

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
(Н И У « Б е л Г У »)

ФАКУЛЬТЕТ ГОРНОГО ДЕЛА И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ
КАФЕДРА ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА

**ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОГО РИСКА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
РЕГИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ**

Выпускная квалификационная работа
обучающегося по направлению подготовки
21.03.02 Землеустройство и кадастры
очной формы обучения, группы 81001304
Чупрынина Константина Олеговича

Научный руководитель:
к.г.н., доцент Нарожняя А.Г.

БЕЛГОРОД 2017

СОДЕРЖАНИЕ

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ И БОРЬБЕ С НЕЙ	6
1.1. Водная эрозия почв.....	6
1.2. Противозэрозийные мероприятия	9
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	16
2.1. Характеристика территории исследования.....	16
2.1.1. Факторы ландшафтообразования и почвообразования.....	16
2.1.2. Характеристика почв исследуемой территории.....	22
2.1.3. Структура земельного фонда и угодий Белгородской области.....	24
2.2. Методика анализа факторов эрозионного риска и типизации по ним..	25
3. ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОГО РИСКА ДЛЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	33
3.1 Анализ факторов развития эрозии	33
3.1.1. Фактор эродированности почв	33
3.1.2. Рельефный фактор.....	38
3.1.3. Фактор дождя.....	40
3.1.4. Фактор севооборота	41
3.2. Типизация эрозионных рисков на территории Белгородской области.	42
3.3. Рекомендации использования земель с учетом эрозионного риска.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	52
ПРИЛОЖЕНИЕ	58

НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА

1. Российская Федерация. Законы. Земельный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 01.01.2017). – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/.

2. Российская Федерация. Законы. Об обороте земель сельскохозяйственного назначения: федеральный Закон от 24.07.2002 г. № 101-ФЗ (ред. от 01.01.2017). – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_37816/.

3. Российская Федерация. Правительство. Положение о порядке консервации земель с изъятием их из оборота: Постановление Правительства РФ от 02.10.2002 г. № 830. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_39601/.

ВВЕДЕНИЕ

В современный период в сельскохозяйственное производство вовлекаются огромные территории, а рост численности населения требует большее количество продукции. Увеличение обрабатываемых площадей может решить эту проблему, но во многих регионах такой подход невозможен. В связи с этим необходимо повышать плодородие почв. Именно поэтому важной задачей становится разработка стратегии защиты почв, в т.ч. от воздействия эрозионных процессов. Поэтому важно знать наиболее потенциально эрозионно-опасные участки.

Объектом выпускной квалификационной работы являются почвы Белгородской области, подверженные водной эрозии. **Предметом** – оценка эрозионного риска для почв.

Цель – провести оценку эрозионного риска для почв с целью разработки региональной схемы противоэрозионных мероприятий.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**:

- проанализировать имеющиеся представления о развитии эрозионных процессов и борьбе с ними;
- охарактеризовать почвы Белгородской области в увязке с факторами, влияющими на развитие эрозионных процессов;
- разработать методику типизации территории с использованием факторов эрозионного риска;
- провести типизацию эрозионного риска для почв Белгородской области;
- разработать рекомендации рационального использования типов с учетом их эрозионного риска.

В работе использованы следующие **методы**: геоинформационного анализа, статистические, сравнительный, анализа литературных источников.

При написании проекта применены фондовые материалы: почвенные очерки районов Белгородской области, почвенная карта М 1:200000, составленная В.Д. Соловиченко на основе почвенных обследований 1965-1980 гг., выполненных Белгородским филиалом института ЦЧО Гипрозем. Также была использована топографическая карта М 1:200000 и космические снимки среднего пространственного разрешения MODIS и информационного продукты на их основе: MOD13Q1 (Vegetation Indices).

Практическая значимость работы. Полученные в рамках выполнения работы данные могут быть использованы при составлении схемы противоэрозионных мероприятий муниципального образования или в целом для территории Белгородской области.

Структура выпускной квалификационной работы. Выпускная квалификационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, приложения.

1. РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ И БОРЬБЕ С НЕЙ

1.1. Водная эрозия почв

Исследования показывают, что каждый второй гектар пашни Белгородской области эродирован [36].

Исследователи [21; 26] указывают, что эрозия почв – это смыв и размыв, транспорт и аккумуляция почв и грунтов поверхностными пластово-струйчатыми склоновыми потоками. Основные свойства этого процесса определяются законами движения воды, сопротивления подстилающего субстрата разрушению и морфологией склонов.

Эрозия почв - это социальное явление, продукт жизнедеятельности общества. Природные же факторы являются, как правило, не причиной эрозионных процессов, а предпосылками, при наличии которых возможно возникновение и развитие эрозии почв под воздействием человека [6].

Эрозия может иметь плоскостной или линейный вид.

Плоскостной эрозией называется процесс, при котором смыв почвы имеет площадной характер, а линейной – процесс, при котором смывание почвы происходит с образованием промоин и рытвин, расположенных в местах прохождения поверхностных водных потоков.

Плоскостная эрозия влечет за собой снижение плодородия на полях. Водные потоки, стекая по поверхности почвы, уносят с собой некоторое количество почвенных частиц, транспортируя их в ближайшие ручьи или реки. С увеличением интенсивности стока уносятся все более ценные фракции, остается песок. При этом ухудшаются водно-физические свойства почвы, снижается плодородие, из почвы вымываются полезные вещества. При высокой степени эродированности почвенный слой может быть смыт вплоть до материнской породы, могут оголиться подпочвенные слои, образуя

непригодные для сельскохозяйственной обработки территории.

Сила плоскостной эрозии серьезно зависит от рельефа той территории, на которой этот процесс происходит. Она проявляется тем сильнее, чем круче уклоны поверхности. Кроме того она зависит от водопроницаемости почвенных горизонтов, интенсивности дождей, и площади формирования склонового стока.

Интенсивность смыва в решающей степени зависит от состояния поверхности почвы. Так на залуженных и залесенных участках смыв значительно слабее смыва на распаханых участках, в особенности участках на которых распашка проведена вдоль склона. На интенсивность эрозии влияет влажность почвы и степень ее распыленности. Так, менее влажные почвы легче смываются или сносятся ветром, поэтому склоны южных и западных экспозиций зачастую смыты больше, чем склоны северных или восточных экспозиций.

Линейная эрозия влечет за собой образование оврагов, рытвин и траншей, которые уменьшают площадь сельскохозяйственных угодий и приводят к мелкоконтурности.

При наличии борозд и рытвин, участвующих в формировании поверхностного стока, воздействие воды на почву возрастает. Сосредоточенные нисходящие потоки воды сильнее размывают почву, образуя рытвины и траншеи, которые постепенно, дождь за дождем, развиваются и углубляются, превращаясь в овраги. Если овраг вовремя не закрепить, он будет расти при паводках, продвигаясь по склону. Поток воды усиливается, размывает дно и углубляет овраг, при этом его откосы теряют устойчивость и разрушаются. Продукты эрозии со склонов выносятся в низовье оврага, где отлагаются в виде шлейфа.

В естественных условиях рост оврага прекращается тогда, когда уменьшается поступление воды или русло углубляется в неразмывные грунты, а откосы становятся устойчивыми для данного грунта. Такой овраг постепенно покрывается растительностью и превращается в балку.

Овраги, в свою очередь, приносят серьезный вред сельскому хозяйству по следующим причинам: под ними пропадает большое количество пахотных земель, овраги рассекают поля, мешая выгодно использовать сельскохозяйственную технику, овраги дренируют территорию, понижая этим самым уровень грунтовых вод и иссушение почв. Кроме того, в зимний период в них сносится большое количество снега, ухудшая влагообеспеченность полей, овражные воды зачастую мутные загрязняют и заиливают реки и поймы.

Можно сказать, что вопрос о последствиях, обусловленных эрозией, является одним из наиболее разработанных. М.Н. Заславский [13] подробно описывает все негативные экологические последствия эрозии почв:

- расчленение территории оврагами и размоинами;
- потери почвы со слабосмытых почв - 1-2 тыс. т/га, среднесмытых - 3-4 тыс. т/га, сильносмытых - 5-6 тыс. т/га;
- отрицательный баланс гумуса;
- вынос питательных элементов;
- вторичная карбонатизация почв;
- увеличение рН и связывание фосфора;
- физическая деградация почв;
- деградация почвенной биоты;
- падение бонитета почв;
- аридизация почв
- эрозионная засуха;
- неблагоприятная трансформация структуры почвенного покрова;
- заиливание прудов, озер и водохранилищ;
- фундаментальная дисгармония биосферы.

