

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ НАУК
Государственное научное учреждение
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ЗЕМЛЕДЕЛИЯ И ЗАЩИТЫ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ



**СИСТЕМА ОЦЕНКИ
УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ
АГРОЛАНДШАФТОВ**

Курск – 2013

УДК 631.164:631.58:911.2/3

Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. - Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013.- 50 с.

Авторский коллектив: Масютенко Н.П., д.с.-х.н.; Чуян Н.А., д.с.-х.н.; Бахирев Г.И., к.с.-х.н.; Кузнецов А.В., к.с.-х.н.; Брескина Г.М., к.с.-х.н.; Дубовик Е.В., к.с.-х.н.; Масютенко М.Н., Панкова Т.И., к.б.н., Калужский А.Г., к.с.-х.н.

В работе рассмотрены основные термины, понятия, связанные с устойчивостью агроландшафта и её оценкой. На основе анализа, обобщения данных научной литературы, проведенных исследований обоснован методический подход и разработана система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Предложены система показателей и методы их определения для оценки общей устойчивости агроландшафтов. Разработана система оценка почвы как организующего компонента агроландшафта. Представлены система показателей и методы их определения для оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафтов. Проведена апробация разработанных методов, позволяющих устанавливать степень устойчивости агроландшафтов и повышать их экологическую сбалансированность.

Работа выполнена в соответствии с этапом 02.01.01. «Усовершенствовать теоретические основы формирования экологически сбалансированных агроландшафтов и разработать систему оценки их ресурсного потенциала, определения экологической емкости, устойчивости и нормирования антропогенной нагрузки» Плана фундаментальных и приоритетных прикладных исследований Россельхозакадемии по научному обеспечению развития АПК Российской Федерации на 2011-2015 годы и Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 гг.

Рассмотрена и одобрена Учёным советом Всероссийского НИИ земледелия и защиты почв от эрозии (протокол № 5 от 24 сентября 2013 г.).

ISBN- 978-5-905622-24-3

© ГНУ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН, 2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Устойчивость агроландшафта, её виды и особенности.....	5
2. Методические подходы к разработке системы оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов	12
3. Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов.....	15
3.1. Система общей оценки устойчивости агроландшафта.....	16
3.1.1. Система показателей для оценки общей устойчивости агроландшафтов.....	16
3.1.2. Методы определения и шкалы оценки показателей общей оценки устойчивости агроландшафта.....	16
3.1.2.1. Методы определения и шкалы оценки коэффициентов экологической стабильности ландшафта.....	17
3.1.2.2. Способ оценки устойчивости агроландшафтов по индексу его сбалансированности	20
3.1.2.3. Способ определения и шкалы оценки фактора стабилизации агроландшафта (на биоэнергетической основе).....	24
3.1.2.4. Метод оценки соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта.....	26
3.2. Система оценки устойчивости почвы как организующего компонента агроландшафта.....	28
3.2.1. Система показателей для оценки устойчивости почвы.....	28
3.2.2. Методы определения и оценки устойчивости почвы	28
3.2.2.1. Способ определения и оценки показателя устойчивости плодородия почвы.....	28
3.2.2.2. Метод определения и оценки показателя устойчивости органического вещества почвы.....	31
3.2.2.3. Метод определения интегрального показателя экологической устойчивости почвы.....	33
3.2.2.4. Метод оценки экологического состояния почв на основе определения почвенно-экологического индекса.....	36
3.2.2.5. Методы оценки эрозионной устойчивости агроландшафтов.....	40
3.3. Система оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта.....	44
3.3.1. Система показателей для оценки агрономической (производительной) агроландшафтов.....	44
3.3.2. Методы определения и шкалы оценки показателей агрономической (производительной) агроландшафта.....	44
Заключение.....	46
Литература.....	46

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающая интенсивность хозяйственного использования природной среды существенно видоизменяет процессы, характерные для естественного функционирования природных систем. Природные ландшафты обладают саморегулированием и самоорганизацией. Антропогенные ландшафты в определенной степени утрачивают эти свойства. Усиление антропогенного воздействия на экосистемы приводит к нарушению их устойчивости. Агроландшафт, в отличие от саморегулирующегося природного ландшафта, функционирует в заданном человеком режиме; его устойчивость связана с поддержанием заданных параметров функционирования человеком и определяется качеством его управления; устойчивость агроландшафта зависит от затрат человека на поддержание производительных и экологических функций, в том числе природоохранных; устойчивость агроландшафта зависит от знаний человека закономерностей и механизмов функционирования агроландшафта и умения ими пользоваться для управления им («Агроэкологическая оценка...», 2005).

Равновесное состояние агроландшафта поддерживается системой агрономических, мелиоративных и экологических мероприятий. И если в агроландшафте не будет должного соответствия между его компонентами или же будут нарушаться земледельческие технологии, то все это отразится на балансе вещества и энергии, почвенном плодородии и продуктивности. В процессе трансформации ландшафта для поддержания нового его состояния требуются специальные затраты, и по мере интенсификации производства возрастает цена экологической устойчивости. Цена устойчивости агроландшафта тем больше, чем сильнее отличаются требования сельскохозяйственных культур и животных от агроэкологических условий ландшафта. Поэтому необходимо изучать механизмы природной устойчивости экосистем с высокой биопродуктивностью для использования их при формировании агроландшафтов. Следует подчеркнуть, что только устойчивые агроландшафты обеспечат дальнейшее существование Человечества.

Проблема оценки устойчивости естественных и аграрных экосистем является сложной и многоаспектной. Теоретическую основу предлагаемой работы представляют научные положения, изложенные в трудах отечественных и зарубежных ученых по вопросам исследования устойчивости природной среды (Арманд, 1983; Гродзинский, 1987; Смагин, 1994). Изучением энергетической составляющей устойчивости занимались В.М. Володин (1994), А. Г. Исаченко (1992), Н.П. Масютенко (2000, 2004, 2011, 2012), В.В. Снакин (1992), В.Р. Хрисанов (1998). Проблема устойчивости ландшафтов и агроландшафтов рассмотрена в работах Фокина А.Д. (1995), М.И. Лопырева (1995, 2005, 2012), Клементовой (1995), Баранова (1995, 2001, 2006, 2012), И.П. Айдарова (2005), В.И. Кирюшин, А.Л. Иванова, 2005; В.Д. Скалабана (2007) и др.

Следует подчеркнуть, что, рассматривая вопросы устойчивости ландшафтов, очень важно располагать системой её количественных оценок. Вместе с тем, несмотря на определенную изученность вопроса, комплексной системы оценки агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов пока не разработано.

В данной разработке в соответствии с целевой направленностью и на основе выше изложенного методического подхода разработана система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов.

1. УСТОЙЧИВОСТЬ АГРОЛАНДШАФТА, ЕЁ ВИДЫ И ОСОБЕННОСТИ

Перед рассмотрением понятия «устойчивость» остановимся на определении объектов, которые ею характеризуются, т.е. ландшафта и агроландшафта. Ландшафт – это природно-территориальный комплекс, представляющий собой участок земной поверхности, имеющий общий геологический фундамент, один тип рельефа, одинаковый климат и характеризующийся генетическим единством и тесной взаимосвязью его компонентов.

Сельскохозяйственный ландшафт - это ландшафт, используемый для целей сельскохозяйственного производства, формирующийся и функционирующий под его влиянием (ГОСТ 17.87.1.02.88). Агрландшафт – это часть природного ландшафта, выделенная по ведущим агроэкологическим факторам и предназначенная для организации производства сельскохозяйственных культур и удовлетворения потребностей сельскохозяйственных животных и человека. По Кирюшину В.И. (2005), агрландшафт – это геосистема, выделяемая по совокупности ведущих агроэкологических факторов (определяющих применение тех или иных систем земледелия), функционирование которой происходит в пределах единой цепи миграции вещества и энергии.

Выделяют и природно-сельскохозяйственный ландшафт - это антропогенно-природный ландшафт, обусловленный сельскохозяйственной деятельностью, в котором природная основа сочетается с производственной и социальной инфраструктурой (культурный, акультурный, в том числе, деградированный).

Под экологической устойчивостью в природопользовании и экологии (Реймерс, 1990) понимают способность экосистемы сохранять свою структуру и функциональные особенности при воздействии внешних (и внутренних для глобальных систем) факторов. Устойчивость нередко рассматривается как синоним стабильности. Устойчивость (Агроэкология/Черников и др., 2000) также рассматривают как способность к самосохранению и саморегулированию в пределах, не превышающих определенных критических величин (допустимых пределов изменения). Здесь тоже речь идет о способности экосистем сохранять свою структуру и основные функции при внешних воздействиях (в том числе антропогенных). Различают резистентную и упругую устойчивость. Резистентная устойчивость - это свойство системы сопротивляться нарушениям, поддерживать свою структуру и функции. Упругая устойчивость – это способность восстанавливать свое состояние (важнейшие на определенном временном интервале характеристики), после того, как структура и функции системы были нарушены.

С устойчивостью тесно связано понятие «восстановительная способность». Восстановительная способность (E. Malezieux, 2012) определяется как способность экосистемы реорганизовываться и восстанавливать свою изначальную структуру и функционирование после нарушения. Это основная экологическая характеристика, которая отражает природу и сложность гомеостатических процессов и экосистеме.

Уэстман (Westman, 1978) отмечает, что восстановительная способность экосистемы может характеризоваться ее эластичностью (время, необходимое для восстановления), амплитудой (степень изменения достигнутая перед восстановлением), ее гистерезисом (изменяющаяся степень асимметрии в путях изменения и восстановления) и ее податливостью (способность экосистемы подвергаться частым изменениям). Позднее, Уолкер и др. (Walker et al. 2004) предложили другие атрибуты (характерные свойства) для восстановительной способности экосистемы: широта (предел деформации, за которым возврат к изначальному состоянию невозможен), сопротивляемость (изменяющаяся степень способности системы изменяться), ненадежность, рискованность (близость текущего состояния системы к «точке невозврата») и панархия (зависимость системы в отношении опасностей и факторов за пределами системы).

Другие атрибуты экосистемы также были определены, такие как инертность, которая есть способность экосистемы сопротивляться изменению в своей структуре и своей функции после нарушения. Некоторые атрибуты существенны для анализа, особенно эволюции экосистем, населенных людьми, такие как адаптивность и трансформативность (Walker et al. 2004). Например, адаптивность определяется как способность участников системы влиять на восстановительную способность. Трансформативность соответствует способности создать новую систему, когда экологические, экономические и социальные условия стали невыносимыми.

