Сток талых вод, мм	Смыв почвы, т/га
Новая жизнь	Серая лесная средне-суглинистая	несмытая	87,0	5,2
		слабо-смытая	87,0	13,6
		средне-смытая	92,6	39,5
		сильно-смытая	102	112
Заря	Чернозем выщелоченный среднесуглинистый	несмытая	80,5	4,5
		слабо-смытая	80,5	11,9
		средне-смытая	85,6	30,2

севообороте

### 19. Допустимый сток талых вод и нормы смыва серой лесной почвы и чернозема выщелоченного в зависимости от степени эродированности

Подтип почвы, гранулометри- ческий состав	Степень смытости почв	Содер- жание гуму- са, %	C <sub>г</sub> /C <sub>ф</sub>	Допустимый	
				смыв поч- вы, т/га	сток та- лых вод, мм
Серая лесная средне- суглинистая	несмытая	3,2	0,87	3,0	27,6
	слабосмытая	2,3	0,72	1,6	16,4
	среднесмытая	1,8	0,64	1,0	12,3
	сильносмытая	1,0	0,51	0,3	4,1
Чернозем выще- лоченный средне- суглинистый	несмытый	4,6	1,11	3,7	45,4
	слабосмытый	3,7	0,96	2,8	36,3
	среднесмытый	3,4	0,91	1,2	17,0

На основе разработанной нами методики (Герасименко, 1996, 1997) произведена оценка допустимого смыва для основных типов почв. В результате расчетов получены следующие величины допустимого смыва, которые при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия должны уточняться применительно к конкретному склону:

- › дерново-подзолистые средне- и тяжелосуглинистые - 1,6 т/га год;
- › серая лесная средне- и тяжелосуглинистая - 2,3 т/га год;
- › светло-серая лесная средне- и тяжелосуглинистая - 2,0 т/га год;
- › чернозем типичный средне- и тяжелосуглинистый - 3,3 т/га год;
- › чернозем обыкновенный глинистый и тяжелосуглинистый - 2,6 т/га год;
- › каштановые средне- и тяжелосуглинистые - 2,4 т/га год.

## 2.5. Допустимые нормы внесения осадков сточных вод в почву

Сточные воды подразделяются на хозяйственно-бытовые, промышленные, сток предприятий и населенных пунктов, сельскохозяйственные (животноводческие и коллекторно-дренажные), руднично-шахтные. В зависимости от происхождения осадки сточных вод (ОСВ) могут содержать взвешенные и органические вещества, биогенные элементы, нефтепродукты и тяжелые металлы.

Согласно ГОСТ 17.4.1.02-83 тяжелые металлы по степени токсичности действия на окружающую среду подразделены на три класса: 1-й - мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, титан; 2-й - кобальт, никель, молибден, медь, хром; 3-й - барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций.

Основным нормативным документом, регламентирующим использование ОСВ, являются «Гигиенические требования...» (СанПиН, 1997), принятые Минздравом РФ в 1996 г. В качестве необходимого требования, СанПиН

рекомендует расчет теоретически допустимых норм внесения ОСВ в почву производить с учетом содержания тяжелых металлов по формуле:

$$D = \frac{(0,8 \text{ ПДК} - \Phi) 3000}{C}, \quad (14)$$

где

D – теоретически допустимая норма внесения ОСВ в почву, т/га сухой массы;

ПДК – предельно-допустимая концентрация тяжелого металла в почве, мг/кг;

Φ – фактическое содержание тяжелого металла в почве, мг/кг;

C – содержание тяжелого металла в ОСВ, мг/кг сухой массы;

3000 – масса пахотного слоя почвы в пересчете на сухое вещество, т/га.

Анализ формулы (14) на основе производственных данных показал, что использование при расчетах постоянной массы пахотного слоя почвы (3000 т/га) существенно искажает нормы внесения ОСВ в почву. Объективно вес пахотного слоя почвы (P, т/га) можно рассчитать по формуле:

$$P = 10000 Z \cdot d, \quad (15)$$

где

10000 – число корректирующее размерность показателей;

Z – мощность пахотного горизонта в м;

d – плотность сложения почвы в г/см<sup>3</sup>.

С учетом выражения (15) формулу (14) можно записать в виде (Герасименко, 2004):

$$D = \frac{(0,8 \text{ ПДК} - \Phi) 10000 \cdot Z \cdot d}{C}, \quad (16)$$

Формула (16) корректно учитывает физические характеристики пахотного слоя и оптимизирует нагрузку ОСВ на почвы агроландшафта.

В табл. 20 представлен химический состав ОСВ очистных сооружений АО «Щекиноазот».

## 20. Химический состав ОСВ очистных сооружений АО «Щекиноазот» (C, мг/кг) и нормативные требования к ним

Элемент	Цинк	Кадмий	Никель	Хром	Медь
C*, мг/кг	52	0,9	10	2,5	3
Нормативные требования к					

осадкам в соответствии с СанПиН, мг/кг	4000	30	400	1200	1500
--	------	----	-----	------	------

\* Содержание элемента

Из таблицы 20 видно, что рассматриваемые ОСВ могут вноситься в почву, поскольку концентрация химических элементов в ОСВ намного меньше нормативных концентраций по СанПиН.

Расчет и сравнение рассчитанных норм внесения ОСВ в почву по формулам (14) и (16) произведем по кадмию – тяжелому металлу 1 класса опасности. Почва – серая лесная среднесуглинистая, мощность пахотного горизонта  $Z = 0,2$  м, плотность сложения  $d = 1,2$  г/куб. см,  $Ст = 0,9$  мг/кг (табл. 4.1), ПДК кадмия в серой лесной почве при  $pH < 5,5$  равно  $1,0$  мг/кг (СанПиН, 1997), а фактическое (валовое) содержание кадмия в серой лесной почве  $\Phi = 0,4$  мг/кг. Подставляем приведенные значения показателей в формулу (14), получаем, что  $Дм = 1333$  т/га и в формулу (16) и находим, что  $Дм = 1067$  т/га, то есть разница в дозах внесения ОСВ в серую лесную почву составляет  $266$  т/га. Таким образом, применение формулы (16) существенно уточняет дозы внесения ОСВ в почву и оптимизирует нагрузку тяжелых металлов на почву агроландшафта.

## 2.6. Параметры антропогенных нагрузок, обеспечивающие получение на черноземных почвах зерна озимой пшеницы II- III класса

При определении параметров антропогенных нагрузок с точки зрения их воздействия на растения и получение качественного зерна озимой пшеницы *основным критерием принимался класс озимой пшеницы.*

В данном случае нами был выбран третий класс качества пшеницы, как наиболее распространенный по показателям, получаемым в хозяйствах области, и отвечающий требованиям, предъявляемым к зерну, используемому на продовольственные цели.

Основные показатели качества зерна соответствующие этому классу определены ГОСТом 9353-90 и приведены в приложении 4.

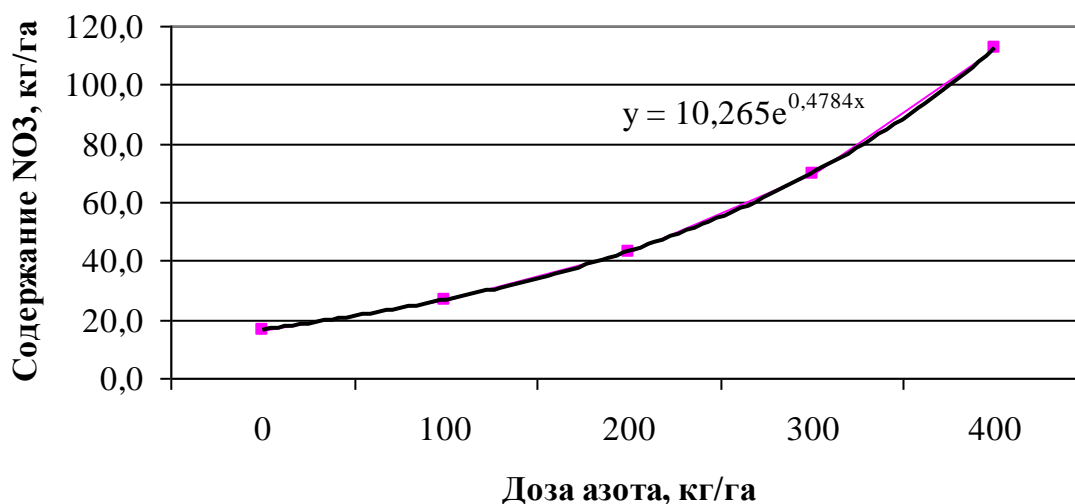
В таблице 21 представлены допустимые параметры антропогенных нагрузок на черноземных почвах, обеспечивающие получение качества зерна озимой пшеницы определенного качества, в зависимости от местоположения в рельефе. Данное сочетание параметров агрогенных нагрузок позволит получать на полярных склонах зерно не ниже третьего класса, а на водораздельном плато даже второго класса качества.