При этом хозяйственная деятельность является и причиной эрозии и ее фактором.

Факторы эрозии можно разделить на две группы [6]. Первая группа - факторы, формирующие склоновый сток: климат (режим, количество и

энергия осадков, температурный режим почвы, воздуха и др.) и геоморфологические параметры местности, ее рельеф. Вторая группа - факторы, способствующие изменению сопротивляемости почвы к смыву: параметры эрозионной стойкости почвы (факторы почвы), степень защиты растительностью, хозяйственная деятельность человека. От соотношения воздействия этих двух групп факторов и зависит, в конечном счете, интенсивность эрозионных процессов.

1.2. Противозэрозионные мероприятия

На современном этапе важнейшей задачей в противозэрозионной мелиорации является совершенствование и адаптация моделей эрозии для обоснования противозэрозионных мероприятий [11, 47].

Вторым важным направлением противозэрозионной мелиорации является типизация земель, вопросов которой касаются многие авторы [1, 5, 14, 17, 19, 20, 27, 28, 35,].

В общем смысле агроэкологическая типизация земель сводится к выделению групп земель, т. е. территорий однородных по агроэкологическим требованиям возделывания сельскохозяйственной культуры или группы близких культур. Эта категория рассматривается как узловая с точки зрения адаптивного потенциала растений, природно-ресурсного потенциала и производственного потенциала товаропроизводителя.

Тип земель складывается из первичных структурных элементов - элементарных ареалов агроландшафта (ЭАА). Под ЭАА понимается участок на элементе мезорельефа, ограниченный элементарным почвенным ареалом (или элементарной почвенной структурой) при одинаковых геологических, литологических, гидрологических и других условиях.

Выделение агроэкологических групп земель осуществляется по ведущим агроэкологическим факторам, определяющим направление их

сельскохозяйственного использования (влагообеспеченность, переувлажнение, засоление, почвенный литогенез и др.). Агроэкологические группы земель могут разделяться на подгруппы по интенсивности проявления лимитирующих факторов. Применительно к типам земель разрабатываются пакеты технологий возделывания сельскохозяйственных культур, варианты севооборотов, определяются мелиоративные мероприятия [1].

Агроэкологические группы необходимы для дальнейшего определения концептуальных моделей, по которым должно вестись обустройство территории с учетом климатологических, ландшафтных условий и типов условий местообитаний для каждого ландшафтного выдела (вида местности), а иногда и для отдельных фаций.

Использование агроэкологических групп при проектировании агроландшафтов позволяет выделять рабочие участки, которые на пахотных землях занимают наиболее однородные местообитания, то есть один или наиболее сходные типы условий произрастания. То же относится и к площадям залужения и облесения, на которых для каждого местообитания подбираются оптимальные травосмеси или состав древесных и кустарниковых пород, а для пахотных земель - оптимальные наборы культур и сортов для каждого типа условий произрастания. Отсюда следует, что выделение рабочих участков и участков залужения (облесения) необходимо проводить, придерживаясь следующих критериев [15]:

1. Границы ландшафтных полос (участков) проходят по линиям перегибов склонов так, чтобы в пределах одного участка склон имел простую форму (выпукло-вогнутую или вогнуто-выпуклую). Если граница почв или пород зоны аэрации (подстилающих пород) с разными коэффициентами фильтрации не совпадает с линиями перегиба склона, то она также является границей ландшафтной полосы.

2. В пределах ландшафтной полосы крутизна склона должна быть примерно одинаковой. Отклонения допускаются в пределах от 0,5 до 3° в зависимости от среднего уклона.

3. В пределах участка степень смытости почв должна быть одинаковой.

4. В пределах участка почвы относятся к одной агропроизводственной группе тип и мощность почвообразующих и подстилающих пород, глубина залегания водоупорных горизонтов, величина коэффициента фильтрации покровных отложений должны быть однородными в пределах участка.

5. Во всех частях ландшафтной полосы должен быть одинаковый характер микрорельефа, в особенности эрозионного генезиса.

6. Каждый выделенный участок должен быть расположен преимущественно на склоне одной экспозиции, а если это затруднено, то на двух смежных (север и северо-запад, юг и юго-восток и т.д.) в связи с различиями интенсивности солнечной радиации на склонах разной экспозиции, а значит и с условиями роста и развития растений, интенсивностью испарения влаги из почвы, микробиологических и биологических процессов.

В результате дифференцированного использования земельных ресурсов достигается качественно новый уровень разнообразия агроэкосистем, что обеспечивает устойчивость их функционирования.

Выделенные группы земель должны использоваться в системе контурно-мелиоративного землеустройства, при котором большое значение имеет закрепление на местности контурных границ полей, рабочих участков, которые одновременно являются направляющими линиями для проведения всех операций, особенно при обработке почвы [18, 43]. В качестве таких границ могут выступать дороги, лесные полосы, гидромелиоративные сооружения.

Система лесных насаждений способствует уменьшению эрозии почв и загрязнения водного и воздушного бассейнов, улучшению гидротермического режима территории, предохраняет сельскохозяйственные угодья от засух, и суховеев. В наибольшей мере мелиорирующее воздействие лесных насаждений на сельскохозяйственные объекты обеспечивается системным проявлением защитных функций всеми лесными насаждениями в

соответствии с их назначением [3].

В системах лесных насаждений особенно большие требования предъявляются к лесополосам на пашне. Они должны обеспечивать уменьшение стока и смыва почвы, улучшать гидрометеорологический режим межполосных пространств, закреплять границы полей с учетом обеспечения наименьшего проявления эрозии почв при обработке почвы, культивации, посеве сельскохозяйственных культур. Правильное размещение лесных полос на склонах во многом обуславливает эффективность всего противоэрозионного комплекса на водосборной площади [18].

Усиливают противоэрозионные функции лесных полос при помощи простейших земляных сооружений – валов различных типов, которые будут регулировать и рационально использовать сток талых и ливневых вод в условиях сложного рельефа. В ложбинах сооружают перемычки, распылители стока, вершинные водозадерживающие валы, водосборные и донные сооружения, пруды и водоемы.

Для каждого выбранного и закрепленного контура подбирается набор культур в соответствии с почвозащитной способностью. Наибольшей почвозащитной способностью обладают многолетние травы, особенно бобово-злаковые травосмеси, на втором месте озимые колосовые, на третьем – яровые зерновые колосовые, на четвертом – пропашные культуры на посевах которых эрозионные процессы протекают в течение всей вегетации, и, наконец, наиболее эрозионноопасный фон создается на черном пару, где, начиная с осени до посева озимых в следующем году, почва не защищена ни растениями, ни их остатками [27].

Таким образом, почвозащитная эффективность севооборота снижается по мере увеличения количества пропашных культур, и, наоборот, повышается при возрастании доли культур сплошного сева, особенно многолетних трав. Поэтому при разработке контурно-мелиоративного земледелия большая роль принадлежит правильному построению севооборотов.

Данные М.Н. Заславского [13], О.Г. Котляровой [19] свидетельствуют, что снижение урожайности на склонах связано с их эродированностью. И только благодаря правильному дифференцированному размещению культур в севооборотах на водоразделах и склонах различной крутизны и степени смытости можно достичь наибольшего биологического потенциала культур. На неэродированных почвах размещаются севообороты слабого почвоохранного влияния с насыщением их наиболее ценными пропашными и зерновыми культурами, с введением чистых паров; на слабосмытых почвах крутизной до 5° - севообороты умеренного почвоохранного значения с заменой чистых паров занятыми, исключением пропашных культур; на средне- и сильносмытых землях пахотных угодий - почвозащитные севообороты, в которых удельный вес многолетних трав может быть доведен до 50 и более процентов; на сенокосах и пастбищах - лугопастбищные севообороты усиленного почвозащитного действия. В регионах с пересеченной местностью, интенсивным развитием водной и ветровой эрозии почв одной из важнейших задач госсортоучастков является подбор наиболее продуктивных и экологически устойчивых сортов для склонов различной степени смытости и эродированности.