Н.З. Милащенко, О.А. Соколов, Т. Брайсон, В.А. Черников (2000) понимают под устойчивостью системы её свойство сохранять и поддерживать значения своих параметров и структуры в пространстве и времени, качественно не

меня характер функционирования. Н.Г. Ковалев, А.А.Ходырев, Д.А.Иванов, В.А. Тюлин, (2004) трактуют устойчивость ландшафта как способность системы сохранять свою пространственную и временную структуру при воздействии на них антропогенной нагрузки.

А.Д. Фокин (1995) рассматривает три вида устойчивости природных экосистем, в основе которых лежат механизмы саморегулирования и самоорганизации, это: структурно-статическая, функционально-динамическая и буферность. Под *структурно-статической устойчивостью* понимается свойство экосистемы при возмущающих воздействиях сохранять стабильные состав и соотношение между отдельными структурными компонентами системы. *Функционально-динамическая устойчивость* – свойство почвы или экосистемы сохранять стабильное функционирование, которое определяется устойчивостью и сбалансированностью отдельных звеньев биогеохимических потоков и биохимических циклов в целом. *Буферность* – способность почвы и наземной экосистемы к самовосстановлению структурных свойств и функциональных параметров, нарушенных в результате возмущающих воздействий.

Природному ландшафту присуще саморегулирование и самоорганизация. Саморегулирование – свойство ландшафта в процессе его функционирования сохранять на определенном уровне режимы и характеристики связей между компонентами. Процесс создания, развития и воспроизведения или восстановления структуры ландшафта называется его самоорганизацией. Процессы самоорганизации имеют место только в системах, обладающих высоким уровнем сложности и большим количеством элементов.

Как отмечает М.А. Глазовская (1988), в географической литературе понятие геохимической устойчивости получило два аспекта. Устойчивостью называют способность природной системы противостоять техногенным воздействиям и сохранять нормальное функционирование, а также под устойчивостью природных систем понимается их способность к «регенерации» после прекращения антропогенного воздействия, т.е. возвращению из нарушенного к нормальному режиму функционирования. М.А. Глазовская (1988) рассматривает

устойчивость как потенциал сохранения данной природной системой режима функционирования. Устойчивость ландшафтов определяется рядом их свойств: способностью противостоять физико-химическому разрушению элементов морфолитологической основы; свойством восстанавливаться после разрушения с определенной скоростью и полнотой; свойством самоочищаться от различных загрязнений. Совокупность этих свойств и определяет общую устойчивость ландшафтов. Прежде всего должен сохраняться фундамент агроландшафта – его морфолитогенная основа – приповерхностная часть горных пород, почва, рельеф.

М.И. Лопырев (2005) считает агроландшафт экологически устойчивым в том случае, если в нем обеспечиваются высокие продуктивность и сохранность естественного плодородия почв при интенсивном использовании в системе земледелия. Чтобы определить качество агроландшафта на предмет его устойчивости, предлагается сначала провести мониторинг почвенного плодородия за ряд лет, а затем оценить состояние агроэкосистем по шкале, приведенной в таблице 1.

1. Шкала оценки состояния устойчивости агроэкосистем (13).

Относительная скорость изменения экологической устойчивости за год, %	Состояние устойчивости агроэкосистемы
Более 0,5	Высокоустойчивая
0 – 0,5	Устойчивая
- 0,2 – 0	Порогоустойчивая
- 0,5 – - 0,2	Неустойчивая
- 2,0 – - 0,5	Разрушающаяся
Менее - 2,0	Сильно разрушающаяся

В приведенной таблице 1 наблюдаем 3 класса устойчивых форм агроландшафта и 3 класса неустойчивых. В другой научной статье тот же исследователь (Линкина, Лопырев, 2012) выделяет 8 классов состояния агроландшафта, в т.ч. 5 ступеней неустойчивости. В систему оценки устойчивости агроландшафта М.И. Лопырев включает 9 факторов, среди которых считаются приори-

тетными: структура угодий, тип использования пашни, продуктивность угодий, запасы гумуса в почве.

Как указывает В.И. Кирюшин (2005), *устойчивость природного ландшафта* – это его способность в условиях возмущающих воздействий сохранять структуру и саморегулирующееся функционирование в пределах естественного колебания параметров. Понятия устойчивости агроландшафта и устойчивости природного ландшафта принципиально различаются. Устойчивость природного ландшафта часто не имеет агрономического значения, особенно когда речь идет о такырах, солончаках, солонцах, болотах и т.д. Агроландшафт, в отличие от саморегулирующегося природного ландшафта, функционирует в заданном человеком режиме. Его устойчивость связана с поддержанием заданных параметров функционирования (определенного физико-химического состояния почв, гидрологического режима и др.) ценой определенных усилий. Цена устойчивости агроландшафта включает затраты на поддержание производительных и экологических функций, в том числе природоохранных.

Как отмечает В.И. Кирюшин (Агроэкологическая оценка земель..., 2005), *устойчивость агроландшафта* – это способность поддерживать заданные производительные и социальные функции, сохраняя биосферные. *Устойчивый агроландшафт* характеризуется отсутствием или низким уровнем (допустимым) деградационных процессов. Существует еще одно определение устойчивости агроландшафта как его (почвы, агрофитоценозов) способности воспринимать антропогенные нагрузки, сохраняя экологическую и производительную устойчивость (т.е., без деградациии земель и всей окружающей среды).

Поддержание сформированной структуры и заданных производительных, социальных функций агроландшафта при воздействии внешних факторов, при одновременном сохранении биосферных осуществляется как за счет его саморегулирования и самоорганизации, так и за счет управления его структурой, режимами и их параметрами. В связи с этим, очень важны, с одной стороны, изучение экологической устойчивости агроландшафтов, с другой, управление его режимами и их параметрами, заданными производительными и социальными

ми функциями. Необходимо на основе системного подхода учитывать характер взаимосвязей и взаимозависимостей между структурными элементами агроландшафта, иерархические уровни соответствующих структур.

Предлагается следующее определение экологической устойчивости агроландшафта. *Экологическая устойчивость агроландшафта* – это способность поддерживать сформированную структуру и заданные производительные, социальные функции при воздействии внешних факторов, сохраняя биосферные.

Экологическая устойчивость природных экосистем выше, чем агроэкосистем. Поэтому необходимо изучать механизмы природной устойчивости экосистем с высокой биопродуктивностью для использования их при формировании агроландшафтов. В основе этих механизмов лежит замкнутый биологический круговорот веществ при большом видовом разнообразии и высокой численности организмов, что является главным фактором обеспечения устойчивости.

Как указывает В.И. Кирюшин (Агроэкологическая оценка земель..., 2005), «в соответствии с основными функциями рассматриваются и основные виды устойчивости агроландшафтов, как составной части сельскохозяйственных ландшафтов.

1. *Экологическая устойчивость* агроландшафтов реализуется режимами: органического вещества, биогенных элементов, реакции среды, окислительно-восстановительных условий, структурного состояния и сложения почвы, воздуха, влаги, тепла, биогенности, биологической активности почвы, фитосанитарного состояния агроценозов. В зависимости от объектов и механизмов действия экологическая устойчивость подразделяется на:

- *физическую* (устойчивость литоосновы, противоэрозионная устойчивость);
- *биологическую* (восстановительные и защитные функции растительности, устойчивость против вредных организмов);
- *геохимическую* (способность к самоочищению от продуктов загрязнения и снижению их токсичности, буферность, противостояние засолению);

- *гидрогеологическую и гидрологическую* (противостояние остепнению, опустыниванию, заболачиванию).

С экологической устойчивостью агроландшафта связано выполнение биосферных, общеэкологических функций – сохранения почв, растительного и животного мира, запасов поверхностных и подземных вод, их качества, поддержания оптимального состава атмосферы.

2. *Агрономическая (производительная) устойчивость* включает устойчивость урожайности сельскохозяйственных культур, продуктивности пастбищ, качества продукции. Она оценивается по коэффициенту вариации показателя.

3. *Экономическая устойчивость* характеризуется экономическими параметрами производства».

2. МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

Анализ и обобщение научной литературы (Гродзинский М.Д., 1986; Черников В.А., Алексахин Р.М., Голубев А.В. и др., 2000, 2004; Н.Ф. Реймерс, 1990; Кирюшин В.И., 1996; Банников А.Г., 1999; В.М. Володин, 2000; В.М. Володин, Н.П. Масютенко, Р.Ф. Еремина, 2000; А.Г. Исаченко, 1992; М.И. Лопырев, 2012; Н.П. Масютенко, 2000, 2003, 2004; Белова И.В., 2005; Карчагина Л.П., 2005; Айдаров, Краснощеков, 2005; Айдаров И.П., 2005; Кирюшин В.И., Иванов А.Л., 2005; Фокин А.Д., 1995; Stinner B.R., Lorenzoni G.G. and Paoletti M.G., 1989; Dawson and Fry, 1998; Lefrou et al., 1999; McNeely and Scherr, 2003; Mitsch and Jorensen, 2003; Dore et al., 2011; Wesel E. et al., 2009; Malezieux. 2012 и др.) по определению и оценке устойчивости ландшафтов и агроландшафтов позволили разработать методический подход к разработке системы оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Основными положениями его являются:

➤ Агроландшафт представляет собой систему, т.е. вещественно-энергетическую совокупность взаимосвязанных составляющих, объединенных прямыми и обратными связями в некоторое единство. Поэтому оценку экологической устойчивости ландшафта необходимо проводить с использованием экосистемного подхода. Следует учитывать глобальный характер экологических и сельскохозяйственных проблем. Экосистемный подход к ландшафту позволяет выявить его структуры, а также существенные связи компонентов в пространстве и во времени. Структура агроландшафта – соотношение и взаимосвязь входящих в агроландшафт природных компонентов и антропогенных объектов, угодий и агроэкосистем различного ранга.

➤ Экологическая устойчивость агроландшафта рассматривается как его способность поддерживать сформированную структуру и заданные производительные, социальные функции при воздействии внешних факторов, сохраняя биосферные. При их оценке следует рассматривать две группы показателей (критериев) - общих и частных. Общие показатели и критерии экологической устойчивости агроландшафтов и агроэкосистем дают оценку собственно их экологической устойчивости, частные - его компонентов. Устойчивость агроландшафтов характеризуется его общей устойчивостью, устойчивостью компонентов и функционирования.