## 21. Допустимые параметры антропогенных нагрузок, обеспечивающие получение качества зерна озимой пшеницы II- III класса на черноземных почвах в зависимости от местоположения в рельефе

Вид антропогенной нагрузки	Параметры нагрузки		
	Северный склон	Водораздельное плато	Южный склон
Способ основной обработки почвы	безотвальный	отвальный	безотвальный
Уровень насыщения севооборота многолетними бобовыми травами	50	0	50
Минеральные удобрения	N <sub>40</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>	N <sub>40</sub> P <sub>80</sub> K <sub>80</sub>
<b>Показатели</b>			
Массовая доля клейковины, %	24,1	29,4	26,6
Класс пшеницы	III	II	III

### 2.7. Допустимые нитратные нагрузки на почву и растения

Параметры антропогенных нагрузок – дозы удобрений. В настоящее время в связи с возросшим спросом на азотные удобрения и увеличением



**Рис. 3. Зависимость содержания нитратного азота в 0-40 см слое чернозёма от доз удобрений**

внесения именно азотных удобрений по сравнению с фосфорно-калийными может происходить вынос нитратов за пределы почвенного профиля, изменение соотношения между доступными формами элементов питания, загрязнение нитратами сельскохозяйственной продукции.

*Критерии антропогенных нагрузок* – содержание минеральных форм азота в почве и растениеводческой продукции, урожай сельскохозяйственных культур.

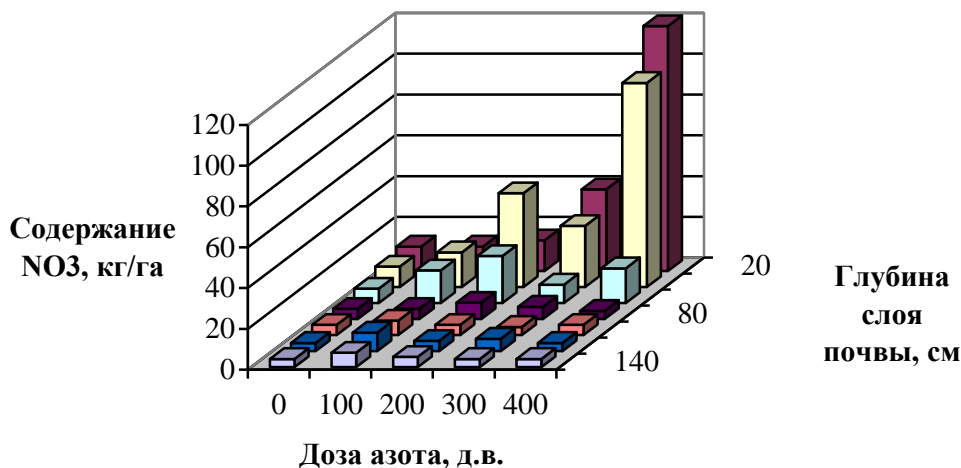
Зависимость содержания нитратного азота в 0-40 см слое чернозёма от доз удобрений подчиняется экспоненциальной зависимости (рис.3).

При увеличении дозы азота удобрений от 0 до 100 кг/га в слое 0-40 см накапливается 1 кг нитратов на 10 кг азота удобрений, при увеличении дозы от 100 до 200 кг – уже 1,6 кг / 10 кг азота, при увеличении дозы от 200 до 300 кг - 3 кг нитратов /10 кг азота удобрений и при увеличении дозы до 400 кг – 4,2 кг на 10 кг азота удобрений, то есть нормативное воздействие азота удобрений при увеличении дозы до 400 кг возросло в 4 раза.

Нитратный азот при внесении его в форме минеральных удобрений перерабатывается почвой и поглощается растениями при внесении его в дозе до 200 кг/га, при этом азот мигрирует вниз по почвенному профилю, максимально накапливаясь в корнеобитаемой зоне 20-40 см и 40-60 см (рис.4).

При увеличении дозы до 300 и 400 кг/га д.в. азота происходит резкое накопление его минеральных форм, причем не только нитратного, но и аммонийного азота, содержание которого возрастает в 10 раз по сравнению с контролем

во всей почвенной толще. Аммонийный азот хорошо поглощается почвенным поглощающим комплексом и при оптимальных дозах внесения обычно не подвержен миграции. Он усваивается группой микроорганизмов-нитрификаторов, окисляясь до нитратов.



**Рис.4. Зависимость содержания нитратного азота в чернозёме типичном от доз внесения удобрений и глубины слоя почвы**

Поэтому резкое увеличение его содержания в почвенном профиле свидетельствует о подавлении нитрификационных процессов, что может служить надежным критерием допустимости антропогенных нагрузок в виде доз азотных удобрений.

**Пороговой дозой является доза 200 кг/га**, при ее увеличении происходит резкое увеличение содержания нитратного азота до 120-270 кг/га и суммы минерального азота до 220 - 686 кг/га в слое 0-20 см в зависимости от количества выпавших осадков, что приводит к увеличению содержания нитратов в продукции выше пороговых значений.

Под действием дозы минеральных удобрений  $N_{280} P_{300} K_{320}$  за ротацию четырехпольного севооборота содержание нитратов возросло на 12-19% в озимой пшенице и на 35% в массе клевера. **В ботве сахарной свеклы в результате внесения 180 кг/га азота под культуру содержание нитратов в ряде вариантов превышает ПДК в 1,5 – 2 раза.**

### 3. Критерий комплексной оценки плодородия почв

Для оценки плодородия, как известно, используют систему показателей, характеризующих отдельные стороны причинно-следственных взаимосвязей, складывающихся в процессе выращивания сельскохозяйственных культур. Для этого целесообразно привлекать агрохимические показатели, периодически

контролируемые государственными службами страны. Минимум этих свойств может быть сведен к содержанию гумуса, реакции почвенной среды, содержанию подвижных форм фосфора и калия.

В решении данного вопроса возможно использование принципа преобразования значений показателей плодородия в безразмерные величины (Чуян, Виноградов, Букреев, 1997). Сравнимость оценки плодородия различных почв достигается тем, что основным критерием его является степень соответствия свойств почвы потребностям основных сельскохозяйственных культур, и это может быть формализовано следующим выражением (Чуян, Проценко, 2004):

$$Y_i = 100 : [1 + A \cdot (P_{\max} - P_i) \cdot \text{EXP} [-B (P_i - P_{\min}) (P_{\max} - P_i)^{-1}]]^{-1} \quad (14)$$

где  $P_i$ ,  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$  - фактические значения оцениваемого параметра, максимальное и минимальное, а  $A$  и  $B$  - корректирующие параметры, устанавливающие чувствительность показателя и уровень оптимальных значений параметров плодородия.

Графическим выражением этих зависимостей является совокупность кривых (рис.5,6,7,8).

Количественная оценка плодородия почвы должна обеспечиваться учетом по единому комплексному показателю. При отклонении отдельных свойств почв от оптимальных уровней численные значения соответствующих частных функций при принятом нормировании будет менее 100 ед. В реальных условиях, как правило, значения показателей большинства свойств ниже оптимальных. Показатель плодородия (ПП) определяется выражением среднего геометрического из совокупности четырех частных оценок ( $Y$ ):

$$ПП = \left( \prod_4 Y_i \right)^{\frac{1}{4}} \quad (15)$$

При этом урожай пропорционален не свойствам, а их обобщенной оценке, что установлено наличием достоверной линейной регрессии (рис.9,10).

Критерием предельно допустимой антропогенной нагрузки на почву может быть заданное фактическое или относительное снижение плодородия почвы соответствующее изменению совокупности почвенных показателей или каждого в отдельности.

*Параметрами при этом являются не фактические показатели свойств почв, а их относительные величины, исчисляемые по предлагаемому алгоритму.*

Мера допустимой антропогенной нагрузки может быть определена из сопоставления величин предполагаемого положительного эффекта от агротехнических приемов или других факторов и соответствующего ему же отрицательного эффекта, проявляющегося через изменение соответствующих показателей почв.