К агротехническим противоэрозионным мероприятиям можно отнести глубокую зяблевую обработку, вспашку поперек склона и по контуру, искусственный микрорельеф, щелевание почв, плоскорезную обработку, мульчирование, заашку соломы в почву, регулирование снеготаяния.

В результате количественной оценки эффективности агротехнических приемов, проведенной Г.П. Сурмачем и А. И. Крупчатниковым разработаны коэффициенты их почвозащитного влияния (табл. 1.1), которые используются при проектировании комплекса противоэрозионных мероприятий.

Таблица 1.1

Коэффициенты противоэрозионного влияния агротехнических приемов [3]

Наименование приемов	Черноземы			Серые лесные почвы		
	Несмытые и слабо-смытые	Средне-смытые	Сильно-смытые	Несмытые и слабо-смытые	Средне-смытые	Сильно-смытые
Глубокая зяблевая вспашка	0,88	0,88	0,88	0,83	0,83	0,83
Микрорельеф	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Плоскорезная обработка	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Узкорядный сев	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Удобрения	0,80	0,75	0,70	0,75	0,70	0,65
Щелевание	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Снегозадержание	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Исходя из данных табл. 1.1, можно сказать, что наиболее эффективными методами являются создание микрорельефов и плоскорезная обработка.

Таким образом, агротехнические противоэрозионные мероприятия способствуют увеличению противоэрозионной стойкости и впитывающей способности почв, равномерному увлажнению почвы, сокращению объема и интенсивности стока и смыва, предотвращению концентрации стока на пашне, созданию условий для безопасного сброса избытка талой или дождевой воды и снижению смыва почвы до экологически допустимых значений.

Система удобрений в ландшафтном контурно-мелиоративном земледелии проектируется на полную ротацию севооборота для каждого агроландшафтного контура с однородным уровнем плодородия [43].

В условиях интенсификации земледелия особое значение приобретает разработка и совершенствование зональных систем обработки почвы, отвечающих требованиям высокоэффективной защиты почв от эрозии, повышению плодородия, максимального накопления и сохранения влаги за счет регулирования стока талых вод, создания оптимальных условий для сельскохозяйственных культур и увеличения их урожайности [19].

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что выбор антропогенных воздействий, способных привести к созданию оптимального культурного ландшафта, - основная задача пространственного проектирования, и она не может быть решена без учета специфики каждого комплекса. Каждый участок местности необходимо подвергнуть тщательному всестороннему анализу и оценке, по результатам которых принимают наиболее оптимальное решение.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Характеристика территории исследования

Объектом исследования служат почвы, подверженные водной эрозии, на территории Белгородской области. Природные условия, в которых развивались эти почвы, обусловлены в первую очередь географическим положением области в степной и лесостепной зонах Среднерусской возвышенности. На севере территория области граничит с Курской, на востоке – с Воронежской областями РФ, на юге – с Харьковской, а на западе – с Сумской областями Украины. Площадь области составляет 2713,4 тыс. га.

Образование почв происходит в результате взаимодействия природных и антропогенного факторов. К природным факторам относят почвообразующие породы, рельеф, растительность, климат и возраст почв.

2.1.1. Факторы ландшафтообразования и почвообразования

Почвообразующие породы

Наиболее распространенными почвообразующими породами в Белгородской области являются лессовидные суглинки и глины, менее распространены лессы, третичные глины, элювиальные отложения мела, аллювиальные и делювиальные отложения, пески и супеси [41].

Лессовидные суглинки распространены на территории области повсеместно, а их общая площадь составляет 2195,5 тыс. га.

На западе мощность их залегания достигает 15 м. К юго-востоку постепенно снижается до 5-10 м. На склонах южных экспозиций зачастую лессовидные породы полностью смыты. По механическому составу они, в основном, тяжело- и среднесуглинистые.

Лессовидные породы обладают благоприятными агрономическими свойствами и на них сформировались наиболее плодородные почвы области – это черноземы типичные, выщелоченные и обыкновенные.

Лессы имеют небольшую площадь (7,3 тыс. га) и располагаются в Ракитянском, Краснояружском и Борисовском районах. Механический состав представлен средними суглинками.

Элювиальные покровные карбонатные глины залегают в Старооскольском районе на границе с Воронежской областью. Они характеризуются легко- и среднеглинистым составом.

Пески и супеси распространены на территории в 59,9 тыс. га. Они являются породами водно-ледникового и речного происхождения. Это рыхлые, бесструктурные породы, лишённые водорастворимых солей и обладающие недостатком элементов питания. В механическом составе преобладает песчаная фракция. Пески и супеси – наименее ценные в агрономическом отношении породы, на которых образовались бедные почвы легкого механического состава.

Древнеаллювиальные отложения занимают 69,9 тыс. га. Это суглинистые и глинистые почвообразующие породы расположенные, как правило, на первой надпойменной террасе и являющиеся древними продуктами отложения рек. Близкое залегание грунтовых вод способствует оглеению почвообразующей породы. На таких почвах формируются черноземно-луговые и лугово-черноземные почвы высокого естественного плодородия.

Современные аллювиальные отложения расположены в поймах рек на площади в 129,9 тыс. га. Они являются массой почвообразующих и подстилающих пород, а также почвенных частиц, смываемых талыми и дождевыми водами со склонов водоразделов. Механический состав имеет диапазон от песчаного до легкоглинистого. На этих породах образовались луговые почвы разной степени оглеения.

Рельеф

Белгородская область расположена на Среднерусской возвышенности и представляет собой повышенную равнину, приподнятую на севере и имеющую слабовыраженные уклоны на запад – юго-запад и восток – юго-восток.

Главный водораздел простирается с северо-востока на юго-запад и делит собой речные системы Дона и Днепра. Один из склонов длинный и более пологий – западный, а второй – восточный – относительно короткий. Максимальная абсолютная отметка расположена у истоков р. Осколец вблизи с. Истобное – 277,2 м над уровнем моря [24].

По характеру рельефа на территории области выделяется пять типов местности: плакорный, склоновый, надпойменно-террасовый, пойменный и зандровый.

Плакорный тип местности чаще всего встречается на западе. Его рельеф характеризуется мягкими очертаниями и лишь местами усложнен ложбинами стока.

На территории области преобладает склоновый тип местности, занимающий 13131 км² или 48% площади области [44]. Около 36 % площади земель области располагаются на склонах крутизной более 3° [29]. Расчлененный рельеф и эродированность почв обусловили многообразие почв и сложность почвенного покрова на склоновом типе местности.

Значительное развитие в границах области получила долинно-балочная сеть, густота которой колеблется в пределах 0,8-1,2 км/км² [30]. Наиболее расчленены восточные и юго-восточные районы области. Балки имеют плоские днища и мягкие очертания. Длина балок колеблется от нескольких сот метров до нескольких километров. На 74 % территории значения плотности эрозионной сети колеблется от 0,4 до 0,8 ед./км² [31]. В пределах 18 % территории этот показатель составляет 1-1,2 ед./км².

На территории области много речных долин. Как правило, реки имеют пойму и две-три надпойменные террасы – террасовый тип местности.

В целом равнинный характер рельефа, благоприятные климатические условия и высокое естественное плодородие способствуют интенсивному сельскохозяйственному использованию территорий области. В то же время широкое распространение овражно-балочной сети способствует развитию процессов эрозии почв, что в свою очередь приводит к деградации почв, снижению плодородия и урожайности.

На разных элементах рельефа в связи с неодинаковым поступлением тепла и влаги формируются различные почвы: на плато располагаются неэродированные почвы, на склонах по мере увеличения крутизны залегают слабо-, средне- и сильносмывные почвы, в понижениях сформировались выщелоченные и переувлажненные почвы.

Климат

Территория области характеризуется умеренно-континентальным климатом с теплым летом и сравнительно холодной зимой. Континентальность климата растет в направлении с северо-запада на юго-восток. На территории области две природные зоны – лесостепная и степная. Средняя годовая температура воздуха колеблется от +6,3 °С до +7,5 °С, возрастающая с севера на юг. Средняя температура января колеблется в диапазоне от -5,8 °С до -6,9 °С [10]. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет -38 °С. Средняя температура июля варьирует в пределах от +19,4 °С до +20,7 °С. Летний абсолютный максимум воздуха достиг отметки в +43 °С.