➤ Система оценки общей устойчивости агроландшафта должна включать экологические критерии, отражающие способность ландшафтов сохранять свои основные свойства, такие как целостность, функционирование и динамику, при внешних воздействиях, учитывать структуру и количественные характеристики абиотических и биотических элементов ландшафта, отражать устойчивость к антропогенным нагрузкам. Для обеспечения экологической устойчивости агроландшафта необходимо задавать такие параметры производству, при которых технологические нагрузки находились бы в пределах экологической емкости агроландшафта. Допустимая антропогенная нагрузка должна соответствовать определенным критериям, чтобы обеспечивать экологическую и производительную устойчивость агроландшафта. Если в агроландшафте не будет должно-

го соответствия между его компонентами или же будут нарушаться сельскохозяйственные технологии, то все это отразится на балансе вещества и энергии, почвенном плодородии и продуктивности. Общую устойчивость агроландшафта характеризуют коэффициенты экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ1 и КЭСЛ2), фактор стабилизации агроландшафта (биоэнергетический показатель), соответствие технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта.

➤ Основную роль в стабилизации биогеоценотического процесса играют почвы, выступающие в качестве своеобразного связующего звена, регулятора и преобразователя различных вещественно-энергетических потоков. Состояние почвы, её устойчивость к внешним воздействиям является одним из ведущих критериев устойчивости ландшафта. Отсюда выступает первостепенное значение сохранения и поддержания саморегулирующих свойств почв, отсутствия их деградации. В.В. Докучаев отмечал, что почва - зеркало ландшафта.

Органическое вещество почвы играет значительную роль в обеспечении устойчивости процесса трансформации энергии и вещества в агроэкосистеме. Интегральным показателем, характеризующим экологические функции почвы и их устойчивости, является ее гумусное состояние, определяющее водно-физические, химические, физико-химические и биологические свойства. Соотношение между процессами минерализации и гумификации обуславливает экологическое равновесие в почве. Сокращение запасов гумуса сопровождается ухудшением практически всех свойств почв – разрушением структуры, уплотнением и снижением водопроницаемости, снижением величины ППК, уменьшением содержания доступных элементов питания и биологической активности и, как следствие, потерей почвой ее роли как геохимического барьера. Система оценки устойчивости почвы как организующего компонента агроландшафта должна включать показатель устойчивости плодородия почвы, показатель устойчивости органического вещества почвы, интенсивность потери органического вещества почвы при эмиссии CO_2), эрозионную устойчивость агроландшафтов.

➤ Биологическая продуктивность – одна из важнейших характеристик ландшафтов. Степень внутренней устойчивости агроценозов оценивается по величине коэффициента вариации биопродуктивности во времени. Внутренняя устойчивость агроценозов и агроландшафтов также зависит от степени отчуждения биомассы с урожаем. Система оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта должна включать продуктивность сельскохозяйственных культур (ПСК), и её варьирование во времени, объем отчуждения биомассы с урожаем.

3. СИСТЕМА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ СБАЛАНСИРОВАННЫХ АГРОЛАНДШАФТОВ

В данной работе на основе выше изложенного методического подхода разработана система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. Любая система оценки состоит из показателей, методов определения и шкал оценки.

Разработанная система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов состоит из трех подсистем:

1. система общей оценки устойчивости агроландшафта,
2. система оценки устойчивости почвы как организующего компонента агроландшафта,
3. система оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта.

Система оценки устойчивости агроландшафта для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов включает показатели трех подсистем (рис.1).



Рис.1. Система общей оценки устойчивости агроландшафта

3.1. СИСТЕМА ОБЩЕЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТА

3.1.1. Система показателей для оценки общей устойчивости агроландшафтов

Система общей оценки устойчивости агроландшафта представлена следующими показателями:

- коэффициенты экологической стабильности ландшафта - КЭСЛ1, КЭСЛ2,
- индекс сбалансированности агроландшафта,
- фактор стабилизации агроландшафта (на биоэнергетической основе),
- соответствие технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта.

3.1.2. Методы определения и шкалы оценки показателей общей оценки устойчивости агроландшафта

3.1.2.1. Методы определения и шкалы оценки коэффициентов экологической стабильности ландшафта

Рассматривая вопросы устойчивости ландшафтов, необходимо располагать системой количественных оценок и характеристик изучаемых процессов (Агроэкология/ Черников и др., 2000). В этой связи заслуживает внимания возможность оценивать степень экологической устойчивости ландшафта с помощью коэффициента экологической стабильности (Клементова, 1995; Баранов, 1995, 2001, 2006), интегрирующего качественные и количественные характеристики абиотических и биотических элементов ландшафта.

Коэффициент экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ1)

Первый метод с помощью коэффициента экологической стабильности ландшафта основан на определении и сопоставлении площадей, занятых различными элементами ландшафта, с учетом их положительного или отрицательного влияния на окружающую среду. Коэффициент экологической стабильности ландшафта показывает стабильность ландшафта, соотношение в агроландшафте сельскохозяйственных или иных угодий, которые обладают стабилизирующим или дестабилизирующим влиянием на агроландшафт.

$$КЭСЛ1 = F_{\text{стаб.}}/F_{\text{дестаб.}}$$

К *стабилизирующим* угодьям относят площади, занимаемые стабильными элементами ландшафта (леса, защитные лесные насаждения, прибалочные, приовражные луга, заповедники, заказники, естественные водоемы и болота, кустарники, пастбища, сенокосы, пашня под многолетними культурами).

К *дестабилизирующим* относят площади, занимаемые нестабильными элементами ландшафта (площади под застройками и домами, зарастающие и заиленные водоемы, места добычи полезных ископаемых, овраги, пашня под однолетними культурами).

Оценка коэффициента экологической стабильности ландшафта производится по шкале (табл.2).

2. Шкала оценки коэффициента экологической стабильности ландшафта

Коэффициент экологической стабильности ландшафта	Характеристика ландшафта
$\leq 0,5$	нестабильность хорошо выражена
0,5 - 1,0	состояние нестабильное
1,01-3,0	состояние условно стабильное
3,01-4,5	стабильность хорошо выражена
$\geq 4,5$	ландшафт с ярко выраженной стабильностью

Определение коэффициента экологической стабильности ландшафта (пример)

№	Наименование элемента	Площадь элемента, га
1	Опушки лесных полос	37,5
2	Опушки прибалочных, приовражных полос	93,7
3	Береговые полосы рек и водоемов	-
4	Сенокосы	-
5	Степная и травянистая растительность	981,5
6	Кустарники	46,2
7	Овраги	75
8	Балки	-
9	Дороги	33,1
10	Застройки	206,2
11	Пашня под однолетними культурами	4776,1
12	Сады	-
	Итого	6250

$$F_{\text{стаб.}} = 93,7 + 981,5 + 46,9 + 37,5 = 1159,6 \text{ га}$$

$$F_{\text{дестаб.}} = 75 + 206,2 + 4776,1 + 33,1 = 5090,4 \text{ га}$$

$$K_{\text{ЭСЛ1}} = 1159,6 / 5090,2 = 0,23$$

Таким образом, рассматриваемый ландшафт нестабильный, так как коэффициент экологической стабильности ландшафта равен 0,23.

Коэффициент экологической стабильности ландшафта (KЭСЛ2)

При рассмотрении стабильности ландшафта необходимо учитывать не только соотношение составляющих его биотических элементов, но и их качественное состояние: состояние рельефа, качество почвы, устойчивость материн-

ских пород, состояние растительности и продуктивности биомасс. В наиболее полной степени такой подход реализуется при расчете коэффициента экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ₂).

$$КЭСЛ_2 = \frac{\sum(P_i \times K_{ЭЗ}) \times K_{ГУ}}{P \times K_{ЭЗ}}$$

где: $P_i \times K_{ЭЗ}$ - площадь биотического элемента (отдельных угодий) с учётом их коэффициентов значимости;

P - общая площадь агроландшафта (в знаменателе);

$K_{ЭЗ}$ - коэффициент экологической значимости;

$K_{ГУ}$ - коэффициент геоморфологической устойчивости.

Коэффициент экологической значимости характеризует экологическое значение отдельных биотических элементов. Коэффициент экологической значимости приводится в таблице 3.

3. Коэффициент экологической значимости ($K_{ЭЗ}$)

Биотические элементы (отдельные угодья)	$K_{ЭЗ}$
Лиственные леса	1
Застройки и дороги	0
Пашня	0,14
Овраги	0,05
Виноградники	0,29
Хвойные леса	0,38
Сады, лесные культуры и лесополосы	0,43
Огороды	0,5
Луга, сенокосы, кустарники, балки	0,62
Хвойно-широколиственные леса	0,63
Пастбища	0,68
Водоёмы и водотоки	0,79
Пески	0,1

4. Коэффициент геоморфологической устойчивости рельефа ($K_{ГУ}$)

Объекты	$K_{ГУ}$
устойчивые материальные породы	1 (стабильные)
пески, оползни, овраги	0,7 (нестабильные)

5. Оценка коэффициента экологической стабильности ландшафта (КЭСЛ₂)

КЭСЛ ₂	Оценка
менее или равен 0,33	ландшафт нестабильный
0,34-0,5	ландшафт мало стабилен
0,51 -0,66	ландшафт стабильный

Вычисление коэффициента КЭСЛ₂ (пример)

Название угодий	Площадь с учётом коэффициентов, га
Опушки лесных полос	16,125
Опушки прибалочных полос	58,094
Береговые полосы рек и водоёмов	-
Сенокосы	-
Степная и травянистая растительность	608,53
Овраги	3,75
Балки	-
Дороги	0
Застройки	0
Пашня	668,654
Кустарники	29,078
Сады	-
Итого	1384,23

$$\Sigma(P_i \times K_{ЭЗ}) = 1384,23 \quad P = 6250 \text{ га}, K_{г\gamma} = 1$$

$$KЭСЛ_2 = \frac{1384,23 \times 1}{6250} = 0,221$$

Таким образом, используя значения коэффициентов экологической значимости и геоморфологической устойчивости рельефа, рассчитан коэффициент КЭСЛ₂, который оказался равным 0,221, что меньше 0,33 и что свидетельствует о том, что исследуемый ландшафт является нестабильным.