*Критерием оценки изменения свойств почв может быть изменение продуктивности, обеспеченной естественным плодородием почвы ( $Pr_0$ ), что со-*



ответствует неудобренным участкам. В натуральном выражении (ц/га з.е.) это находится как доля от исходной продуктивности, при этом снижению плодородия соответствуют отрицательные значения:

$$\Delta \text{Пр} = \text{Пр}_0 (\text{ПП}_i / \text{ПП}_0 - 1), \quad (16)$$

где  $\text{ПП}_0$  и  $\text{ПП}_i$  - соответственно оценка исходного и конечного сочетания факторов.

Фактически обобщенная оценка изменения ( $\text{ПП}_i / \text{ПП}_0$ ) плодородия исчисляется как средний «коэффициент роста» в четырехфакторном пространстве по каждому из оцениваемых свойств:

$$\text{ПП}_i / \text{ПП}_0 = (\text{Y}_{\text{рн}_i} / \text{Y}_{\text{рн}_0})^{1/4} (\text{Y}_{\text{Г}_i} / \text{Y}_{\text{Г}_0})^{1/4} \cdot (\text{Y}_{\text{р}_i} / \text{Y}_{\text{р}_0})^{1/4} (\text{Y}_{\text{к}_i} / \text{Y}_{\text{к}_0})^{1/4}, \quad (17)$$

Это позволяет вычислить долю вклада изменения каждого из оцениваемых факторов в изменение продуктивности пашни:

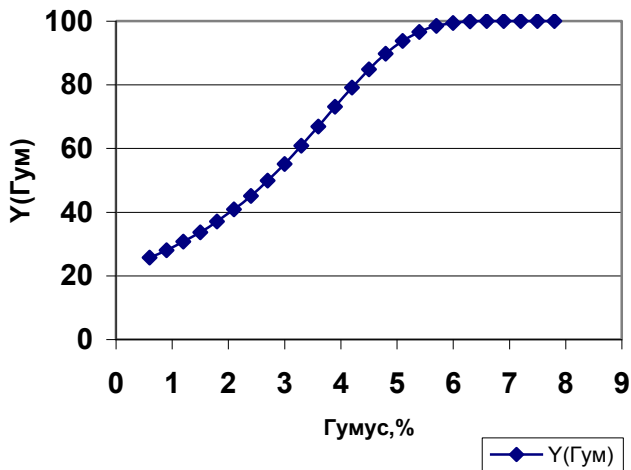
$$\Delta \text{Пр} = \text{Пр}_0 ((\text{Y}_i / \text{Y}_0)^{1/4} - 1) \quad (18)$$

Поскольку почва представляет собой единую систему, то основные свойства ее тесно взаимосвязаны. В реальных условиях можно наблюдать, как правило, совокупный эффект от действия факторов плодородия. Рассмотренная форма оценки позволяет количественно определять эффект взаимодействия факторов, когда эффект от единовременной оптимизации двух и более из них превышает сумму эффектов от каждого. Если обозначить эффект от действия фактора  $(\text{Y}_i / \text{Y}_0)^{1/4}$  как коэффициент роста (К), то количественно эффект взаимодействия факторов примет вид:

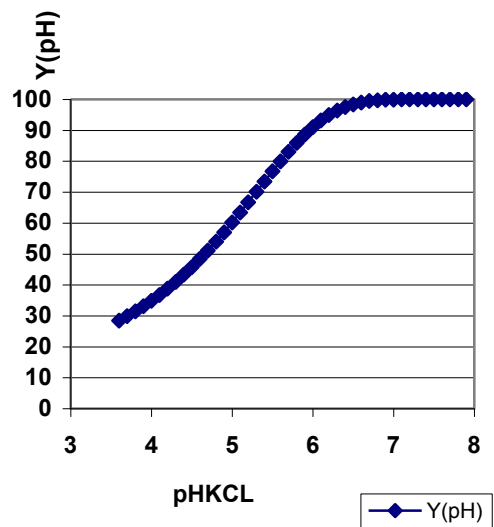
$$\Delta \text{Пр}_{(\text{взаимодействия})} = \text{Пр}_0 ((\text{П}(\text{K}_i) - 1) - (\Sigma(\text{K}_i - 1))) \quad (19)$$

Комплексная оптимизация свойств почв отвечает тому принципу, что при этом каждое из них не остается лимитирующим по отношению к другим, и поэтому эффект от совокупного их действия, как это показано, всегда выше, чем максимальная оптимизация отдельных свойств.

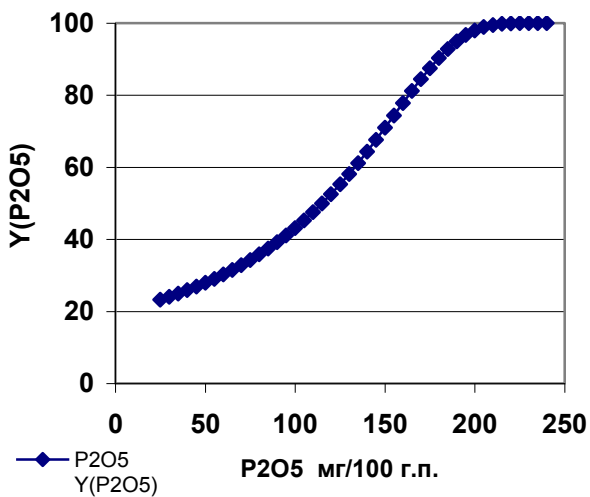
Таким образом, данный подход позволяет количественно подходить к оценке деградации почвы, оценивать сбалансированные уровни обеспеченности факторами плодородия почвы и указывает на тот факт, что эффективное восстановление деградированных почв должно быть сбалансировано по очередности и интенсивности воздействия соответствующими мелиорациями на свойства почвы. Это позволит повысить окупаемость затрат соответствующих ресурсов на восстановление и поддержание плодородия почвы.



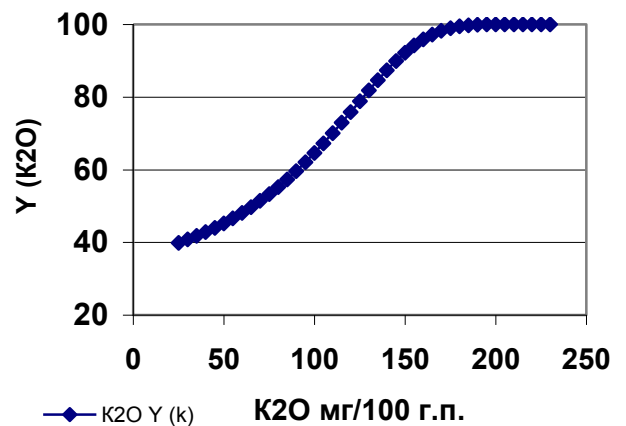
**Рис.5. Относительная оценка содержания гумуса в почве**



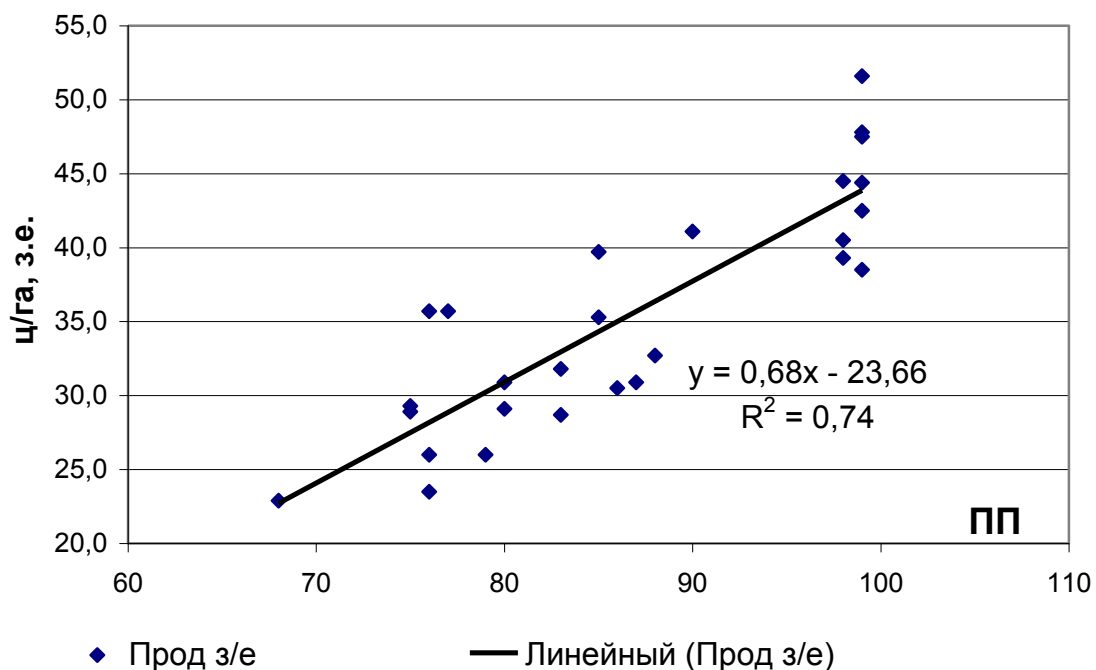
**Рис.6. Относительная оценка кислотности почвы по рН**