Снеготаяние и размерзание почвы наступает 25 марта, а начало замерзания 12 ноября. Продолжительность периода с положительной средней температурой воздуха составляет 225-237 дней, с температурой выше 5 °С – 186-197 дней, а с температурой выше 10 °С от 156 до 164 дней в зависимости от стороны света с увеличением продолжительности этого периода от северо-запада к юго-востоку. Сумма активных температур составляет около 2500-2900 °С.

Осадки по территории области распределяются неравномерно и их среднегодовое количество колеблется в пределах от 380 до 420 мм [25]. Наибольшее количество выпадает на северо-западе, наименьшее – на юго-востоке. Летние осадки выпадают в основном в виде ливней, что способствует развитию эрозии.

Зима продолжительная, снежный покров лежит от 90 до 110 дней. Средняя максимальная высота его колеблется от 20 до 26 см.

Климат оказывает серьезное влияние на формирование почвенного профиля, определяя все проходящие в почве процессы. Наличие сухих периодов времени, промерзание почвы, умеренное увлажнение способствуют частичной консервации органического вещества, гумификации и образованию плодородных черноземов. Для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур комплекс мероприятий должен быть направлен на регулирование поверхностного стока воды и борьбу с эрозией почв.

Растительный, животный и микробиологический мир почв

Растительный покров лесостепной и степной природных зон области разнообразен и представлен травяными и лесными сообществами. В геоботаническом отношении северо-запад области входит в Курский округ дубрав и дерновинно-разнотравных степей Среднерусской лесостепной провинции, юго-восток – в Павловский округ ковыльных и ковыльно-типчаковых степей Южнорусской степной провинции. В лесостепной зоне области в прошлом господствовали разнотравно-луговые или ковыльно-типчаково-разнотравные и осоковые степи, в степной – ковыльно-типчаковые. В настоящее время степи освоены в пашню. Оставшиеся участки степей располагаются на склонах балок, непригодных для распашки. Участки разнотравно-луговой степи в ее первозданном виде сохранились в заповедниках Ямской и Вейделевской степей. Основу растительного покрова составляют дерновинные злаки и двудольные растения.

В степной зоне на месте ковыльных степей появились среднесбитые типчаковые их модификации. После отмирания луговые травы оставляют большое количество растительных остатков с богатым зольным составом. В результате здесь образуются мощные высокогумусные черноземы типичные и выщелоченные, где запасы гумуса достигают 500 т/га. В засушливых условиях степи, где травостой ниже и значительно реже, мощность гумусового горизонта значительно меньше. В таких условиях формируются черноземы обыкновенные.

Сенокосные угодья располагаются в поймах рек и представлены луговой растительностью, образовавшейся на почвах разной степени оглеения.

Естественные леса занимают 10,4 % территории области [41]. На водораздельных пространствах леса состоят в основном из дубрав. Под лесной растительностью бедной зольным составом опада образуются темно-серые и серые лесостепные почвы, черноземы оподзоленные с характерными признаками элювиального и иллювиального горизонтов.

Животный мир оказывает существенное влияние на образование почв и накопление гумуса. Особое влияние на улучшение физических и химических свойств почвы оказывают дождевые черви, их роль в образовании структуры почвы незаменима. Большое влияние оказывают мыши, хомяки, сурки и суслики. Повсеместно встречаются площади черноземов типичных, обыкновенных, перерытых настолько, что невозможно различить границы почвенных горизонтов.

Микробиологический мир почв сложный, обильный и многообразный. В почве развиваются различные группы микроорганизмов и водоросли. Масса микроорганизмов составляет до 7-8 т/га [41]. Содержание микрофауны и ее активность зависят от тепла, влаги, пищи и генетических особенностей почвы. Она способствует процессам гумусообразования, обеспечения элементами питания, определяя уровень плодородия почв.

Возраст почв

Процесс почвообразования протекает со временем, а значит, разнообразие почв зависит от длительности и сложности пути их развития.

Каждый цикл почвообразования вносит некоторые изменения в превращение органических и минеральных веществ в почвенном профиле, поэтому временной фактор имеет большое значение в развитии и формировании почв.

Формирование лесостепи в Европейской части России произошло около 10 тыс. лет назад. В четвертичный период после отступления материкового ледника талые воды переносили и отлагали огромные массы наносов, на больших площадях образовались болотные пространства. В этих условиях произошла первая стадия эволюции почв – гидроморфное почвообразование. По мере поднятия территории в результате движения тектонических плит и спада уровня воды поверхность пород обсыхала, вследствие чего образовались лессовидные породы, на которых сформировался лугово-степной ландшафт с луговыми почвами. На следующих этапах сильное влияние оказала лесная растительность: березы и сосны, позже дубы, появляются широколиственные леса.

В среднем голоцене – 5-6 тыс. лет назад луговые почвы развиваются в черноземно-луговые, лугово-черноземные и черноземы. Под широколиственными лесами сформировались серые лесные глеевые и глееватые почвы, которые при определенных условиях, таких как снижение грунтовых вод или смена растительности на травянистую, превращались в черноземы.

2.1.2. Характеристика почв исследуемой территории

Нами для определения смываемости почвы и дальнейшей типизации территории по экологическому риску была скорректирована отвекторизованная ранее в рамках НИРС под руководством Л.Г. Смирновой,

карта М 1:200000, составленная В.Д. Соловиченко на основе почвенных обследований 1965-1980 гг., выполненных Белгородским филиалом института ЦЧО Гипрозем. В результате была получена почвенная карта почвенных структур с 3786 контурами, каждый из которых имеет характеристики, позволяющие идентифицировать тип почвы, гранулометрический состав, эродированность почв, мощность гумусового горизонта и степень гумусированности (рис. 2.1).

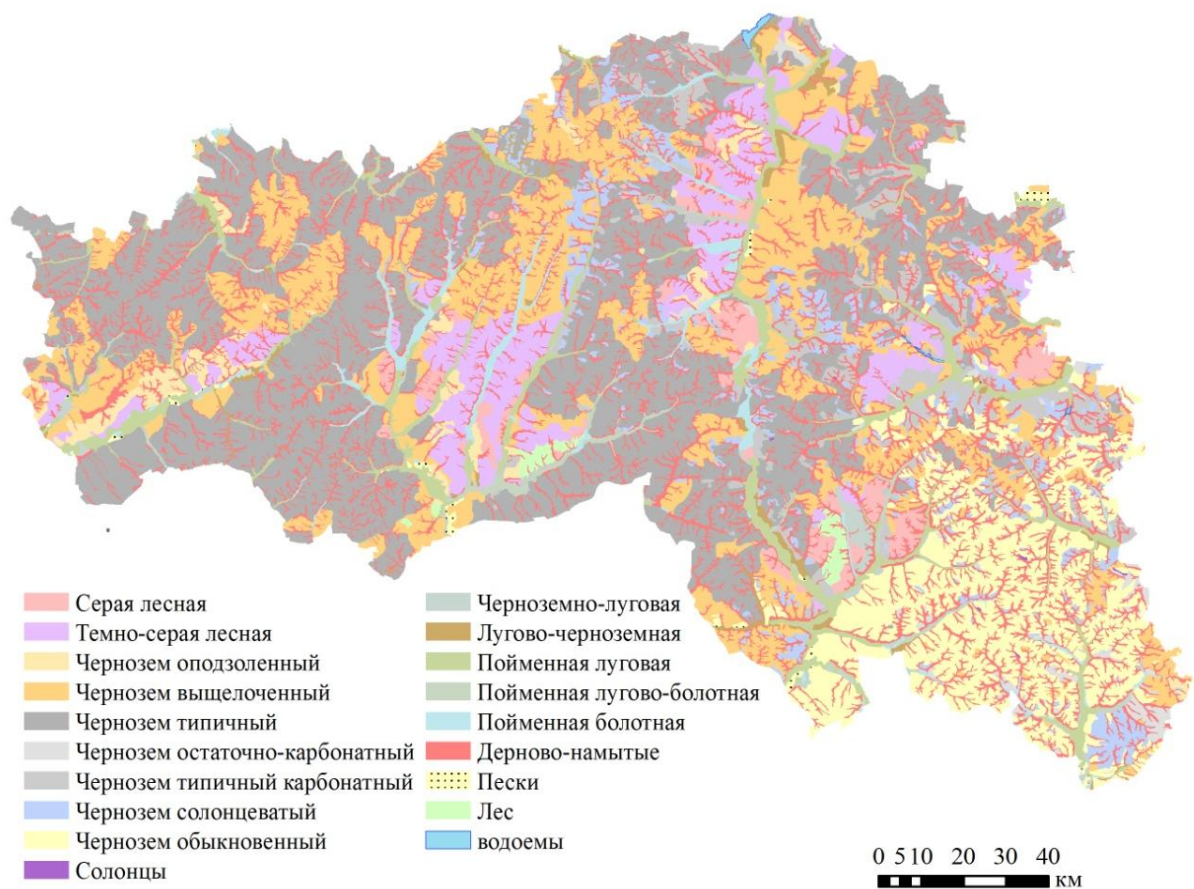


Рис. 2.1. Структура почвенного покрова Белгородской области.