3.1.2.2. Способ оценки устойчивости агроландшафтов по индексу его сбалансированности

С учетом достижений в рассматриваемой области знаний (Арманд, 1975;

Агроэкология, 2000; Милащенко, 2000; Лопырев, 2012, Система оценки..., 2012) разработан общедоступный способ оценки устойчивости агроландшафтов для повышения их экологической сбалансированности, не требующий проведения многолетнего мониторинга.

В системе причинно-следственных связей, обеспечивающих устойчивость агроландшафта, выделяются 3 подсистемы по количеству видов устойчивости: равновесие, гомеостазис, стационарный режим. Степень устойчивости классифицируется количеством разновидовых положений равновесия: при наличии одного из них - слабоустойчивый; при двух – среднеустойчивый; при трех – устойчивый. В отсутствие всех видов устойчивости – неустойчивый (разрушающийся) агроландшафт.

Каждый видовой фактор устойчивости, например, равновесие стабилизирующих и дестабилизирующих экологическую среду объектов агроландшафта, в зависимости от индекса сбалансированности агроландшафта ($I_{са}$), который определяется отношением площадей буферной зоны к площади пашни (БЗ/П), подразделяется на 3 качественно сопоставимых класса: устойчивый ($I_{са} > 1$); порогоустойчивый ($I_{са} = 1$); неустойчивый ($I_{са} < 1$).

По этому же принципу классифицируются и другие видовые признаки устойчивости: приходные и расходные части энергии в элементарных агроэкосистемах; величина усвоения азота культурами и величина аккумуляции азота в приросте гумуса за ротацию севооборота (по Черникову, 1999); интенсивность эрозии почв и скорость почвообразования и др.

Способ оценки (табл. 6) включает 6 ступеней устойчивости таксономического ранга и по 3 класса относительного качества в каждом таксоне: устойчивый, порогоустойчивый, неустойчивый.

Среди параметров и условий устойчивости системы присутствуют: площади угодий; природная продуктивность пашни; неоднородность почвенного покрова (ПП) и ландшафтных условий (ЛУ) производства; запасы продуктивной влаги (W); суммарная радиация (Q); сумма активных температур (T); содержание NPK в почве; актуальная кислотность (pH); мощность гумусового

слоя (ГС); содержание гумуса (Г); продолжительность вегетационного периода (L); экологическая емкость агроландшафта (ЭкЕа), Иса - индекс сбалансированности агроландшафта.

6. Информационная система оценки устойчивости агроландшафта

Вид устойчивости	Таксономические признаки	Классификационные признаки		
		Класс качества	Параметр, условие	Класс устойчивости
Равновесие	Равенство площадей стабилизирующих и дестабилизирующих среду объектов	Культурный Мелиорируемый Акультурный	Иса > 1 Иса = 1 Иса < 1	Устойчивый Порогоустойчивый Неустойчивый
	Пашня районирована по признаку природной продуктивности	Высокопродуктивный Среднепродуктивный Малопродуктивный	Урожайность основной культуры, ц/га	Устойчивый Порогоустойчивый Неустойчивый
	Организация агроэкосистем по степени сложности ПП и ЛУ	Однородный Средней сложности Повышенной сложности	< 10% 10 – 25% 25 – 50%	Устойчивый Порогоустойчивый Неустойчивый
	Подбор и размещение культур согласно их требованиям к ландшафтным условиям	Адаптивный Почвозащитный Уравнительный	W, Q, T NPK, pH ГС, Г, L	Устойчивый Порогоустойчивый Неустойчивый
Гомеостазис	Планирование эффективной урожайности и технологических нагрузок	Расчетная по ЭкЕа Расчетная по выносу Назначенная	Уэ = Уп · 2,5 Содержание NPK Зональная норма	Устойчивый Порогоустойчивый Неустойчивый
Стационарный режим	Поддержание равновесия в подсистемах: фотосинтез – разложение + отчуждение, гумификация – дегумификация, эрозия – почвообразование	Гармоничный Конструктивный Деструктивный	Баланс за вегетационный или ротационный период	Устойчивый Порогоустойчивый Неустойчивый

Проведена апробация способа оценки устойчивости агроландшафтов на муниципальном уровне организации территории в 5 районах Курской области (Курский, Льговский, Медвенский, Тимский, Щигровский) по признаку сбалансированности стабилизирующих и дестабилизирующих среду объектов (пашня,

луга, выпасы, леса, кустарники, болота, водные объекты, заповедники, заказники, лесополосы). Результаты оценки показали, что ни в одном муниципальном подразделении агроландшафты не достигли даже уровня порогуустойчивости. Порогуустойчивость агроландшафтов в указанных районах наступит при сокращении пашни и доведении ее до 50-55% от суммы площадей пахотных земель и объектов буферной зоны агроландшафта (сенокосы, пастбища, леса и лесопосадки, болота, кустарники, водоемы и реки, заповедники и заказники).

Из расчетов видно, что для экологической сбалансированности угодий в агроландшафтах следует увеличить буферную зону по районам в 2-3 раза за счет трансформации деградирующей пашни (табл. 7), что решает одновременно и проблему с ускоренной эрозией почв, заилением рек и водоемов, а также воспроизводства чистой воды – главный показатель качества природопользования и, как следствие, обеспечивает устойчивость агроландшафта.

7. Трансформирование эродированной пашни для формирования сбалансированного агроландшафта

Район	Фактическое состояние			Сбалансированный вариант		
	П	Пэ	БЗ	П	Пэ	БЗ
Курский	87301	28,2	25246	56273,5	0,0	56273,5
Льговский	57846	19,7	21969	39907,5	1,7	39907,5
Медвенский	69379	20,4	18831	44105,0	0,0	44105,0
Тимский	65724	21,0	13695	39709,5	0,0	39709,5
Щигровский	96088	24,8	17541	56814,5	0,0	56814,5

Примечание: П – общая площадь пашни, га; Пэ – площадь эродированной пашни, тыс.га; БЗ – площадь буферной зоны, га.

Разработанная система применима не только для оценки устойчивости фактического агроландшафта, но и проектов землеустройства и систем земледелия. В таксономический ряд оценки включены главные критерии адаптивного и эколого-экономического подхода в разработке устойчивых и высокопродуктивных агроландшафтов: оптимизация и районирование по природной продуктивности пашни; организация агроэкосистем по принципу однородности условий производства, адаптивное размещение культур и севооборотов к ландшафтными ресурсам земледелия; сбалансированность энергетических потоков;

планирование урожайности и соответствующих нагрузок с учетом экологической емкости элементарных агроэкосистем.

Таким образом, предложенный способ, не требующий проведения многолетнего мониторинга, позволяет на основе имеющейся информации оценить устойчивость фактического агроландшафта, а также проектные решения.

3.1.2.3. Способ определения и шкалы оценки фактора стабилизации агроландшафта (на биоэнергетической основе)

Для оценки устойчивости агроландшафтов предлагается фактор стабилизации агроландшафта. На основе фактора стабилизации можно регулировать соотношение стабильных и нестабильных экосистем в агроландшафте, оптимизировать соотношение угодий в нем.

Под фактором стабилизации понимается отношение запасов энергии в подземной фитомассе к биоэнергетическому потенциалу территории агроландшафта (в процентах) (Володин, Масютенко, Еремина, 2000) и определяется по формуле:

$$\Phi_c = \frac{\text{Эпф} \cdot 100}{\text{БЭПТ}},$$

где: Φ_c - фактор стабилизации агроландшафта;

Эпф - запасы энергии в подземной фитомассе, ГДж/га;

БЭПТ - биоэнергетический потенциал территории агроландшафта, ГДж/га.

Биоэнергетический потенциал территории агроландшафта является интегральным показателем почвенных и растительных ресурсов. Его определяют по методике, разработанной В.М. Володиным, Р.Ф. Ереминой, Н.Ф. Михайловой (Методика определения экологической емкости и биоэнергетического потенциала территории агроландшафта, 2000). Согласно методике необходимо сначала определить запасы надземной и подземной фитомассы, гумуса почвы; показатели ежегодного прироста надземной и подземной фитомассы, прироста или

убыли гумуса, а затем с учетом теплоты сгорания рассчитать содержание в них энергии.

Представлена шкала оценки степени стабилизации агроландшафта по фактору стабилизации (табл.8). Фактор стабилизации позволяет дифференцировать пашню по фактору стабилизации в зависимости от возделываемой культуры.

8. Шкала оценки степени стабилизации агроландшафта

Фактор стабилизации, %	Оценка степени стабилизации агроландшафта
5,5-15	Очень высокая
2,5-5,5	Высокая
1,5-2,5	Средняя
0,5-1,5	Низкая
<0,5	Очень низкая

Проведена оценка степени стабилизации агроландшафта (табл.9).

9. Оценка устойчивости агроландшафта по фактору стабилизации (слой 0-50 см)

Угодье	Относительная площадь угодий	Запасы энергии в органическом веществе почвы	Запасы энергии в фитомассе и ежегодном приросте	БЭПТ	Запасы энергии в подземной фитомассе	Фактор стабилизации, %	Степень стабилизации агроландшафта
Пашня (озимая пшеница)	0,62	9216,3	270,4	9486,7	86,66	0,91	Низкая
Лесополоса	0,16	9563,6	4692,3	14255,9	302,6	2,12	Средняя
Луг	0,12	10474,0	112,0	10736,0	198,4	1,85	Средняя
Залежь	0,10	9774,2	130,2	10040,2	200,6	2,00	Средняя
Агроландшафт	1,00			10455,0		1,32	Низкая

БЭПТ - биоэнергетический потенциал территории агроландшафта

Выявлена низкая степень стабилизации пашни и средняя в лесополосе, на лугу и залежи. В целом в агроландшафте установлена средняя степень стабилизации. Показано, что степень стабилизации агроландшафта зависит от соотношения пахотных угодий и угодий - экологически устойчивых экосистем, по своему функционированию и параметрам близких к природным. Для повышения стабилизации агроландшафта необходимо или увеличивать площадь экологически устойчивых угодий, или целенаправленно повышать биоэнергетический потенциал пахотных почв, или сочетать первое и второе.

3.1.2.4. Метод оценки соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта

Для того, чтобы обеспечивать экологическую и производительную устойчивость агроландшафта, антропогенная нагрузка должна соответствовать экологической емкости агроландшафта. Соответствие или несоответствие антропогенной нагрузки и экологической емкости агроландшафта будет характеризовать степень его экологической устойчивости.