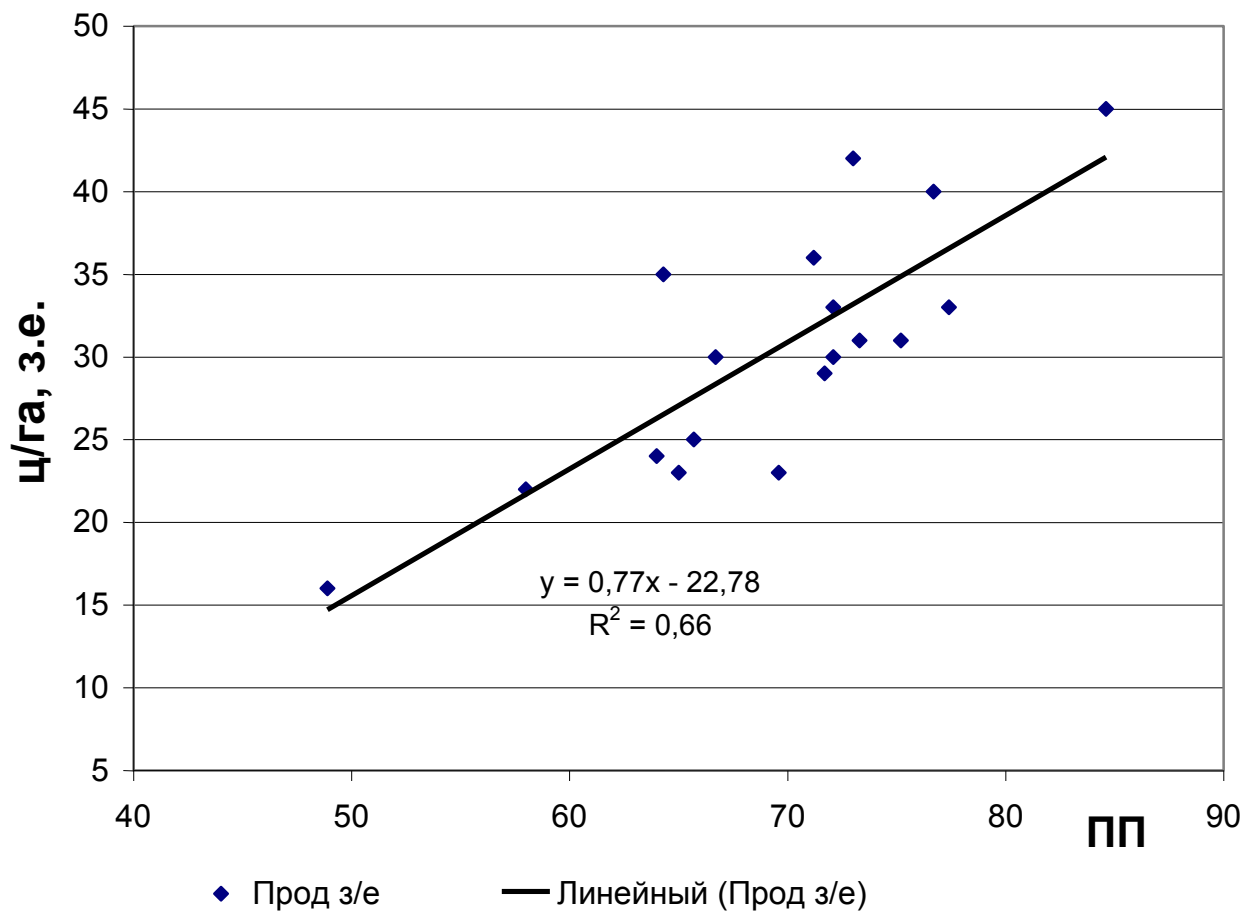
**Рис.7. Оценка содержания фосфора в почве (по Чирикову)**



**Рис.8. Оценка содержания подвижного калия в почве (по Чирикову)**



**Рис.9. Зависимость продуктивности в многофакторном полевом опыте от обобщенной оценки агрохимических свойств почвы делянок**



**Рис.10. Зависимость продуктивности пашни по хозяйствам Глушковского района Курской области от обобщенной оценки (ПП) средневзвешенных агрохимических показателей**

#### 4. Параметры оптимизации структуры использования пашни

В настоящее время требуется формирование новых подходов к построению моделей рационального использования пахотных земель, которые бы обеспечивали на каждом предприятии получение устойчивого за длительный период экономического эффекта при жестком соблюдении требований и ограничений по воспроизводству почвенного плодородия, соответствовали критериям допустимых антропогенных нагрузок.

Разработанная нами эколого-экономико-математическая модель (ЭЭММ) оптимизации структуры использования пашни реализует следующую постановку задачи: исходя из планируемых на предприятии уровней урожайности возделываемых культур и продуктивности животных, норм удельных затрат и объемов ресурсов, определить такой состав и размеры посевных площадей культур и соответствующие им структуру и объемы производства продукции животноводства, при которых обеспечивается поддержание бездефицитного баланса гумуса в почве и достигается получение максимума прибыли от ведения хозяйственной деятельности:  $Z = \tilde{x}_j - \tilde{x}_j \rightarrow \max$

Теоретико-множественная запись условий ЭЭММ представлена следующими структурными формулами.

1. Баланс пашни в разрезе выделенных категорий по интенсивности ее использования, га

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{\substack{j \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} x_{ij} - x_{ij} = 0 \\ x_{ij} = L_{it} \end{array} \right\} \begin{array}{l} i \in I_{1t}, \\ I_{1t} \in I_1 \end{array}$$

2. Формирование чередования агропроизводственных групп культур в соответствии с севооборотными требованиями по обеспечению их рекомендуемыми предшественниками, га

$$\sum_{\substack{j \in J_{1gt}, \\ J_{1gt} \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} \alpha_{ij} x_j - \sum_{\substack{j \in J_{1dt}, \\ J_{1dt} \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} x_{ij} \left\{ \begin{array}{l} \geq \\ = \\ \leq \end{array} \right\} 0, \begin{array}{l} i \in I_{2t}, \\ I_{2t} \in I_2 \end{array}$$

3. Формирование интервалов предельных размеров посевных площадей агропроизводственных групп культур в структуре их посевов, га

$$\sum_{\substack{j \in J_{1gt}, \\ J_{1gt} \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} x_{ij} \left\{ \begin{array}{l} \geq \beta_{ij} x_t \\ \leq \bar{\beta}_{ij} x_t \end{array} \right\} \begin{array}{l} i \in I_{3t}, \\ I_{3t} \in I_3 \end{array}$$

4. Детализация видовой структуры агропроизводственных групп культур (соотношение посевных площадей отдельных культур в составе их групп), га

$$\sum_{\substack{j \in J_{1gt}, \\ J_{1gt} \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} \pm \gamma_{ij} x_j \left\{ \begin{array}{l} \geq \\ = \\ \leq \end{array} \right\} 0, \begin{array}{l} i \in I_{4t}, \\ I_{4t} \in I_4 \end{array}$$

5. Ограничение максимально допустимой суммарной эрозионной опасности состава культур в севооборотах, га

$$\sum_{\substack{i \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} \delta_{ij} x_j - \varepsilon_{it} x_t \leq 0, i \in I_{5t}, I_{5t} \in I_5$$

6. Определение объемов производства и распределения продукции растениеводства для ее реализации и заготовки кормов, ц

$$\frac{v_{ij} x_j}{\substack{j \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} - \sum_{\substack{j \in J_{2t} \cup J_{3t}, \\ J_{2t} \in J_2, \\ J_{3t} \in J_3}} \zeta_{ij} x_j \geq 0, i \in I_{6t}, I_{6t} \in I_6$$

7. Распределение производимой соломы на формирование общехозяйственного фонда кормов и ее заготовку на удобрение, ц

$$\sum_{\substack{j \in J_{1zt}, \\ J_{1zt} \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} v_{ij} x_j - \frac{x_j}{\substack{j \in J_{3t}, \\ J_{3t} \in J_3}} - \frac{x_j}{\substack{j \in J_{4t}, \\ J_{4t} \in J_4}} \geq 0, i \in I_{7t}, I_{7t} \in I_7$$