На территории Белгородской области наиболее распространены черноземы, залегающие на водораздельных пространствах и балочных склонах. Общая площадь черноземов составляет 2090,8 тыс. га из них на склонах балок расположено 327,6 тыс. га. Среди черноземов преобладают типичные (979,1 тыс. га) и выщелоченные (631 тыс. га), за ними следуют

обыкновенные (318,9 тыс. га), остаточно-карбонатные (97,6 тыс. га) и оподзоленные (64,2 тыс. га).

Вторым по распространению является тип серых лесостепных почв, представленный серыми и темно-серыми лесостепными почвами (397,8 тыс. га). За ними следуют пойменные почвы (129,9 тыс. га), дерново-намытые (39,0 тыс. га), лугово-черноземные и черноземно-луговые (34,6 тыс. га), солонцы (4,4 тыс. га), пески (4,4 тыс. га).

Под водными объектами располагается 12,5 тыс. га территории Белгородской области.

2.1.3. Структура земельного фонда и угодий Белгородской области

Совокупность земель, находящихся в пределах Белгородской области, составляет земельный фонд области. Согласно законодательству и сложившейся практике, государственный учет земель осуществляется по категориям земель и земельным угодьям в установленном законом порядке.

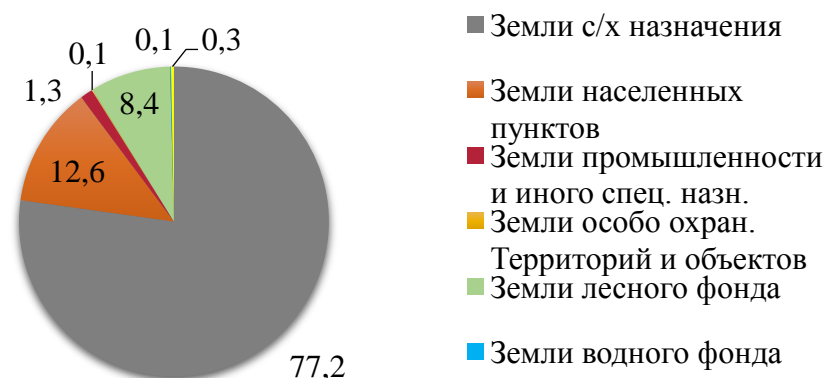


Рис. 2.2. Распределение земельного фонда Белгородской области по категориям по состоянию на 1 января 2015 г., %.

Большая часть территории области занята землями сельскохозяйственного назначения, площадь которых на 1 января 2015 года составила 2094,8 тыс. га (77,2 %) [12]. К данной категории отнесены земли,

предоставленные различным сельскохозяйственным предприятиям и организациям.

Так как Белгородская область расположена в регионе, благоприятном для ведения сельскохозяйственной деятельности, то большой удельный вес в структуре угодий занимают именно сельскохозяйственные угодья (табл. 2.1). Их площадь составляет 2136,7 тыс. га (78,8 %).

Таблица 2.1

Экспликация сельскохозяйственных угодий Белгородской области

Угодье	Площадь	
	тыс. га	%
Пашня	1647,4	77,1
Сенокосы	55,8	2,6
Пастбища	399,6	18,7
Многолетние насаждения	33,9	1,6

Значительные площади заняты лесами и лесонасаждениями, не входящими в лесной фонд – 12,3 %. Дороги и застроенные территории занимают 128,4 тыс. га (4,7 %).

Значительная доля сельхозугодий расположена на территории населенных пунктов (223,1 тыс. га). На землях других категорий сельскохозяйственные угодья занимают всего 13,6 тыс. га.

Таким образом, можно сказать, что в основном на территории области располагаются земли, используемые в сельскохозяйственном производстве, а значит, высокую ценность имеет плодородие почв и их состояние в целом. Следовательно, мероприятия по охране почв являются наиболее важными для области.

2.2. Методика анализа факторов эрозионного риска и типизации по ним

Для определения потенциального эрозионного риска для территории Белгородской области нами проанализированы факторы, входящие в

универсальное уравнение эрозии почв: эродируемость почвы, факторы дождя и растительности, а также фактор эрозионного потенциала рельефа.

Создание, анализ этих факторов происходил в программном комплексе ArcGIS 10.4, позволяющий одновременно работать с разными моделями данных (гридами, векторами), совершать межмодельные преобразования, оверлейные операции, типизацию растровых данных.

В качестве исходных данных для оценки эродируемости использована почвенная карта М 1:200000, подготовленная В.Д. Соловиченко. Ее векторизация была выполнена ранее под руководством проф. Л.Г.Смирновой. Нами для каждой почвы рассчитан коэффициент эродируемости почв по формуле, предложенной Г. А. Ларионовым [22]:

$$P = \{ 16,67 \times 10^{-6} \times [f \times (100 - e)]^{1,14} \times (12 - a) + 0,25 \times (b - 2) + 0,193(4 - c) \} \times d, \quad (2.1)$$

где f – содержание фракции 0,1-0,001 мм, %; e – содержание фракции <0,001 мм, %; a – содержание гумуса, %; b – класс структуры почвы; c – класс водопроницаемости почвы; d – поправочный коэффициент на каменистость почвы [23].

Данные о содержании фракций, входящих в формулу (2.1), определяются по гранулометрическому составу почвы. По классификации Н.А. Качинского не все размеры частиц, необходимые для определения эродируемости, выделены в отдельные фракции. Например, частицы размером от 0,1 до 0,05 мм входят во фракцию 0,25-0,05 мм. Исследования [16] показали, что содержание частиц 0,1-0,05 мм во фракции 0,25-0,05 мм зависит от почвообразующей породы и ее гранулометрического состава. В качестве первого приближения можно пользоваться табл. 2.2 для определения доли частиц размером 0,1-0,05 мм во фракции 0,25-0,05 мм в зависимости от почвообразующей породы и ее гранулометрического состава.

Таблица 2.2

Зависимость содержания частиц 0,1-0,05 мм во фракции 0,25-0,05 от гранулометрического состава

Почвообразующая порода	Гранулометрический состав	Содержание частиц 0,1-0,05 мм (Д)
Покровные отложения	Суглинки	0,90
Покровные отложения	Супеси	0,80
Морена	Суглинки	0,80
Морена	Супеси	0,45
Лессовидные породы	Суглинки	0,95
Пески (различного генезиса)	-	0,45

Тогда процентное содержание частиц (f) размером 0,1-0,001 мм по Н.А. Качинскому, определяется как сумма фракций 0,005-0,001; 0,01-0,005; 0,05-0,01 и 0,25-0,05. Причем процентное содержание последней фракции умножается на долю частиц 0,1-0,05 мм (Д), содержащихся в ней.

Класс структуры почвы (b) определяется по шкале структурного состояния почв, приведенной в «Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям...» [33].