Метод оценки ***соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта*** разработан авторами и опубликован в «Системе оценки ресурсного потенциала агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов» (2012). Оценку соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта и обеспечения его экологической устойчивости проводят на основе оценки показателей качества почвы, направленности её воспроизводства и показателей производительной устойчивости агроландшафта.

Оценку качества почвы, направленности её воспроизводства проводят по балансу гумуса, содержанию в пахотном слое гумуса, питательных элементов, тяжелых металлов, рН почвы; содержанию тяжелых металлов, нитратов в растениях, с учетом степени компенсации выноса питательных элементов из почвы, емкости катионного обмена, мг/кг; предельно допустимых концентраций, плот-

ности, порозности почвы, коэффициента структурности, сумма водоустойчивых агрегатов, обогащенности почвы ферментами; фактического и допустимого смыва почвы. Оценку производительной устойчивости агроландшафта проводят по фактической, потенциальной урожайностям сельскохозяйственной культуры и коэффициенту её вариации во времени по годам.

Разработана шкала соответствия технологической нагрузки экологической емкости агроландшафта Ранжирование по уровням соответствия проводят по критериям допустимых антропогенных нагрузок (14 показателей) и двум показателям производительной устойчивости агроландшафта. Выделены 4 уровня соответствия:

1. антропогенные нагрузки **соответствуют** (находятся в пределах) экологической емкости агроландшафта, обеспечивают его производительную устойчивость;

2. антропогенные нагрузки **соответствуют** (находятся в пределах) экологической емкости агроландшафта и обеспечивают его производительную устойчивость **на 90 %**;

3. антропогенные нагрузки соответствуют (находятся в пределах) экологической емкости агроландшафта и обеспечивают его производительную устойчивость **на 70 %**;

4. антропогенные нагрузки **не соответствуют** (не находятся в пределах) экологической емкости агроландшафта и не обеспечивают его производительную устойчивость. Для каждого уровня указаны критерии допустимых антропогенных нагрузок (агротехнологий) на агроландшафт, обеспечивающие отсутствие деградации почвы, и показатели производительной устойчивости агроландшафта.

На основании данного метода оценивается устойчивость агроландшафта по соответствию антропогенной нагрузки экологической емкости агроландшафта.

3.2. СИСТЕМА ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЧВЫ КАК ОРГАНИЗУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА АГРОЛАНДШАФТА

Почва является организующим и базовым компонентом агроландшафта. Именно почва является связующим звеном геологического и биологического круговорота веществ в наземных экосистемах, выполняет функцию трансформатора вещества и энергии, находящихся или поступающих в биогеоценоз, агроландшафт, функцию жизненного пространства, жилища, механической опоры живых организмов, обеспечивает концентрацию и накопление влаги, питательных веществ, плодородием и другими экологическими функциями. Почвенный покров обеспечивает механизм взаимодействия между компонентами агроландшафта, является основным средством сельскохозяйственного производства, от состояния почвы зависит устойчивость и производительность агроэкосистем. Поэтому оценка устойчивости почвы играет важную роль в системе оценки устойчивости ландшафта и агроландшафта.

3.2.1. Система показателей для оценки устойчивости почвы

Система оценки устойчивости почвы как организующего компонента агроландшафта включает:

- показатель устойчивости плодородия почвы,
- показатель устойчивости органического вещества почвы,
- соотношение интенсивности потери органического вещества почвы с эмиссией CO₂ и поступления требуемого количества органического вещества в почву - интегральный показатель экологической устойчивости почвы;
- почвенно-экологический индекс;
- эрозионную устойчивость агроландшафтов.

3.2.2. Методы определения и оценки устойчивости почвы

3.2.2.1. Способ определения и оценки показателя устойчивости плодородия почвы

Плодородие - важнейшее свойство почвы, обеспечивающее реализацию

её как средства сельскохозяйственного производства. Как указывают А.С. Фрид и И.Е. Королёва (2013), «в природе существует единое информационно-энергетическое поле, параметры которого определяют и биологическую продуктивность, и плодородие почв. Параметры идентифицируются по концентрационным, тепловым, электрическим, магнитным и другим полям, которые взаимосвязаны. Очевидно, что оценка плодородия почв только по концентрационному полю и только по одному из его параметров – интенсивности – явно недостаточна». Предлагается показатель устойчивости плодородия, разработанный нами на биоэнергетической основе (а.с. №1528142). Органическое вещество является базовым интегральным показателем почвенного плодородия.

Показатель устойчивости плодородия (P_y) - это отношение величины общей энергии органического вещества почвы к разности между запасами энергии в гумусе целинной и изучаемой почв. Рассчитывается показатель устойчивости плодородия по формуле:

$$P_y = \frac{E_c}{E_{уц} - E_y},$$

где: P_y - показатель устойчивости плодородия,

E_c – энергосодержание почвы, Дж/см³;

E_y – уровень энергоемкости исследуемой почвы, Дж/см³;

$E_{уц}$ – уровень энергоемкости целинной почвы, Дж/см³.

Энергосодержание почвы - это содержание энергии в прочносвязанном и "свободном" органическом веществе в единице объема почвы. Определяют его по формуле:

$$E_c = \frac{Q_{г} + Q_{нв}}{10H},$$

где $Q_{г}$ – запасы энергии в гумусе, ГДж/га;

$Q_{нг}$ – запасы энергии в негумифицированном органическом веществе, ГДж/га;

H – слой почвы, м.

Запасы энергии в гумусе почвы рассчитывают по формуле:

$$Q_{г} = 2165 \cdot Г \cdot H \cdot d,$$

где $Г$ – содержание гумуса, %;

H – слой почвы, м;

d – плотность почвы, т/мм³.

Для определения запасов энергии в негумифицированном органическом веществе ($Q_{нв}$) используют следующую формулу.

$$Q_{нв} = 18,84 \cdot НВ$$

Где $НВ$ – запасы негумифицированного органического вещества в почве, т/га; 18,84 – коэффициент пересчета с учетом теплоты сгорания негумифицированного органического вещества почвы, ГДж/т.

Уровень энергоёмкости почвы – это количество энергии в инертном гумусе и в лабильных гумусовых веществах в единице объема. Данные показатели рассчитывают по следующим формулам:

$$E_y = \frac{Q_g}{10H}$$

Шкала оценки показателя устойчивости плодородия почвы представлена в таблице 10. Чем выше значения этого показателя, тем больше устойчивость плодородия почвы.

10. Шкала оценки показателя устойчивости плодородия почвы, P_y

P_y	Оценка устойчивости плодородия почвы
<1	критическая
1,0 – 1,5	очень низкая
1,5 – 2,0	низкая
2,1 – 5,0	средняя
5,1 – 8,0	оптимальная
>8,0	высокая

Проведена оценка устойчивости плодородия почвы в агроландшафте (табл.11). Установлено, что устойчивость плодородия чернозема типичного в агроландшафте изменяется от высокой в черноземе типичном в лесополосе до критической в среднеэродированной почве на пашне. И хотя в целом по агроландшафту устойчивость плодородия чернозема типичного средняя, пашню с черноземом типичным среднеэродированным и критической устойчивостью плодородия почвы необходимо перевести в другой вид использования - залужить.

11. Оценка устойчивости плодородия почвы в агроландшафте

Угодье	Относительная площадь	Почва	Пу	Оценка устойчивости плодородия почвы
Пашня	0,589	Чернозем типичный	3,00	средняя
	0,147	Чернозем типичный слабосмытый	2,47	средняя
	0,147	Чернозем типичный среднесмытый	0,83	критическая
Луг разнотравный косимый	0,078	Чернозем типичный	6,17	оптимальная
Лесополоса лиственная	0,039	Чернозем типичный	13,59	высокая
Агроландшафт	1,0	Чернозем типичный	3,26	средняя

3.2.2.2. Метод определения и оценки показателя устойчивости органического вещества почвы

Сущность функционирования почвы как компонента биосферы составляет трансформация и связывание органического вещества в ней. Поэтому важным критерием, характеризующим устойчивость почвы, является показатель устойчивости её органического вещества. Показатель устойчивости органического вещества почвы (УОВ) – это отношение содержания негумифицированного ор-

ганического вещества в почве к требуемому оптимальному его содержанию. Он показывает, сколько процентов составляет фактическое содержание негумифицированного органического вещества в почве от требуемого оптимального.

$$\text{УОВ} = \frac{\text{НВ} \cdot 100}{\text{НВ}_T}$$

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

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

НВ_T – требуемое оптимальное содержание негумифицированного органического вещества в почве, в % от ОВ.

$$\text{НВ}_T = \frac{\Gamma \cdot \text{НВ}_ц}{\Gamma_ц},$$

где: НВ_ц – количество негумифицированного органического вещества в целинной почве, участвующего в процессах разложения и гумификации, % от органического вещества почвы;

НВ_T – требуемое оптимальное содержание негумифицированного органического вещества в почве, в % от ОВ;

Γ - содержание гумуса в пахотной почве, %;

Γ_ц - содержание гумуса в почве в целинной почве, %.

Шкала степени оценки устойчивости органического вещества почвы представлена в таблице 12.

12. Шкала степени оценки устойчивости органического вещества почвы (УОВ)

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

Оценка приведенного в таблице 13 показателя позволяет выявить степень устойчивости органического вещества в агроландшафтах в зависимости от севооборота, возделываемой культуры и др. факторов, для научно обоснованного регулирования устойчивости агроценоза и агроландшафта.

13. Оценка устойчивости органического вещества чернозема типичного в агроландшафтах (слой 0-25 см)

Угодье, степень эродированности почвы	Экспозиция	Гумус, %	НВ	УОВ, %	Оценка степени устойчивости
			в % от содержания ОВ в почве		
Лесополоса приводораздельная	Водораздельное плато	5,88	8,5	206	Очень высокая
Пашня, ЗППС, пар, неэродированная		5,49	1,3		Слабая
Пашня, ЗППС, пар, слабоэродированная	Северная экспозиция	4,98	0,8	27	Очень слабая
Пашня, зернотравяной севооборот, клевер		5,27	6,2	106	Оптимальная
Залежь		6,22	5,6	150	Очень высокая
Лесополоса водорегулирующая		5,64	8,3	210	Очень высокая
Пашня, ЗТС, клевер, среднеэродированная	Южная экспозиция	4,35	1,3	50	Слабая
Луг		5,68	12,2	138	Высокая
Лесополоса водорегулирующая		5,17	8,8	240	Очень высокая

3.2.2.3. Метод определения интегрального показателя экологической устойчивости почвы по соотношению интенсивности потери органического вещества почвы с эмиссией CO₂ и поступления требуемого количества органического вещества в почву

Интегральным показателем экологической устойчивости почвенного компонента агроэкосистемы является сбалансированность процессов минерализации и гумификации органического вещества почвы. Достаточно значимым количественным показателем интенсивности процессов минерализации органи-

ческого вещества почвы может служить интенсивность потери С из органического вещества почвы с эмиссией CO₂. Процессы гумусообразования, наоборот, связаны непосредственно с поступлением в почву органического вещества в виде растительных, пожнивно-корневых остатков, органических удобрений и т.п.