8. Формирование баланса производства соломы и ее внесения в почву как органического удобрения, ц

$$\frac{x_{\bullet j}}{\substack{j \in J_{4t}, \\ J_{4t} \in J_4}} - \frac{x_{\bullet j}}{\substack{j \in J_{5t}, \\ J_{5t} \in J_5}} \geq 0, i \in I_{8t}, I_{8t} \in I_8$$

9. Формирование бездефицитного баланса гумуса или задание уровня его положительного сальдо, т

$$\sum_{\substack{j \in J_{1t}, \\ J_{1t} \in J_1}} \pm w_{ij} x_j + \sum_{\substack{j \in J_{5t} \cup J_{6t}, \\ J_{5t} \in J_5, \\ J_{6t} \in J_6}} r_{ij} x_j \geq H_{it}, i \in I_{9t}, I_{9t} \in I_9$$

10. Формирование общехозяйственных фондов товарной продукции растениеводства и кормов, ц

$$\sum_{j \in J_2 \cap J_3} x_{\bullet j} - \sum_{j \in J_7 \cap J_8} x_{\bullet j} = 0, i \in I_{10}$$

11. Формирование общехозяйственного фонда соломы на удобрение и на подстилку животным, ц

$$\sum_{j \in J_4} x_{\bullet j} - \frac{x_{\bullet j}}{j \in J_9} - \frac{x_{\bullet j}}{j \in J_{12}} = 0, i \in I_{11}$$

12. Определение потребности в соломе для подстилки животным, ц

$$\frac{x_{\bullet j}}{j \in J_2} = \sum_{j \in J_{10}} \tau_{\bullet j} x_j = 0, i \in I_{13}$$

13. Распределение органических удобрений, поступающих от животноводства, между севооборотами, ц

$$\sum_{j \in J_{10}} u_{ij} x_j - \sum_{j \in J_6} x_{\bullet j} \geq 0, i \in I_{14}$$

14. Определение потребности в кормах для производства отдельных видов продукции животноводства, ц к.ед.

$$\frac{f_{ij} x_j}{j \in J_{10}} - \frac{x_{\bullet j}}{j \in J_{11}} = 0, i \in J_{15}$$

15. Общий баланс кормов, ц к.ед.

$$\sum_{j \in J_8} q_{ij} x_j - \sum_{j \in J_{11}} x_{\bullet j} \geq 0, i \in I_{16}$$

16. Формирование благоприятной зоотехнической структуры кормового баланса, ц к.ед.

$$\sum_{\substack{j \in J_{8p}, \\ J_{8p} \in J_8}} q_{ij} x_j - \left\{ \begin{array}{l} \sum_{j \in J_{11-}} s_{ij} x_j \geq \\ \sum_{j \in J_{11}} s_{ij} x_j \leq \end{array} \right\} 0, i \in I_{17}$$

17. Гарантированное производство планируемых объемов товарной продукции растениеводства, ц

$$\frac{x_j}{j \in J_7} \geq Q_i, i \in I_{18}$$

18. Выполнение заданного оборотом стада сельскохозяйственных животных соотношения между сопряженными видами продукции животноводства, ц

$$\sum_{j \in J_{10}} \pm \lambda_{ij} x_j = 0, i \in I_{19}$$

19. Гарантированное выполнение установленного плана производства отдельных видов продукции животноводства, ц

$$\frac{x_j}{j \in J_{10}} \left\{ \begin{array}{l} \geq \\ \leq \end{array} \right\} B_i, i \in I_{20}$$

20. Расчет материально-денежных затрат на производство продукции растениеводства и животноводства, руб.

$$\sum_{j \in J_7 \cup J_8 \cup J_9 \cup J_{10}} c_{ij} x_j - \tilde{x}_{i \in I_{21}} = 0, i \in I_{21}$$

21. Расчет суммарной стоимости всей произведенной продукции животноводства и товарной продукции растениеводства в ценах реализации, руб.

$$\sum_{j \in J_7 \cup J_{10}} k_{ij} x_j - \tilde{\tilde{x}}_{i \in I_{22}} = 0, i \in I_{22}$$

### Условные обозначения:

$j$  - индексы переменных;

$t$  - индексы категорий пашни;

$x_j$  - искомый размер  $j$ -го вида хозяйственной деятельности;

$x_t$  - искомый размер  $t$ -й категории пашни, га;

$\tilde{x}_j$  - искомый размер материально-денежных затрат, руб.;

$\tilde{\tilde{x}}_j$  - искомый размер денежной выручки, руб.;

$t \in T$ , где  $T$  - множество индексов всех категорий пашни;

$j \in J$ , где  $J$  - множество индексов всех переменных;

$J = J_1 \cup J_2 \cup J_3 \cup J_4 \cup J_5 \cup J_6 \cup J_7 \cup J_8 \cup J_9 \cup J_{10} \cup J_{11} \cup J_{12}$ ,

$J_1, J_2, \dots, J_{12}$  - непересекающиеся подмножества индексов переменных;

$J_{1t}$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры посевных площадей сельскохозяйственных культур, размещаемых на  $t$ -й категории пашни, га;

$J_1 = \bigcup_{t \in T} J_{1t}$ , где  $J_1$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры посевных площадей сельскохозяйственных культур, размещаемых на всех по отдельности категориях пашни;

$J_{1gt}$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры посевных площадей сельскохозяйственных культур  $g$ -й агропроизводственной группы, размещенных на  $t$ -й категории пашни, га;

$J_{1t} = \bigcup_{g \in G} J_{1gt}$ , где  $G$  - множество агропроизводственных групп культур;

$J_{1dt}$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры посевных площадей сельскохозяйственных культур  $d$ -й производственной группы, размещаемых на  $t$ -й категории пашни, га;

$J_{1t} = \bigcup_{d \in D} J_{1dt}$ , где  $D$  - множество агропроизводственных групп культур;

$D=G$ , а элементы множества  $D \setminus \{ \in D \}$  и элементы множества  $G \setminus \{ \in G \}$  попарно не совпадают;

$J_{1zt}$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры посевных площадей зерновых культур, размещаемых на  $t$ -й категории пашни, га;

$J_{1zt} \in J_{1t}$

$J_{2t}$  - подмножество индексов переменных, выражающих объем производства товарной продукции растениеводства на  $t$ -й категории пашни, ц;

$J_2 = \bigcup_{t \in T} J_{2t}$ , где  $J_2$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы производства товарной продукции растениеводства на всех по отдельности категориях пашни, ц;

$J_{3t}$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы производства отдельных видов кормов на  $t$ -й категории пашни, ц;

$J_3 = \bigcup_{t \in T} J_{3t}$ , где  $J_3$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы производства кормов на всех по отдельности категориях пашни, ц;

$J_{4t}$  - подмножество, состоящее из одного элемента - индекса переменной, выражающей объем производства соломы на  $t$ -й категории пашни для создания общехозяйственного фонда органических удобрений, ц;

$J_4 = \bigcup_{t \in T} J_{4t}$ , где  $J_4$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы производства соломы на всех категориях пашни для создания общехозяйственного фонда органических удобрений, ц;

$J_{5t}$  - подмножество, состоящее из одного элемента - индекса переменной, выражающей объем внесения соломы в качестве органического удобрения на  $t$ -й категории пашни, ц;

$J_5 = \bigcup_{t \in T} J_{5t}$ , где  $J_5$  - подмножество индексов переменных, выражающих объем внесения соломы в качестве органического удобрения на всех категориях пашни по отдельности, ц;

$J_{6t}$  - подмножество, состоящее из одного элемента - индекса переменной, выражающей объем внесения навоза на  $t$ -й категории пашни, ц;

$J_6 = \bigcup_{t \in T} J_{6t}$ , где  $J_6$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы внесения навоза на всех категориях пашни по отдельности, ц;

$J_7$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры общехозяйственного производства отдельных видов товарной продукции растениеводства, ц;

$J_8$  - подмножество индексов переменных, выражающих размеры общехозяйственного производства отдельных видов кормов, ц;

$J_9$  - подмножество, состоящее из одного элемента - индекса переменной, выражающей размер общехозяйственного фонда соломы для использования в качестве органического удобрения, ц;

$J_{10}$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы производства отдельных видов продукции животноводства, ц;

$J_{11}$  - подмножество индексов переменных, выражающие объемы затрат кормов на производство отдельных видов продукции животноводства, ц.к.ед;

$J_{12}$  - подмножество, состоящее из одного элемента - индекса переменной, выражающей количество соломы на подстилку животным, ц;

$J_{8p}$  - подмножество индексов переменных, выражающих объемы общехозяйственного производства отдельных видов кормов, образующих Р-ую зоотехническую группу, ц;

$J_8 = \bigcup_{p \in P} J_{8p}$ , где Р - множество всех зоотехнических групп кормов.