При отсутствии данных о содержании агрегатов 0,25-10 мм можно отнести почвы к тому или иному классу на основании их генетической принадлежности и гранулометрического состава (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Оценка класса (b) структурного состояния основных типов почв различного гранулометрического состава

Почвы	Гранулометрический состав почвы			
	Глинистые и тяжелосуглинистые	Средне- и легкосуглинистые	супесчаные	песчаные
Черноземы выщелоченные, типичные и обыкновенные	1	2	-	-
Черноземы оподзоленные, южные; темносерые и серые лесные; темнокаштановые	2	3	4	4
Светлосерые лесные; каштановые и светлокаштановые	3	3	4	4

Для оценки класса водопроницаемости почв (С) используется

классификация Н.А. Качинского (табл. 2.4). При отсутствии данных по скорости впитывания воды почвами можно применить оценку водопроницаемости по табл. 2.5. При ее составлении этой таблицы использована группировка почв по водопроницаемости Д.Л. Арманда и данные по водопроницаемости основных зональных почв, приведенные в работе Г.В. Назаровым.

Таблица 2.4

Классификация водопроницаемости почв по Н.А. Качинскому и классы водопроницаемости (С)

Оценка водопроницаемости	Класс	Скорость впитывания, мм/ч
Неудовлетворительная	1	< 30
Удовлетворительная	2	30-70
Хорошая	3	70-100
Наилучшая	4	100-500
Излишне высокая	5	500-1000
Провальная	6	> 1000

Коэффициент снижения эродированности, обусловленный каменностью почвы (d), определяется по степени каменности, приведенной в «Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям...» [33] в соответствии с табл. 2.5.

Таблица 2.5

Оценка класса водопроницаемости (С) основных типов и подтипов почв

Почвы	Гранулометрический состав				
	Глинистые и тяжелосуглинистые	Средне- и легкосуглинистые	Супесчаные	песчаные	пески
Черноземы выщелоченные, типичные, обыкновенные на лессовидных суглинках	4	4	-	-	-
Черноземы южные, темно-серые лесные, темно-каштановые	3	4	-	-	-
Серые лесные, каштановые на суглинках	2	3	4	-	-
Дерново-подзолистые на моренных отложениях	1	2	3	4	-
Дерново-подзолистые на покровных отложениях	3	3	4	-	-
Супесчаные почвы, перестилаемые песками	-	-	5	-	-
Пески и песч. почвы, подстилаемые крупнозернистыми песками	-	-	-	6	6

Эродируемость, вычисляемая по формуле (2.1) – величина постоянная, поскольку она определяется относительно стабильными почвенными параметрами. В действительности, эродируемость почвы в течение года изменяется в результате обработки почвы и последующего уплотнения, деинтеграции почвы вследствие высыхания и увлажнения, замерзания и оттаивания и т.п. Эти изменения в значительной мере учитываются эрозионным индексом посевов и агротехники, который используется для подбора севооборотов и почвозащитных мер.

Таблица 2.6

Оценка каменистости почв и коэффициента снижения эродируемости (d)

Степень каменистости	Покрытие камнями, %	Коэффициент снижения эродируемости (d)
Некаменистые	< 5	1
Слабокаменистые	5-10	0,87
Среднекаменистые	10-20	0,74
Сильнокаменистые	20-40	0,52
Очень сильнокаменистые	> 40	0,28

По этим данным был составлен список структур почвенного покрова, насчитывающий 196 комбинаций. В базе геоданных каждой почве был присвоен свой индекс смываемости почвы.

Создание цифровых моделей рельефа и их анализ были описаны в [29, 32, 39, 45]. Фактор дождя получен методом сплайна на основе отвекторизованных изолиний карты «Эрозионного потенциала дождевых осадков» масштаба 1:8000000 и картосхемы «Районирование севера Евразии по внутригодовому распределению эрозионного потенциала дождевых осадков» [23]. Фактор растительности получен в ходе анализа снимков среднего пространственного разрешения MODIS и информационных продуктов на их основе: MOD13Q1 [Vegetation Indices]. Данные снимки были скачаны в формате hdf, перепроецированы из синусоидальной проекции в WGS-84, рассчитан C для каждого месяца по формуле [49, 50], рассчитан среднегодовое значение за пятилетний период (эти данные были рассчитаны в результате работ над проектом РФФИ 16-35-00226 мол_а).

На следующем этапе проведена типизация территории по этим факторам, при этом использовался алгоритм классификации по методу максимального подобия, основывающийся на двух основных принципах:

- значения ячеек в выборке для каждого класса в многомерном пространстве подчиняются закону нормального распределения;
- используется теория Байе, также известная как теорема принятия решений.

Этот инструмент, при отнесении каждой ячейки к одному из классов, представленных в файле сигнатур, учитывает как дисперсии, так и ковариации сигнатур классов. При допущении, что выборка для класса подчиняется нормальному распределению, класс может быть охарактеризован вектором среднего и матрицей ковариации. После присвоения этих двух характеристик каждому значению ячейки из каждого класса, для определения принадлежности ячеек к тому или иному классу, вычисляется статистическая вероятность. Если задана опция EQUAL (РАВНО) для взвешенной априорной вероятности, каждая ячейка будет отнесена к тому классу, вероятность принадлежности ячейки к которому максимальна.

На предварительном этапе использования инструмента «Классификация по методу максимального подобия» используют инструмент «Изокластер». Он выполняет группировку объектов со схожей атрибутивной информацией с целью последующей классификации без обучения.

Инструмент «Изокластер» использует процедуру кластеризации с итеративной оптимизацией. Алгоритм распределяет все ячейки на заданное пользователем число классов. Оптимальное число классов заранее неизвестно, поэтому имеет смысл сначала провести кластеризацию с заведомо излишним количеством классов, чтобы проанализировать полученную таким образом информацию, а затем, учитывая ее, запустить эту функцию еще раз с меньшим количеством классов. Так в нашем

исследовании мы, начав с двадцати классов, сократили это значение до пяти наиболее достоверных.

Алгоритм «Изокластер» – это итеративный процесс. Он начинается с того, что каждому кластеру присваивается среднее значение, которое сравнивается с соседними ячейками. На основании информации содержащейся в ячейках, отнесенных к одному из кластеров, для каждого кластера пересчитываются новые средние значения. После пересчета значений процесс повторяется столько раз, сколько было задано пользователем. Стандартное значение, предлагаемое программой ArcGIS, равняется двадцати. В нашем исследовании мы использовали количество итераций равное сорока для того, чтобы кластеры были более стабильными, то есть, чтобы при применении дополнительных итераций ячейки не переходили из одного кластера в другой.

После проведения кластеризации следует приступить к классификации по методу максимального подобия. Чтобы перейти к ней, следует выбрать инструмент «Классификация по методу максимального подобия». Этот инструмент выполняет классификацию входных растровых данных, полученных из нескольких слоев-источников, на основе сигнатурного файла, полученного в результате кластеризации. Следует отметить, что входные растровые каналы необходимо указывать в том же порядке, что и при создании файла сигнатур. Помимо выходного растра с классифицированными данными, можно сохранить и выходной растр достоверности, содержащий в себе информацию о надежности классификации. Этот растр включает в себя данные, разделенные на четырнадцать степеней достоверности, где меньшее значение означает большую достоверность, таким образом, классификация ячеек, получивших значение равное единице, достоверна на сто процентов, ячеек, получивших второй класс надежности, достоверна на девяносто пять процентов и т.д.

После получения классифицированного растра с достаточной достоверностью, мы перешли к следующему этапу: построению древовидной

схемы. Древоподобная схема - это схема, которая показывает атрибутивные расстояния между каждой парой последовательно объединяемых классов. Чтобы избежать пересечения линий, схема графически организуется таким образом, чтобы члены каждой пары объединяемых классов на схеме являлись соседями.

Древоподобная схема показывает, какие классы наиболее схожи и есть ли необходимость в увеличении количества классов.

3. ОЦЕНКА ЭРОЗИОННОГО РИСКА ДЛЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1 Анализ факторов развития эрозии

К факторам развития эрозии относятся эродлируемость почв, факторы рельефа, дождя и растительности. Каждый из них вносит значимый вклад в эрозионный потенциал территории.

3.1.1. Фактор эродлируемости почв

В базе геоданных почвенной карты М 1:200000 каждой структуре почвенного покрова, насчитывающий 196 комбинаций, используя почвенные очерки для почвенных карт районов области, был рассчитан по приведенной в п. 2.2 методике и задан средневзвешенный коэффициент эродлируемости почвы (прил. 1). Всего изучению подверглись 3786 контуров.

Коэффициент эродлируемости почв в пределах исследуемой области изменяется от 0,82 до 3,47 (рис. 3.1).