Исходя из этого, оценку сбалансированности процессов гумификации и минерализации в почвенном блоке агроэкосистемы реально проводить, основываясь на определении агроэкологического параметра – соотношения интенсивности потери органического вещества почвы с эмиссией CO₂ и поступления требуемого количества органического вещества в почву.

Интенсивность потери органического вещества почвы (ИПОВ) - это отношение потери С из органического вещества почвы при эмиссии углекислого газа из почвы к запасам С в органическом веществе (гумус + негумифицированное органическое вещество) пахотного слоя почвы.

$$\text{ИПОВ} = \frac{\text{Совп}}{\text{Сов}},$$

где: Совп - потери С из органического вещества почвы при эмиссии углекислого газа из почвы, кг/га;

Сов – содержание С в органическом веществе почвы (гумус + негумифицированное органическое вещество), кг/га.

Требуемое количество органического вещества – это количество органического вещества, компенсирующее дефицит баланса гумуса, т.е. количество органических удобрений, обеспечивающих сбалансированность процессов минерализации и гумификации органического вещества в почве. Поступление в почву органических веществ (Поу) в процентах от требуемого количества рассчитывается по следующей формуле:

$$Поу = \frac{Доу_{факт} \cdot 100}{Доу_{комп}}$$

где $Доу_{факт}$ – доза фактического внесения органических удобрений, т/га;

$Доу_{комп}$ – доза органических удобрений, компенсирующая дефицит баланса гумуса, т/га.

4. Шкала оценки устойчивости агроэкосистемы и агроландшафта по интенсивности потери органического вещества почвы, определенной по эмиссии CO_2 , и поступлению органических веществ в почву

Интенсивность потери органического вещества почвы за май - сентябрь-	Поступление органических веществ в почвы в % от требуемого (Поу)	Оценка устойчивости
<0,035	0-50	средняя
	50-100	высокая
	>100	очень высокая
0,035-0,070	0-50	низкая
	50-100	средняя
	>100	высокая
> 0,070	0-50	критическая
	50-100	низкая
	>100	средняя

Интенсивность потери органического вещества почвы из чернозема типичного по эмиссии CO_2 (табл.15) позволяет оценить устойчивость агроценоза и агроландшафта в зависимости от экспозиции склона, вида севооборота и возделываемой культуры. Экспериментально доказана и оценена наибольшая интенсивность потери органического вещества почвы в зернопаропропашном севообороте в чистом пару, что превышает таковую в зернотравяном севообороте в 2,5; 2,0 и 1,9 раза, соответственно, на северном, южном склонах и водораздельном плато. В связи с тем, что на изучаемых объектах органические удобрения не вносили, то согласно шкале оценки (табл.14) устойчивость агроэкоци-

стемы зернотравяного севооборота – средняя, так как с травами поступает в почву большое количество растительных остатков в агроландшафте, зернопаропропашного севооборота на северном склоне - критическая, а на южном склоне и водораздельном плато - низкая.

5. Интенсивность потери органического вещества почвы из чернозема типичного за вегетационный период (май-сентябрь) в зависимости от экспозиции склона и вида севооборота в агроландшафтах

Экспозиция	Вариант	Потоки CO ₂ из почвы, кг/га		Потери С из органического вещества почвы, кг/га		Интенсивность потери органического вещества почвы	
		2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.	2011 г.	2012 г.
Северная	Зернопаропропашной севооборот (ЗППС)	16607,74	10728,40	5054,53	3335,99	0,079	0,050
	Зернотравяной севооборот (ЗТС)	11062,36	7553,50	2222,09	1517,26	0,032	0,022
Водораздельное плато	Зернопаропропашной севооборот, чистый пар	15100,48	9417,79	4595,80	3033,23	0,068	0,043
	Зернотравяной севооборот	13330,30	7968,88	2845,04	1600,70	0,035	0,020
Южная	Зернопаропропашной севооборот	11331,13	8195,67	3448,60	2276,08	0,062	0,039
	Зернотравяной севооборот	10264,42	6893,72	2060,14	1384,74	0,031	0,021

В 2011г. в ЗППС – чистый пар, в ЗТС – травы; в 2012 г. в ЗППС и ЗТС - озимая пшеница.

3.2.2.4. Метод оценки экологического состояния почв на основе определения почвенно-экологического индекса

Почвенно-экологический индекс как комплексный показатель позволяет объективно оценивать состояния почвы, выявлять негативные процессы, которые приводят к её деградации, в том числе снижению плодородия. Почвенно-экологический индекс даёт общую оценку экологического состояния и потенциального плодородия почвы. Важным (особенно для земледелия)

является оценка производительной способности или уровня эффективного плодородия почвы. Методика изложена по Синявскому В. А., Синявскому И. В. (2000).

Почвенно-экологического индекса (ПЭИ) – это обобщённый экологический показатель, который рассчитывается по формуле:

$$ПЭИ = 12,5(2 - V) \times П \times K_G \cdot \frac{17,2N}{Г} \times K_{pH} \times \frac{\sum t > 10^0 \times (КУ - P)}{КК + 100} \times K_P \times K_K,$$

V – средняя плотность метрового слоя почвы, г/см³;

2 – максимально возможная плотность почвы, г/см³;

П – полезный объём почвы;

КГ – коэффициент на содержание гумуса;

N – содержание в почве азота, %;

Г – содержание гумуса, %;

КрН – коэффициент на кислотность;

КУ – коэффициент увлажнения;

P – поправка на коэффициент увлажнения;

КК – коэффициент континентальности;

Кр – коэффициент на содержание подвижного фосфора;

Кк – коэффициент на содержание обменного калия.

Пример расчета:

Средневзвешенное

пашня

$$Aп = 27 = 1,12 \quad 1,12 * 27 = 30,24$$

$$B1 = 13 = 1,26 \quad 1,26 * 13 = 16,38 \quad 125,42 / 100 = 1,25$$

$$B2 = 20 = 1,30 \quad 1,30 * 20 = 26,0$$

$$BС = 40 = 1,32 \quad 1,32 * 40 = 52,8$$

целина

$$A1 = 20 = 0,91 \quad 0,91 * 20 = 18,2$$

$$AВ = 13 = 1,12 \quad 1,12 * 13 = 14,56$$

$$B1 = 17 = 1,23 \quad 1,23 * 17 = 20,91121,92/100 = 1,22$$

$$B2 = 25 = 1,36 \quad 1,36 * 25 = 34,0$$

$$B3 = 25 = 1,37 \quad 1,37 * 25 = 34,25$$

Множитель 12,5 является постоянным для всех типов почв. Величина 2–V рассчитывается на основании фактической плотности метрового слоя почвы с учётом поправки на коэффициент увлажнения,

$$\text{Пашня } 12,5 (2-1,25) = 9,38$$

$$\text{Целина } 12,5 (2-1,22) = 9,75$$

П – полезный объём почвы

$$\text{Пашня } P = 0,44$$

$$\text{Целина } P = 0,64$$

Коэффициент содержания гумуса

$$\text{Пашня } K_{г} = 7,08 * 10,00 = 70,8\% (0,834)$$

$$\text{Целина } K_{г} = 7,33 * 10,00 = 73,3\% (0,846)$$

Роль гумуса как экологического фактора зависит от азотного фонда, точнее от обеспеченности гумуса азотом. Чтобы учесть влияние на экологическое состояние почвы качественного состава гумуса, вводится поправка, которая определяется по формуле

$$\frac{17,2N}{G}$$

$$\text{Пашня: } 17,2 * 0,354 / 7,08 = 0,86$$

$$\text{Целина: } 17,2 * 0,284 / 7,33 = 0,67$$

Коэффициент увлажнения (КУ) определяется по формуле

$$КУ = \frac{D_{к} \times O_{с}}{\sum t > 10^0 + 500},$$

$$КУ = 4,9 * 367 / 2200 + 500 = 0,666$$

$$\text{С поправкой } КУ - P = 0,666 - 0,03 = 0,636$$

Учитывается континентальность климата по коэффициенту континентальности (КК), который определяется по формуле

$$KK = \frac{360(t_{\max} + t_{\min})}{\varphi + 10},$$

$t_{\max} + t_{\min}$ – амплитуда колебания температуры; φ – широта местности
($57^{\circ} 60' \approx 57,60$)

$$KK = 360(19,7 + 18,1) / 57,6 + 10 = 13608 / 67,60 = 201,1$$

Общий климатический коэффициент равен

$$2200 * 0,636 / 201,1 + 100 = 1399,2 / 301,1 = 4,65$$

$$Kp \text{ пашни} = 0,980$$

$$Kp \text{ целины} = 0,926$$

$$Kk \text{ пашни} = 0,910$$

$$Kk \text{ целины} = 0,960$$

$$KpH \text{ пашни} = 0,932$$

$$KpH \text{ целины} = 0,938$$

$$ПЭИ \text{ пашни} = 9,38 * 0,44 * 0,834 * 0,86 * 4,65 * 0,980 * 0,910 * 0,932 = 11,44$$

$$ПЭИ \text{ целины} = 9,75 * 0,64 * 0,846 * 0,67 * 4,65 * 0,926 * 0,960 * 0,938 = 13,71$$

В данном случае ПЭИ составил:

$$ПЭИ \text{ (пашня)} = 11,44$$

$$ПЭИ \text{ (целина)} = 13,71$$

Экологическое состояние почв (пример)

Угодья	12,5(2-V)	КГ	17,2*N/Г	KpH	Агрохимические показатели		ПЭИ
					P ₂ O ₅	K ₂ O	
Пашня	9,38	0,834	0,86	0,932	0,980	0,910	11,44
Целина	9,75	0,846	0,67	0,938	0,926	0,960	13,71

Таким образом, расчеты показали, что ПЭИ чернозёма выщелоченного на пашне составил 11,44, тогда как у аналога на целинном участке он был выше – 13,71. Причиной снижения почвенно-экологического индекса являются ухудшение физических свойств, гумусового состояния и уменьшение обеспеченности почвы калием.