$i$  - индексы ограничений,  $i \in I$ ;

$I = I_1 \cup I_2 \cup I_3 \cup I_4 \cup I_5 \cup I_6 \cup I_7 \cup I_8 \cup I_9 \cup I_{10} \cup I_{11} \cup I_{12} \cup I_{13}$

$\cup I_{14} \cup I_{15} \cup I_{16} \cup I_{17} \cup I_{18} \cup I_{19} \cup I_{20} \cup I_{21} \cup I_{22}$ ,

где  $I$  - множество индексов всех ограничений,  $I_1, I_2, \dots, I_{22}$  - непересекающиеся подмножества индексов ограничений, нумерация которых соответствует нумерации структурных формул в теоретико-множественной записи условий математической модели, причем:  $I_1 = \bigcup_{t \in T} I_{1t}$ ,  $I_2 = \bigcup_{t \in T} I_{2t}$ ,  $I_3 = \bigcup_{t \in T} I_{3t}$ ,  $I_4 = \bigcup_{t \in T} I_{4t}$ ,  $I_5 = \bigcup_{t \in T} I_{5t}$ ,  $I_6 = \bigcup_{t \in T} I_{6t}$ ,  $I_7 = \bigcup_{t \in T} I_{7t}$ ,  $I_8 = \bigcup_{t \in T} I_{8t}$ ,  $I_9 = \bigcup_{t \in T} I_{9t}$ ,

т.е. подмножества ограничений  $I_1, I_2, \dots, I_9$  образованы соответствующими структурными блоками ограничений  $I_{1t}, I_{2t}, \dots, I_{9t}$  по условиям возделывания культур и производству продукции растениеводства на всех по отдельности категориях пашни;

$v_{ij}$  - выход конечной продукции  $i$ -го вида на 1 га посева  $j$ -й сельскохозяйственной культуры, ц;

$\pm w_{ij}$  - уменьшение (-), увеличение (+) содержания гумуса на 1 га пашни в расчете на 1 га посева  $j$ -й культуры, т;

$g_{ij}$  - коэффициент гумификации  $j$ -го вида удобрений в расчете на 1 т;

$u_{ij}$  - поступление органических удобрений в расчете на 1 ц производства продукции животноводства  $j$ -го вида, т;

$f_{ij}$  - затраты кормов на 1 ц продукции животноводства  $j$ -го вида, ц к.ед.;

$\tau_{ij}$  - потребность в соломе для подстилки животным в расчете на 1 ц  $j$ -го вида продукции животноводства, ц;

$q_{ij}$  - содержание к.ед. в 1 ц кормов  $j$ -го вида;

$\underline{s}_{ij}, \bar{s}_{ij}$  - соответственно, минимальное и максимальное допустимое содержание  $i$ -й зоотехнической группы кормов в расчете на 1 ц  $j$ -го вида продукции животноводства, ц к.ед.;

$c_{ij}$  - материально-денежные затраты на 1 ц  $j$ -го вида продукции, руб.;

$k_{ij}$  - цена реализации  $j$ -го вида продукции, руб.;

$\alpha_{ij}, \gamma_{ij}, \lambda_{ij}$  - коэффициенты пропорциональности;



$\underline{\beta}_{ij}, \bar{\beta}_{ij}$  - соответственно, минимальный и максимальный удельный вес  $i$ -й агропроизводственной группы культур в севообороте;

$\delta_{ij}$  - коэффициент эрозионной опасности  $j$ -й культуры;

$\epsilon_{it}$  - коэффициент суммарной эрозионной опасности всех культур, возделываемых на  $t$ -й категории пашни;

$\zeta_{ij}$  - затраты  $i$ -го вида продукции растениеводства для производства  $j$ -го вида кормов, ц;

$H_{it}$  - значение балансового сальдо по гумусу на пашне  $t$ -й категории, т.

$Q_i$  - объем гарантированного производства  $i$ -го вида продукции растениеводства, ц;

$V_i$  - объем гарантированного производства  $i$ -го вида продукции животноводства, ц;

$L_{it}$  - размер пашни  $t$ -й категории, га;

$Z$  - значение функционала, руб.

Приведенная модель позволяет:

- создать экологическое соответствие между требованиями выращиваемых культур и условиями выделенных категорий пахотных земель по интенсивности их использования в зависимости от крутизны склонов, особенностей почвенного покрова, подверженности его эрозионным процессам;

- учесть неодинаковую почвозащитную способность полевых культур, их различную реакцию на степень смывости почв;

- обеспечить органическую взаимосвязь между структурой посевных площадей и севооборотными требованиями через формирование основных ограничений по насыщению севооборотов отдельными культурами и их группами в соответствии с существующими зональными рекомендациями;

- сбалансировать поголовье выращиваемых животных определенных качественных параметров с возможностями хозяйств производить требуемые виды кормов с тем, чтобы складывающиеся при этом пропорции растениеводства и животноводства гарантировали устойчивое и эффективное функционирование агроэкосистемы в целом.

Для проведения на основе ЭЭММ цикла компьютерных расчетов по конкретному хозяйству необходимо предварительно сформировать массивы технико-экономических коэффициентов и объемов ограничений, представляющих условно-переменные, то есть специфические для каждого предприятия и (или) периода планирования, данные. Основными из них являются: размер пашни по категориям интенсивности ее использования, или агроэкологическим группам (в условиях ЦЧЗ, например, рекомендуется выделять несмытые и слабосмытые земли с крутизной склонов до  $3^\circ$  для интенсивного использования; слабо- и среднесмытые земли с крутизной склонов  $3-5^\circ$  для умеренного использования; средне- и сильносмытые участки пашни с крутизной склонов свыше  $5^\circ$  для ограниченного использования); урожайность возделываемых культур с 1 га пашни каждой агроэкологической группы; себестоимость и цены реализации 1 ц

сельскохозяйственных продуктов; затраты кормов на 1 ц продукции животноводства; значения балансового сальдо по гумусу, формирующегося при возделывании культур на пахотных землях различной интенсивности использования.

Объем условно-постоянной информации в числовой ЭЭММ составляет свыше 90% всех использованных для ее разработки данных. При этом матрица задачи сохраняет неизменную структуру и не дополняется новыми переменными и ограничениями при проведении расчетов для очередного агропроизводственного объекта и (или) периода планирования.

Модельные разработки по обоснованию оптимальных параметров структуры использования пашни выполнены нами на примере одного из передовых хозяйств Курской области – ООО «Завет Ильича» Горшеченского района, характеризующего условия производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий региона с преобладанием черноземных почв. Как показано в таблице, в оптимальном варианте по сравнению с планом хозяйства на 2005 год расширяются площади посева наиболее эффективных товарных и кормовых культур при соответствующем сокращении под менее выгодные из них. При этом удельный вес зерновых и зернобобовых культур в структуре использования пашни возрастает до 51,2% (в том числе озимых – до 22,8, а яровых – до 28,4%) за счет, прежде всего, значительного (с 28,1 до 9,4%) снижения доли паров, которые сегодня представляют собой в основном массивы по сути бросовой пашни.

Земли пахотного фонда с крутизной склонов свыше 5°, в значительной степени подверженные процессам смыва и размыва от стока талых и ливневых вод, имеющих относительно низкое почвенное плодородие и фактически в большинстве случаев сегодня уже не используемые, по оптимальному решению предлагается вывести из состава севооборотной площади путем их сплошного залужения с целью создания постоянного культурного травостоя и поддержания этих угодий в состоянии, пригодном для вовлечения в оборот.

Требование по достижению бездефицитного баланса гумуса является принципиально важным и занимает центральное место в агроэкологических условиях производства, нашедших отражение при формировании ЭЭММ. Проведенный анализ показывает, что комплексное использование всех факторов и источников поступления в почву органического вещества (посев однолетних и многолетних трав, внесение навоза, ботвы и соломы) позволяет в оптимальном варианте структуры посевов в течение годового цикла обеспечить бездефицитный баланс гумуса (табл.22).