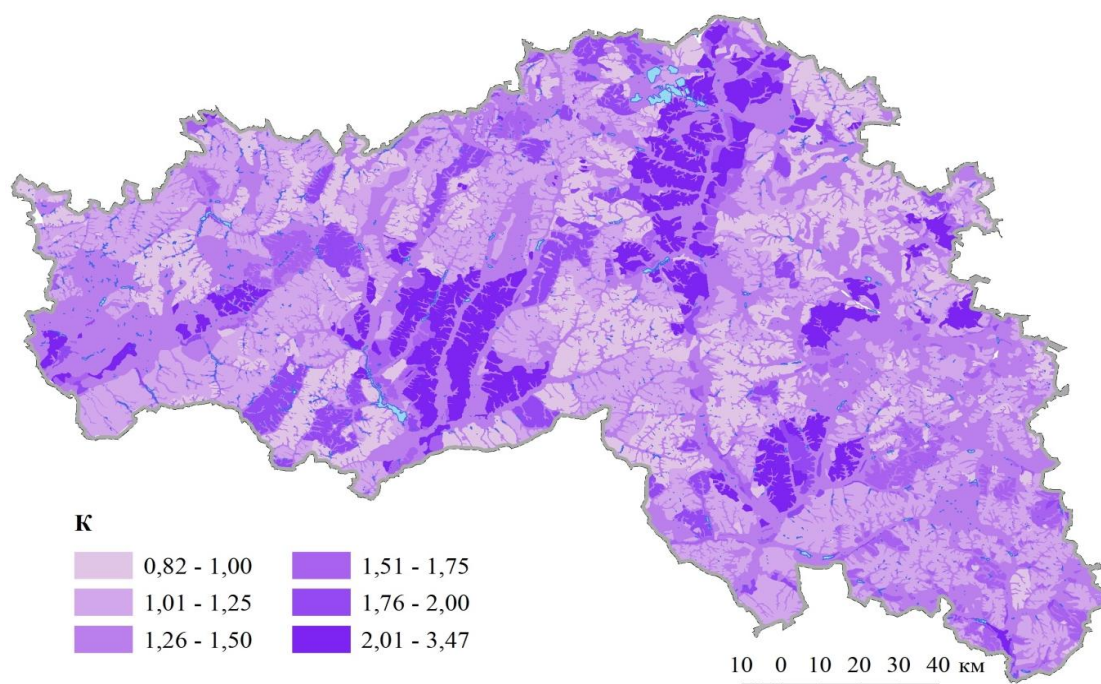


Рис. 3.1. Коэффициент смываемости почв Белгородской области.

Почвы с наибольшим коэффициентом смываемости расположены в Старооскольском и Шебекинском районах на участках водосборов рек Оскол и Короча соответственно. Преобладают почвы с коэффициентом 1,26-1,50, занимающие 36,6 % территории региона (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Распределение коэффициента смываемости на территории
Белгородской области

Коэффициент эродируемости почв, т/га	Площадь	
	км ²	%
0,82-1,00	4453,9	16,4
1,01-1,25	7330,2	27,0
1,26-1,50	9922,5	36,6
1,51-1,75	1373,3	5,1
1,76-2,00	1360,7	5,0
2,00-3,47	2479,9	9,1
Под прудами	213,5	0,8

16,4 % почв области способствуют уменьшению эрозионных процессов. К ним относятся черноземы типичные, выщелоченные и обыкновенные среднemosные среднегумусные преимущественно несмытые или несмытые в сочетании со слабосмытыми до 5-25 %.

Коэффициент смываемости почв напрямую зависит от ее гранулометрического состава. Анализ результатов, полученных в результате исследования представлен на рисунках 3.2, 3.3 и 3.4.

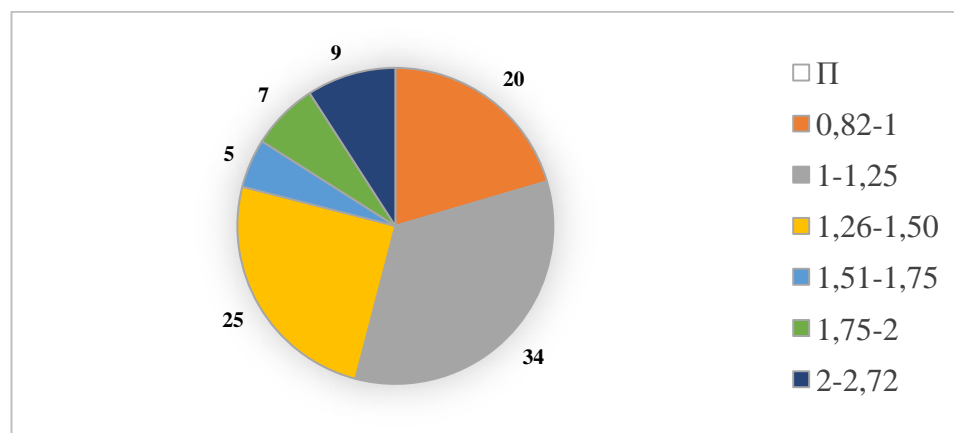


Рис. 3.2. Распределение по площади коэффициента смываемости почв тяжелосуглинистого и глинистого составов на территории Белгородской области, %.

Из рис 3.2. видно, что 20 % тяжелосуглинистых и глинистых почв (446,3 тыс. га) имеют коэффициент менее 1, что при расчете потенциального смыва почв, способствует уменьшению эрозионных процессов. Наибольшее распространение имеют почвы с коэффициентом смываемости 1-1,5 (59 %), т.е. на этих территориях потенциал смываемости не превышает 1,5 раз. 21 % территории имеют коэффициент смываемости превышающим 1,5, тогда как в среднесуглинистых почвах такой коэффициент имеют 99 % почв (рис. 3.3), а в супесчаных – 75 % (рис 3.4).

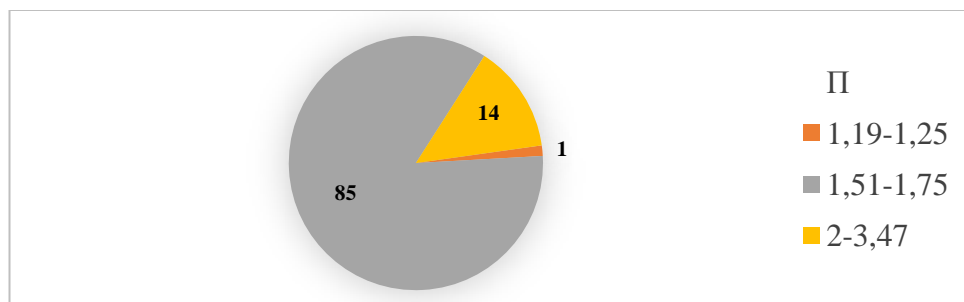


Рис. 3.3. Распределение по площади коэффициента смываемости почв среднесуглинистого состава, %.

Из общих 26 тыс. га почв среднесуглинистого состава преимущественное распространение имеют почвы с коэффициентом смываемости в диапазоне от 1,51 до 1,75 т/га (см. рис. 3.3). Они составляют 85 % территории среднесуглинистых почв Белгородской области или 22,1 тыс. га.

Среди легкосуглинистых почв встречаются только почвы с коэффициентом смываемости равным 2,16 т/га.

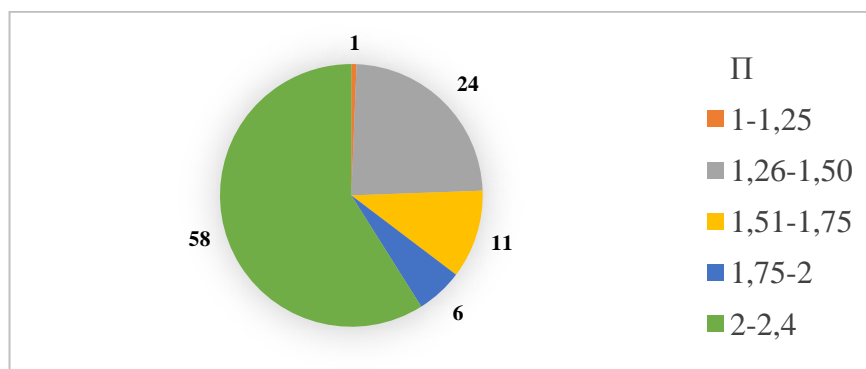


Рис. 3.4. Распределение по площади коэффициента смываемости почв супесчаного состава, %.