3.2.2.5. Методы оценки эрозионной устойчивости агроландшафтов

Основными критериями эрозионной устойчивости агроландшафтов являются допустимые потери почвы, оценка почвозащитной эффективности вводимых севооборотов, агроприёмов и применяемых способов устройства территории, коэффициент эрозионной расчленённости территории, процент защищённости пашни защитными лесными насаждениями.

1. *Допустимые потери почвы.* Для практического применения рекомендуется метод расчёта допустимых потерь почвы, разработанный во ВНИИЗиЗПЭ (Сухановский Ю. П. и др., 1998, 2008), по формуле:

$$I_{доп} = \frac{\varepsilon H}{100TK_{над}}$$

где H – мощность гумусового горизонта (мм);

ε – погрешность (%), с которой измеряется мощность гумусового горизонта (принимается $\varepsilon = 5\%$);

100 – коэффициент перевода процентов в относительную величину;

T – продолжительность этапа (принимается $T = 50$ лет);

$K_{над}$ – коэффициент надежности (безразмерный), учитывающий вероятность, что за период T потери почвы не превысят допустимое значение. Для условий ЦЧЗ $K_{над} = 1,4$ при вероятности 95% и $T=50$ лет.

Для перевода смыва почвы ($I_{доп}$), выраженного в мм/год, к смыву почвы, выраженному в т/га год, используется соотношение

$$I_{доп}(т/га\ год) = 10\gamma(г/см^3)I_{доп}(мм/год),$$

где γ – плотность почвы.

Допустимые потери почвы для ЦЧЗ и допустимый смыв для основных типов почв ЕТ России представлены, соответственно, в таблицах 16 и 17.

4. Допустимые потери почвы (ΔП) для ЦЧЗ*

(Сухановский, Бахирев, Здоровцов, 2004)

Степень эродированности почвы	Потери гумусового слоя от эталона $H_o, \%$	Чернозём $\Delta\Pi$		Серые лесные $\Delta\Pi$	
		т/га в год	мм/год	т/га в год	мм/год
Неэродированная	0 - 5	6,21	0,54	4,92	0,41
Слабая	5 - 25	5,16	0,43	4,0	0,32
Средняя	25 - 50	3,62	0,29	2,73	0,21
Сильная	50 - 75	1,82	0,14	1,48	0,11
Очень сильная	75 - 100	0	0	0	0

Примечания. 1. Для черноземов типичных и выщелоченных эталон гумусового слоя $H_o = 800$ мм, для темно-серых лесных почв $H_o = 600$ мм. 2. $\Delta\Pi = 0$ для очень сильноэродированных почв означает, что эта почва должна быть переведена в другую категорию земельных угодий. * $\Delta\Pi$ пересчитаны из мм/год на т/га в год по данным Ю.П. Сухановского, Г.И. Бахирева, И.П. Здоровцова (2004) с учетом плотности почвы.

5. Допустимый смыв для основных типов почв

(Герасименко, 1996, 1997; Критерии и параметры допустимых антропогенных нагрузок на компоненты агроландшафта, 2005)

Почва	Допустимый смыв почвы ($\Delta\Pi_d$), т/га в год
Дерново-подзолистые средне- и тяжелосуглинистые	1,6
Чернозем обыкновенный глинистый и тяжелосуглинистый	2,6
Каштановые средне- и тяжелосуглинистые	2,4

2. Оценка почвозащитной эффективности вводимых севооборотов, агроприёмов и применяемых способов устройства территории проверяется по формуле (Карцев Г.А. и др., 1989):

$$K_{\text{сев.}} \times K_{\text{агр.}} \times K_{\text{орг.тер.}} \leq q_{\text{доп.}} / (q_{\text{тал.}} + q_{\text{лив.}}),$$

где, $q_{\text{доп.}}$ - допустимый смыв почвы,

$q_{\text{тал.}}$ - смыв почвы при таловой эрозии,

$q_{\text{лив.}}$ - смыв почвы при ливневой эрозии.

Для расчёта величины смыва почвы (q , т/га) от поверхностного стока различной обеспеченности рекомендуется выше изложенный метод расчёта допустимых потерь почвы. Для определения значений вышеприведённых коэффициентов (K , отн. вел.) необходимо использовать опубликованные методические указания (Карцев Г. А., Лука А.Н., Носов С.И. и др., 1989).

3. *Коэффициент эрозионной расчленённости территории* рассчитывается по формуле:

$$K_{эр} = L / P$$

$K_{эр}$ - коэффициент экологической расчленённости территории;

L - общая длина оврагов, км;

P - общая площадь агроландшафта, км².

Оценка коэффициента эрозионной расчленённости территории представлена в таблице 18.

6. Оценка коэффициента эрозионной расчленённости территории ($K_{эр}$)

$K_{эр}$	Оценка
менее 0,2	слабая расчленённость, удовлетворительное экологическое состояние
0,2-0,7	средняя расчленённость, напряжённое экологическое состояние
0,71-2,5	сильная расчленённость, чрезвычайное экологическое состояние
более 2,5	сильная расчленённость, экологическое бедствие

Расчёт коэффициента эрозионной расчленённости территории (пример)

$$L = 9000\text{м} = 9,0 \text{ км}$$

$$P = 60,5 \text{ км}^2$$

$$K_{эр} = 9,25/60,5 = 0,149$$

Вывод: эрозионная расчленённость в данном случае выражена слабо, экологическое состояние удовлетворительное.

4. *Процент защищённости пашни защитными лесными насаждениями.* Расчёт процента защищённости пашни защитными лесными насаждениями проводят по формуле:

$$S_3 = 30H \times N \times K$$

$$S_3 \times 100\%$$

$$Z = \frac{\quad}{S_n},$$

Где:

30 - коэффициент дальности влияния защитных лесных насаждений;

H - средняя высота защитных насаждений, м;

N - длина защитных лесных насаждений, м;

K - коэффициент конструкции;

Z - защищённость пашни защитными лесными насаждениями, %,

S_n - площадь пашни, м².

Оценка процента защищённости пашни защитными лесными насаждениями проводится согласно таблицы 19.

19. Оценка процента защищённости пашни защитными лесными насаждениями

Z	Оценка
менее 15%	очень слабая защищённость
15-30%	слабая защищённость
31-50%	умеренная защищённость
51-75%	средняя защищённость
более 75%	высокая защищённость

Вычисление процента защищённости пашни защитными лесными насаждениями (пример)

$$S_3 = 30 \times 15 \times 26750 \times 1 = 12037500 \text{ м}^2$$

$$12037500 \times 100\%$$

$$Z = \frac{\quad}{42000700} = 28,66\%$$

Таким образом, процент защищённости пашни защитными лесными насаждениями - слабый (меньше 31%).

3.3. СИСТЕМА ОЦЕНКИ АГРОНОМИЧЕСКОЙ (ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЙ) УСТОЙЧИВОСТИ АГРОЛАНДШАФТА

3.3.1. Система показателей оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта

Система оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта включает:

- продуктивность сельскохозяйственных культур,
- варьирование продуктивности во времени,
- объем отчуждения биомассы с урожаем.

3.3.2. Методы определения и оценки агрономической (производительной) устойчивости агроландшафта

Агрономическая (производительная) устойчивость агроландшафта характеризуется уровнем продуктивности (урожайности) сельскохозяйственных культур и степенью их варьирования во времени. Предложены шкалы оценки производительной устойчивости агроландшафта (табл.20). Продуктивность сельскохозяйственных культур оценивается по сравнению с их потенциальной урожайностью, степень их варьирования во времени - по коэффициенту вариации.

20. Шкала оценки производительной устойчивости агроландшафта

Показатели производительной устойчивости агроландшафта		Оценка производительной устойчивости агроландшафта
Продуктивность сельскохозяйственных культур (ПСК)	Варьирование во времени ПСК	
$U \leq (1,7-1,95) \cdot U_{п}$	$K_{в} < 20\%$	Высокая
$U = (1,4-1,8) \cdot U_{п}$	$20 \leq K_{в} < 25 \%$	Средняя
$U = (1,0-1,40) \cdot U_{п}$	$25 < K_{в} < 30 \%$	Низкая
$U < U_{п}$	$K_{в} > 30 \%$	Очень низкая

Примечание: U - урожайность сельскохозяйственной культуры, т/га; $U_{п}$ – потенциальная урожайность сельскохозяйственной культуры, т/га (см."Систему показателей оценки..."; 2011); $K_{в}$ - коэффициент вариации урожайности сельскохозяйственной культуры во времени по годам, %.

Объем отчуждения биомассы с урожаем играет важное значение для обеспечения внутренней устойчивости агроценозов и агроландшафтов, а следовательно и производительной устойчивости. Оценка устойчивости агроценозов и агроландшафтов в зависимости от объема отчуждения биомассы с урожаем (Айдаров, Краснощеков, 2005) представлена в таблице 21. Необходимо стремиться к снижению относительного объема отчуждения биомассы с урожаем.

21. Объем отчуждения биомассы с урожаем

Объем отчуждения биомассы с урожаем, %	Оценка устойчивости агроценозов
<30	устойчивый
30-70	неустойчивый
> 70 %	критический, начинают развиваться процессы опустынивания.

Заключение

Таким образом, разработана система оценки устойчивости агроландшафтов, позволяющая оценивать его общую и производительную устойчивость, устойчивость почвы как организующего и базового компонента агроландшафта, соответствие антропогенной нагрузки его экологической емкости. Применение разработанной системы оценки обеспечит оптимизацию структуры агроландшафта, основание для регулирования плодородия почвы и повышение экологической сбалансированности агроландшафтов.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство/ Под редакцией академиков РАСХН В.И. Кирюшина и А.Л. Иванова. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784с.

2. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев и др.; Под ред. В.А. Черникова, А.И.-Чекереса. - М.: Колос, 2000.
3. Айдаров И.П. Критерии экологической безопасности агроландшафтов. /Сб. Научно-технологические технологии в мелиорации. - М., 2005.
4. Айдаров И.П., Краснощеков В.Н. Методология оценки экономической эффективности природоустройства агроландшафтов//Мелиорация и водное хозяйство. 2005, №5.- С.40-47.
5. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. М.: Мысль, 1975. - 288 с.
6. Банников А. Г. Основы экологии и охрана среды. / -4-ое изд., перераб. И доп. – М.: Колос, 1999. – 304 с.
7. Баранов В.А. Экологическое устойчивое оптимальное развитие агроландшафтов// Программа перехода Саратовской области на модель устойчивого развития/саратовское отделение Российской экологической академии. Саратов, 1995. – С.112-114.
8. Баранов В.А. Экологическая устойчивость и оптимизация агроландшафтов и агроэкосистем/ Сб. науч.докл. Всерос, науч.-практ. Конф. «Агроэкология и охрана окружающей среды. Москва. 2001. – С.10-12.
9. Баранов В.А., Иванов А.В. Агроресурсные ландшафты Юго-Востока Европейской России: Структура, эволюция, оптимизация. – Саратов: Изд-во «Научная книга». – 2006. – 274с.
10. Баранов В.А. Теоретические основы экологической оптимизации ландшафта. // Сельское, лесное и водное хозяйство. – № 9.- Сентябрь 2012 [Электронный ресурс]. URL: <http://agro.snauka.ru/2012/09/520>
11. Бахирев Г.И. Способ оценки качества почвы/ Патент 2268461 Российская Федерация: МПК G01N 33/24. РФ//Б.И. 2006, № 2.- С.7.
12. Бахирев Г.И. К вопросу унификации понятий устойчивость и емкость агроландшафта/ Всероссийская научно-практическая конференция ГНУ ВНИИЗ и ЗПЭ «Сохранение и воспроизводство плодородия почв в адаптивно-ландшафтном земледелии», Курск, 13-15 сентября, 2011. – С. 31-35.

13. Бахирев Г.И. Ресурс пашни в экологически сбалансированном агроландшафте/Сб. информ.-технол. обеспечение АЛСЗ. Курск, 2012, с.41-45. Володин В.М., Еремина Р.Ф., Михайлова Н.Ф. Методика определения экологической емкости и биоэнергетического потенциала территории агроландшафта. Изд. Центр «ЮМЭКС». Курск, 2000. – 31с.
14. Варламов А.А., Волков С.Н. Повышение эффективности использования земли. -М.: Агропромиздат, 1991.
15. Володин В.М., Масютенко Н.П. Методика определения структуры энергopotенциала органического вещества почвы в агроландшафтах. Курск, 2000. – 29с.
16. Володин В.М., Масютенко Н.П., Еремина Р.Ф. Методика оптимизации структуры угодий в агроландшафте на биоэнергетической основе. Изд. Центр «ЮМЭКС». Курск, 2000. – 52с.
17. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-химической устойчивости почв к техногенным воздействиям. - М.: 1997.
18. Гродзинский М.Д. Методы оценки устойчивости геосистем к антропогенным воздействиям /М.Д.Гродзинский//Физическая география и геоморфология. - Гродзинский М.Д.-Вып.33.-С.32-38.
19. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. -260 с.
20. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв: учение об экологических функциях почв. М.: Изд-во Моск. ун-та – Наука, 2006. – 370 с.
21. Дре Ф. Экология. - М.: Атомиздат, 1976. –167 с.
22. Земледелие и рациональное природопользование / Под ред. В.П. Зволинского. Д.М. Хомякова. - М.: Изд-во МГУ, 1998.
23. Инженерная экология / Под ред. проф. В. Т. Медведева.- М.: Гардарики, 2002.
24. Иноземцев А.А., Щербаков Ю.А. Использование и охрана ландшафтов. - М: Росагропромиздаат, 1988.
25. Исаченко А.Г. Оптимизация природной среды. - М.: Мысль, 1980.

26. Каштанов А.Н., Щербаков А.П., Швебе Г.И. и др. Ландшафтное земледелие. Ч. I- II. - Курск: ВНИИЗиЗПЭ, 1993.
27. Каштанов А.Н. и др. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А.Н. Каштанов, В.Н. Лисецкий, Г.И. Швебе. - М.: Колос, 2009.
28. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. - М.: Изд-во МГУ, 1993. –184 с.
29. Карцев Г. А., Лука А.Н., Носов С.И. и др., Методические указания по проектированию противоэрозионной организации территории при внутрихозяйственном землеустройстве в зонах проявления водной эрозии. 1989.- 79 с.
30. Кирюшин В.И. Экологические основы земледелия. - М.: Колос, 1996.
31. Клементова Е.Н., Гейниге В. Оценка экологической устойчивости сельскохозяйственного ландшафта// Мелиорация и водное хозяйство. -.1995. - №5. С.33-34.
32. Ковалев Н.Г., Ходырев А.А., Иванов Д.А., Тюлин В.А. Агрорландшафтоведение. Москва – Тверь, 2004, 490 с.
33. Красилов В.А. Охрана природы: принципы, проблемы, приоритеты. - М.: Ин-т охраны природы, 2010.
34. Ландшафтное земледелие (Вопросы теории, методики исследования и агроэкологического мониторинга ландшафтных систем земледелия). Под редакцией Г.А. Романенко и А.Н. Каштанова. – М.: РАСХН, 1994. – 92с.
35. Ландшафтное земледелие. Часть 1. Концепция формирования высокопродуктивных экологически устойчивых агроландшафтов и совершенствования систем земледелия на ландшафтной основе. – ВНИИЗиЗПЭ, Курск, 1993. – 100 с.
36. Линкина А.В., Лопырев М.И. Состав и соотношение земельных угодий в экологических ландшафтных системах земледелия Центрального Черноземья. Воронеж, ВГУ, 2012, 20 с.
37. Лопырев М.И. Основы агроландшафтоведения. Воронеж, ВГУ, 1995, 181с.

38. Методика оптимизации структуры угодий в агроландшафте на энергетической основе /Володин В.М., Масютенко Н.П., Еремина Р.Ф. - РАСХН ВНИИЗиЗПЭ. – Курск: Издательский центр. ЮМЕКС, 2000. –52 с.
39. Милащенко Н.З., Соколов О.А., Брайсон Т., Черников В.А. Устойчивое развитие агроландшафтов. Пушино, 2000, т.1 - 314 с.
40. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса, М, Прогресс, 1986.
41. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М., «Мысль», 1990, 637 с.
42. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., Россия молодая, 1994, 367 с.
43. Смагин А.В. К теории устойчивости почв//Почвоведение, 1994, №12, С.26-33.
44. Скалабан В.Д. Информационная основа организации устойчивого экологически сбалансированного землепользования//Проблемы региональной экологии. М., 2007, №5, с.79-83.
45. Сельскохозяйственная экология /Н.А. Уразаев, А.А. Вакунин, А.В. Никитин и др. - М.: Колос, 2000. -304 с.
46. Сухановский Ю.П., Бахирев Г.И., Здоровцов И.П. Модель управления эрозионными процессами в агроландшафтах. Курск. ВНИИЗиЗПЭ.-2004.- 35 с.
47. Фокин А.Д. Устойчивость почв и наземных экосистем: подходы к систематизации понятий и оценке/ Известия ТСХА, вып.2, 1995. С.71-85.
48. Фрид А.С., Королева И.Е. Ресурсы и процессы, определяющие плодородие/ Научные основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий России и формирования систем воспроизводства их плодородия в адаптивно-ландшафтном земледелии: Т. 1. Теоретические и методические основы предотвращения деградации почв (земель) сельскохозяйственных угодий. Коллективная монография. — М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2013. —С.9-13.
49. Экологические основы повышения устойчивости и продуктивности агроландшафтных систем. // Сборник научных трудов (под ред. Н.В. Парахина) - Орёл: Орловский ГАУ, 2001, С. 70 - 84.

50. Экологические основы рационального землепользования - М., Рос-сельхозакадемия, 1994.
51. Dawson T, Fry R. (1998) Agriculture in nature's image. TREE 13:50-51.
52. Dore T., Makowski E., Munier-Jolain, Tchamitchian M., Tittone P. (2011) Facing up to the paradigm of ecological intensification in agronomy: revisiting methods, concepts and knowledge. Eur J. Agron. doi: 10.1016/j.eja. 2011.02.006.
53. Fresco L.O., Kroonenberg S.B. (1992) Time and spatial scales in ecological sustainability. Land Use Policy 9(3):155-168.
54. Holling C.S. (1973) Resilience and stability of ecological systems. Annu Rev. Ecol. Syst. 4:1-23.
55. Leakey R.R. (1999) Agroforestry for biodiversity in farming systems. In: Collins and Qualset (Eds.) Biodiversity in agroecosystems. CRC Press: Florida. Pp. 127-146.
56. Lefroy E.C., Hobbs R.J., O'Connor M.H., Pate J.S. (1999) Agriculture as a mimic of natural ecosystems. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Vol. 37. Kluwer Acad. Pub, Netherlands.
57. Malezieux E. Designing cropping systems from nature/Agronomy for Sustainable Development. 2012, №32.- P15-29.
58. McNeely J.A., Scherr S.J. (2003) Ecoagriculture: strategies to feed the world and save wild biodiversity. Island Press, Washington, DC.
59. B.R. Stinner, G.G. Lorenzoni and Maurizio G. Paoletti. Agricultural ecology and the environment, 27 (1989) P.1-2.
60. Walker B., Holling C.S., Carpenter S.R., Kinzig A. (2004) Resilience, adaptability and transformability in social-ecological systems. Ecol. Soc. 9(2):5-24.
61. Wesel A., Bellon S., Dort T., Francis C., Vallod D., David C. (2009) Agroecology as a science, a movement and a practice. A review. Agron Sust Dev. 29:503-515.
62. Westman W.E. (1978) Measuring the inertia and resilience of ecosystems. Bioscience.- 28(11):705-710.

Научное издание

Система оценки устойчивости агроландшафтов для формирования экологически сбалансированных агроландшафтов. - Курск: ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2013.- 50 с.

Авторский коллектив: Масютенко Н.П., д.с.-х.н.; Чуян Н.А., д.с.-х.н.; Бахирев Г.И., к.с.-х.н.; Кузнецов А.В., к.с.-х.н.; Брескина Г.М., к.с.-х.н.; Дубовик Е.В., к.с.-х.н.; Масютенко М.Н., Панкова Т.И., к.б.н., Калужский А.Г., к.с.-х.н.

Заказ № 109 от 17 октября 2013 г.

Тираж 150 экз.

Подписано в печать 24.10.2013 г.

Отпечатано ООО «ТОП»

305016, г. Курск, ул. Советская. 15а