Оптимизация структуры посевных площадей дает возможность значительно интенсифицировать производство высокорентабельной продукции растениеводства на лучших пахотных землях, расположенных, соответственно, на склонах до 3 и 3-5°. Формирующиеся при этом возможности выращивания кормовых культур достаточны для обеспечения всех отраслей расширяющегося общественного животноводства необходимым количеством наиболее ценных в зоотехническом отношении зимних и летних кормов.

## 22. Структура использования пашни в ООО «Завет Ильича»

Культура, группа культур	По плану хозяйства	По оптимальному решению
Зерновые и зернобобовые – всего, %	38,2	51,2
в том числе:		
озимые	19,2	22,8
из них: пшеница	17,7	21,6
рожь	1,5	1,2
яровые	19,0	28,4
из них: ячмень	15,4	20,0
крупяные	0,8	2,7
зернобобовые	0,4	3,5
Технические – всего, %	12,3	10,5
в том числе:		
сахарная свекла	7,7	6,6
подсолнечник	3,8	3,0
Кормовые – всего, %	21,4	28,9
в том числе:		
однолетние травы	7,3	2,6
многолетние травы	11,5	24,5
Чистый и сидеральный пар	28,1	9,4
Итого, %	100,0	100,0
Баланс гумуса ( $\pm$ т/га)	-0,6	0,0
Уровень рентабельности с.-х. производства, %	27,7	36,9

Ожидаемый уровень рентабельности сельскохозяйственного производства при оптимальной структуре использования пашни (36,9%) существенно превышает плановый показатель предприятия и может являться ориентиром для всех агроформирований аналогичной специализации при освоении в них новых адаптивно – ландшафтных систем земледелия.

Параметры структуры использования пашни, обеспечивающие уровень рентабельности сельскохозяйственного производства 40-50%, а для черноземов 50-75%, и бездефицитный баланс гумуса в почве, для Краснодарского края представлены в таблице 23.

### 23. Рекомендуемые параметры использования пашни в Краснодарском крае

Культура (группа культур) показатель хозяйствования	Тип почвы			
	дерново- карбонат- ные	серые лесные	черно- земы	каш- тано- вые
Культура сплошного посева всего, %	30-90	65-80	65-70	60-70
в т. ч. зерновые	50-60	55-70	50-55	50-60
из них озимые	50-60	50-60	45-50	45-50
яровые	-	5-10	5-10	5-10
многолетние тра- вы	20-30	10-20	10-20	10-20
однолетние травы	-	-	-	-
Пропашные – всего, %	10-30	20-35	30-35	30-40
в т. ч. технические	-	5-10	20-25	10-20
Чистый пар, %	-	-	-	-
Итого пашни, %	100	100	100	100
Баланс гумуса, %	+0,18	+0,06	0,0	+0,18
Уровень рентабельности сель- скохозяйственного производст- ва, %	40-50	40-50	50-75	40-50

#### Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. –656с.
2. Агроэкология/ В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В.Голубев и др. Под ред. В.А. Черникова, А.И. Черекеса. – М.: Колос, 2000. – 536.
3. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология. – М.: ЮНИТИ, 1988. – 455 с.
4. Березин П.Н., Гудима И.И. Физическая деградация почв, В кн.: Деградация и охрана почв. М.: Изд-во МГУ, 2002. – С.168-196.
5. Благодатский С.А., Благодатская Е.В., Горбенко А.Ю., Паников Н.А. Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве //Почвоведение. – 1987. №4. – С. 64-71.
6. Бурлакова Л.М. Комплексы параметров различных уровней почвенного плодородия и пути его управления в системе земледелия в Алтайском крае (Тезисы докладов к конференции). – Барнаул. – 1983. С. 92 – 96.

7. Большой энциклопедический словарь/ Под ред. А.М. Прохорова. М.: Большая Российская энциклопедия, Санкт-Петербург: Норинт, 1997. – С. 595.
8. Вальков В.А. Почвенная экология сельскохозяйственных растений. – М.: Агропромиздат, 1986. – 208 с.
9. Васенев И.И., Дегтева М.Ю., Бойко О.С. и др. Задачи исследования и опорные объекты для базового агроэкологического мониторинга черноземов в ЦЧО// Труды ассоц. особо охраняемых природных территорий Центр. черн. России. Тула, 2000. - с. 175-181.
10. Герасименко В.П. К методике оценки экологически безопасных норм внесения осадков сточных вод (ОСВ) в почву.//Агроэкологическая оптимизация земледелия/ Сб. докл. Международ. науч.-практ.конф. 14-16 сент. 2004 г. Курск. 2004. -С.306-307.
11. Герасименко В.П. К оценке допустимых эрозионных потерь почвы на пахотных землях//Тезисы докл. III съезда Докучаевского общества почвоведов. Книга 2. М.: Наука, 2000.- С.232.
12. Герасименко В.П. Среднемноголетний смыв почвы на пашне в различных природных и сельскохозяйственных условиях.//Почвоведение. 1995. № 5.- С. 608-616.
13. Герасименко В.П. Теоретические основы и практические приемы борьбы с водной эрозией почв на пашне //Докл.науч.-практ.конф. «Проблемы ландшафтного земледелия».Курск. 1997.- С.141-149.
14. Герасименко В.П., Черкасов Г.Н., Герасименко Е.В. Оценка эрозионной опасности ливневых осадков для пахотных земель Европейской части России//Модели и технологии оптимизации земледелия: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, 9-11 сентября 2003 г., Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2003. – С. 424-427.
15. Герасименко Е.В., Герасименко В.П. Эрозионная опасность ливневых осадков в Поволжье и Уральском регионе.//Агроэкологическая оптимизация земледелия: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, 14-16 сен. 2004 г. Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2004. - С.363-366.
16. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. СанПиН 2.1.7.573-96. М. 1997. - 53 с.
17. Глазунов Г.П. Оптимальные и предельно допустимые значения содержания микробной биомассы и органического вещества в черноземе типичном для ячменя//Модели и технологии оптимизации земледелия: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, 9-11 сентября 2003 г., Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2003. – С. 131- 134.

18. Дегтева М.Ю., Афонченко Н.В. “Мониторинг основных параметров и режимов функционирования черноземных почв в условиях склоновых ландшафтов с различной агрогенной нагрузкой”. Труды десятой Всероссийской школы “Экология и почвы”, Пущино, 2001.
19. Дегтева М.Ю., Здоровцов И.П. и др. “Эколого-экономические аспекты проведения мониторинга свойств целинных и пахотных черноземов для оценки контурно-мелиоративной организации территории агроландшафтов.” Труды ассоц. особо охраняемых природных территорий. Тула, 2002.
20. Добровольский Г.В. Экологическое значение охраны почв //Вестник сельскохозяйственной науки. – 1990. - № 7. – С.10 – 13.
21. Долгов С.И., Кузнецова И.В. Структура черноземных почв и основные особенности систем их механической обработки//Науч.тр.Курской с.-х. опытной станции. Курск,1969.-т.3-с.50-62.
22. Ефремов В.В. Модели плодородия почв и методы их разработки //Науч. тр. Почв. ин-та им В.В. Докучаева. – М., 1982. - с.81.
23. Иванов В.П. Растительные выделения и их значение в жизни фитоценозов. - М., 1973.
24. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. Л., Гидрометеиздат, 1979. – 375 с.
25. Каштанов А.Н., Явтушенко В.Е. Агроэкология почв склонов. М.: колос, 1997. – 240с.
26. Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Титлянова А.А., Фокин Д.А Концепция оптимизации режима органического вещества почв в агроландшафтах. –М.: Изд-во МСХА им. К.А. Тимирязева, 1993. –99 с.
27. Ковда В.А. Основы учения о почвах. Общая теория почвообразовательного процесса. Кн. 1. – М.: Наука, 1973, - С. 127 – 158.
28. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. – М.: Наука, 1981. – С.63-68.
29. Краткий словарь иностранных слов /Под ред. С.М. Локшиной. М.: Русский язык. – С.149.
30. Кузнецова И.В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв //Почвоведение. –1979.-№3.- С.81-88.
31. Масютенко Н.П. Устойчивость органического вещества черноземов к антропогенным воздействиям //Модели и технологии оптимизации земледелия: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, 9-11 сентября 2003 г., Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2003. – С.505-508.
32. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов //М.: Агропромиздат, 1988. - 158с.

- 33.Медведев В.В., Цыбулько В.Г. Обоснование допустимых уровней нагрузки МТА на почву (на примере черноземных почв УССР) // Кн. Переуплотнение пахотных почв. –1987.-М. “Наука”,1987. - С. 173-181.
- 34.Орехова Н.П. Модели плодородия чернозема типичного (для озимой пшеницы). Труды докладов VII Делегатского съезда ВОП. Ташкент, 1985, т.3. – С.16.
- 35.Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во Московского Ун-та, 1990. – 325с.
- 36.Орлов Д.С. Проблемы контроля и улучшения гумусного состояния почв. //Научные доклады высшей школы. Биол. науки. –1981. №2. –С. 9-20.
- 37.Оценка почв по качеству и содержанию гумуса для черноземных моделей почвенного плодородия. – ВАСХНИЛ. Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. М., ВО «Агрохимия». 1990. – 27с.
- 38.Панкова Т.И., Масютенко Н.П. Параметры плодородия чернозема типичного для ячменя и озимой пшеницы////Модели и технологии оптимизации земледелия: Сборник докладов Международной научно-практической конференции, 9-11 сентября 2003 г., Курск: Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2003. – С. 511-515.
- 39.Параметры плодородия основных типов почв. – М.: Агропромиздат. 1988. – 262 с.
- 40.Пономарева В.В., Плотникова Т.А. Гумус и почвообразование (методы и результаты изучения). – Л.: Наука, 1980. – 222с.
- 41.Пузаченко Ю.Г., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – М.: Наука, 1970.- С. 103-121.
- 42.Рабочев И.С., Королева И.Е. Показатели плодородия почв и пути их регулирования// Плодородие почв: проблемы, исследования, модели. М., 1985. – С. 29-37.
- 43.Рекомендации для исследования баланса и трансформации органического вещества при сельскохозяйственном использовании и интенсивном окультуривании почв. ВАСХНИЛ, Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, М., 1984.- 96с.
- 44.Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. - М.: Мысль, 1990. – 637с.
- 45.Розанов Б.Г., Таргульян В.О., Орлов Д.С. Глобальные тенденции изменения почв и почвенного покрова // Почвоведение. – 1989. - № 5. – С. 10 – 15.
- 46.Самцевич С.А. Гелеобразные корневые выделения растений и их действие на почву и корневую микрофлору. //Методы изучения продуктивности корневых систем. Международный симпозиум. - Л., 1968. –С. 53.

47. Семенов В.А. Как решить проблему оптимизации физических свойств почв //Материалы IV съезда почвоведов, 2004, кн.1, - 451с.
48. Теоретические основы и методы определения оптимальных параметров свойств почв. Науч. тр. Почв. Ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1980. – 128с.
49. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы. – М.–Л.: Сельхозиздат, Ленинградское отделение, 1937. -287 с.
50. Федоров В.Д., Гильманов Т.Г. Экология. – М.: Изд-во МГУ, 1980.
51. Шишов Л.Л., Когут Б.М. Уровни содержания гумуса в пахотных черноземах и агроэкологический принцип определения потребности сельскохозяйственных культур в органических удобрениях /Агроэкологические функции органического вещества почв и использование органических удобрений и биоресурсов в ландшафтном земледелии: Сборник докладов Международной научно-практической конференции. – М.: Россельхозакадемия- ГНУ ВНИПТИОУ, 2004. – С.32-35.
52. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И. Критерии и модели плодородия почв. ВАСХНИЛ. – М.: Агропроиздат, 1987. – 134 с.
53. Шишов Л.Л., Дурманов Д.Н., Карманов И.И., Ефимов В.В. Теоретические основы и пути регулирования плодородия почв // М.: Агропроиздат, 1991. – 304с.
54. Шульга С.А., Санжаров А.И., Санжарова С.И. Об антропогенных изменениях физических свойств черноземов//Структура и функционирование заповедных лесных экосистем. М., 1988. - С. 6-13.
55. Щеглов Д.И., Брехова Л.И. Черноземы Центральной России: происхождение и направление эволюции/ Сб. докл. Междунар. Научно-практ. конференции “Модели и технологии оптимизации земледелия”. Курск, 2003.- с.206-208.
56. Щербаков А.П., Шевченко Г.А. Основные показатели гумусного состояния и уровень плодородия почв ЦЧР/ В сб. Органическое вещество пахотных почв: Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М., 1987. – С.103–109.



## Приложения

### Приложение 1. Соотношения между компонентами органического вещества чернозема типичного мощного (в слое 0-25 см)

Угодье, степень эродированности	Гумус, %	ИГ	Лабильная часть ОВ		ЛГВ	НВ	ЛГК	ЛФК
			ЛГВ	НВ				
		в % от ОВ почвы			в % от лабильной части ОВ		в % от ЛГВ	
Целина, ЦЧБЗ	8,4-11,2	68-74	10-18	10-16	55-57	43-45	35-39	61-65
Пашня, несмытая	5,2- 6,5	82-86	8-16	2-8	60-65	35-40	31-35	65-69
Пашня, слабосмытая	4,8- 5,2	80-85	6-13	2-6	65-67	32-35	31-35	65-69
Пашня, среднесмытая	4,0- 4,4	89-92	4-10	1-4	71-80	20-29	28-32	68-72

### Приложение 2. Соотношения инертно-устойчивых и лабильных компонентов органического вещества чернозема типичного в зависимости от его эродированности, характера и степени антропогенных воздействий (в слое 0 – 25 см)

Угодье	Степень эродированности	Инертный гумус	Лабильные гумусовые вещества (ЛГВ)	Негумифицированное органическое вещество (НВ)	Оценка соотношений компонентов ОВ в почве
1	2	3	4	5	6
Пашня	несмытая	78 – 89	8 – 17	1 – 8	близкая к оптимальной
	слабосмытая	83 – 89	6 – 13	1 – 6	близкая к оптимальной
	среднесмытая	89 – 93	4 – 10	0,5 – 4	критическая
Пашня ЗПП, б/у	несмытая	84 – 89	11 – 14	1 – 7	близкая к оптимальной

1	2	3	4	5	6
Пашня ЗТ, б/у	несмытая	79 – 83	13 – 16	2 – 8	близкая к оптимальной
Пашня ЗПП, ОМУ	несмытая	82 – 88	12 – 16	2 – 8	близкая к оптимальной
Пашня ЗПП, ОМУ	несмытая	78 – 82	12 – 17	3 – 9	близкая к оптимальной
Залежь	несмытая	73 – 76	14 – 17	6 – 12	оптимальная
Луг	несмытая	73 – 75	12 – 16	8 – 14	оптимальная
Лесополоса	несмытая	68 - 78	10 - 12	7 – 18	оптимальная

**Приложение 3. Соотношения инертно-устойчивых и лабильных компонентов органического вещества чернозема типичного в зависимости от сельскохозяйственного использования (в слое 0-25 см)**

Угодье	Степень эродированности	Общий гумус, %	ИГ	ЛГВ	НВ	УОВ, %
			в % от содержания ОВ в почве			
1	2	3	4	5	6	7
Пашня, зернопаро-пропашной севооборот, пар	Слабо-эродированная	4,98	86,5	12,7	0,8	27
Пашня, зернотравяной севооборот, клевер		5,27	79,4	14,4	6,2	106
Пашня, северная экспозиция	Слабо-эродированная	4,95	84,9	13,5	1,6	53
Залежь, северная экспозиция, 14 лет		5,34	74,4	15,1	10,5	126

1	2	3	4	5	6	7
Пашня, северная экспозиция	Средне-эродированная	4,65	86,2	12,6	1,2	43
Луг, северная экспозиция		6,02	73,5	14,6	11,9	127
Пашня, южная экспозиция	Средне эродированная	4,35	89,7	9,0	1,3	50
Луг, южная экспозиция		5,68	75,0	12,8	12,2	138

**Приложение 4. Основные показатели качества зерна озимой пшеницы третьего класса (ГОСТ 9353-90)**

<b>Наименование показателя</b>	<b>Характеристика и ограничительная норма для зерна озимой пшеницы третьего класса</b>
Типовой состав	Все подтипы I, III, IV и V тип
Состояние	Негреющая в здоровом состоянии
Запах	Нормальный, свойственный здоровому зерну пшеницы
Цвет	Нормальный, свойственный здоровому зерну данного типа
Массовая доля клейковины, % не менее	23,0
Качество клейковины, группа не ниже	II
Стекловидность, % не менее	Не ограничивается
Натура, г/л не менее	710

---

Сдано в набор 26.10.2005 г. Подписано в печать 26.10.2005 г.  
Формат 60x84 1/16. Бумага Айсберг. Объем 3,75 усл. печ. л.  
Гарнитура Times New Roman  
Тираж 150 экз. Заказ № 188.

Отпечатано: ПБОЮЛ Киселева О.В.  
ОГРН 304463202600213