Супесчаные почвы составляют 57,2 тыс. га. Из них наибольшее количество (33,7 тыс. га) почв имеет коэффициент смываемости выше 2 т/га.

Песчаные почвы почти полностью включены в диапазон смываемости от 1,5 до 1,75 т/га.

Анализ данных показывает, что коэффициент смываемости увеличивается при снижении содержания глины в почве, а препятствуют развитию эрозионных процессов на территории лишь почвы глинистого или тяжелосуглинистого состава. Таких почв насчитывается около 16,4 %. Наиболее распространенными почвами района по гранулометрическому составу являются почвы с коэффициентом 1,26-1,50, занимающие 36,6 % территории региона.

Результаты влияния смывости почв на ее эродлируемость представлены на рисунках 3.5-3.8.

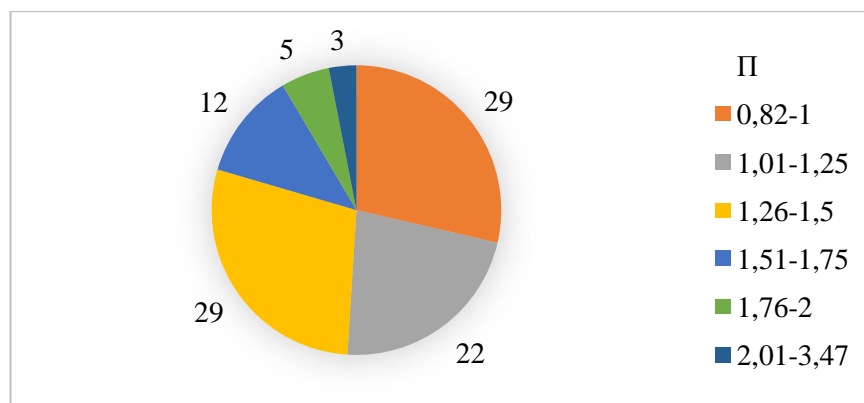


Рис. 3.5. Распределение по площади коэффициента смываемости несмытых почв, %.

Среди несмытых почв наиболее распространены почвы с коэффициентом смываемости равным 0,82-1,00. Они составляют 29 % от исследуемой территории. Почвы с коэффициентом 1,00-1,5 занимают 51% территории Белгородской области.

Слабосмытые почвы в большинстве своем относятся к диапазону значений смываемости 1,0-1,5 т/га – 48 % (рис. 3.6).

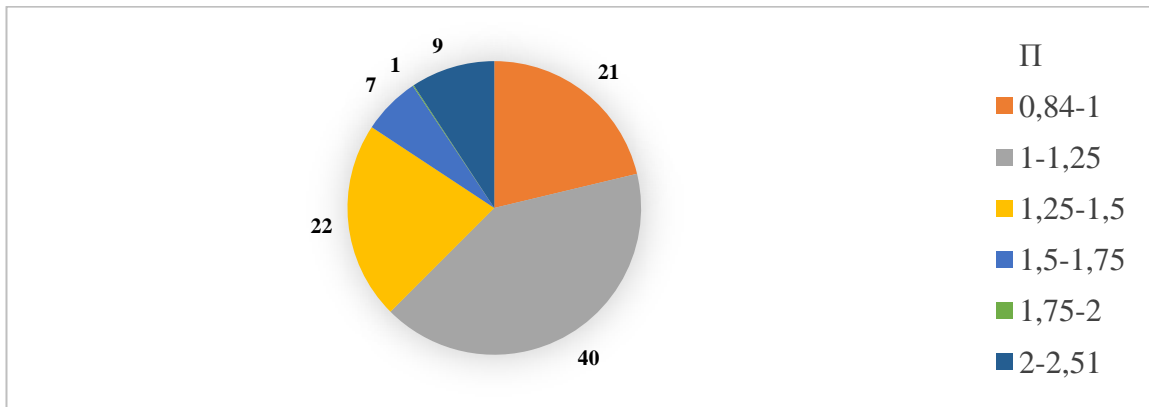


Рис. 3.6. Коэффициент смываемости слабосмытых почв.

Площадь слабосмытых почв с коэффициентом меньше 1 составляет 21 %.

Среди среднесмытых почв заметно резкое увеличение почв с коэффициентом смываемости 1,75-2,00 по отношению к другим почвам (рис. 3.7). Почвы с коэффициентом 1,75-2,00 занимают 15 %, тогда как в менее эродлируемых почвах это значение не превышает 5 %.

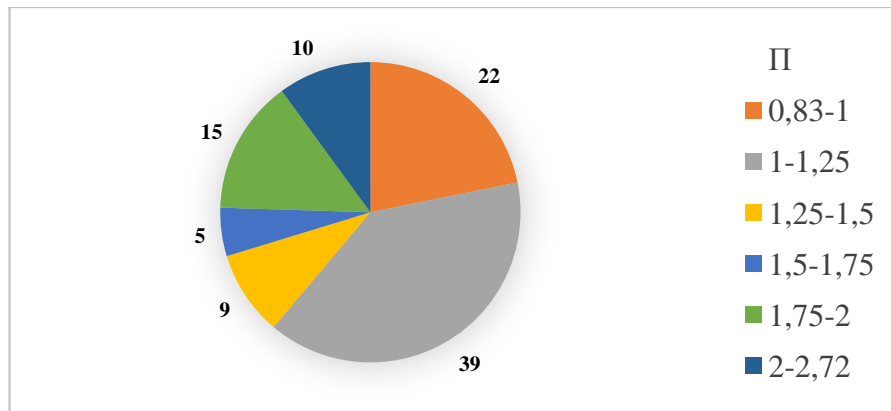


Рис. 3.7. Коэффициент смываемости среднесмытых почв.

Сильносмытые почвы отличаются самым высоким значением почв с коэффициентом смываемости больше 2 т/га, их содержание равно 14 % (рис. 3.7), что превышает количество почв, способствующих уменьшению эрозионных процессов, содержание которых равно 13 %.

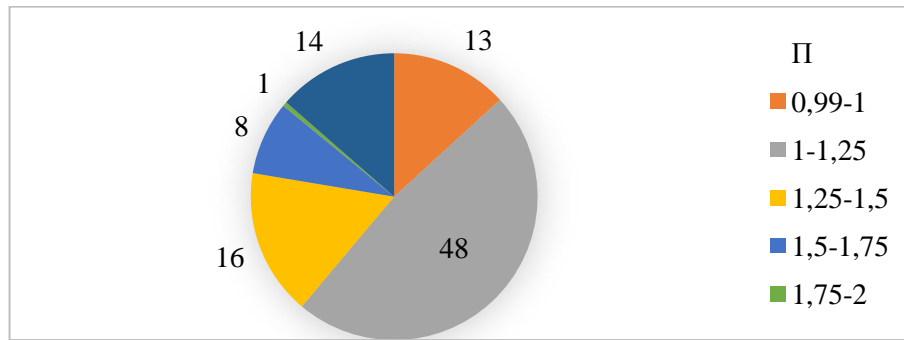


Рис. 3.8. Коэффициент смываемости сильносмывтых почв.

Исходя из данных диаграмм можно сказать, что эродированность напрямую связана с коэффициентом смываемости. Между ними наблюдается прямая зависимость, таким образом, чем выше коэффициент смываемости, тем сильнее размывается почва.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно сделать вывод, что лишь 16,4 % почв Белгородской области способствуют уменьшению эрозионных процессов ($K < 1$). На эродированных почвах коэффициент смываемости редко превышает 3. Это связано с высоким содержанием гумуса в почвах, а также с большим количеством глинистых и тяжелосуглинистых почв на территории Белгородской области.

3.1.2. Рельефный фактор

На территории Белгородской области преобладает (67,1 %) склоновый тип рельефа ($> 1^\circ$). Западная часть более выположена, на востоке наблюдается тенденция к увеличению крутизны, что создает геоморфологические предпосылки для развития водной эрозии и заиления рек.

Склоны различной ориентации на территории области распространены практически в одинаковой степени.

Рельефный фактор не менее чем на 58 % определяет интенсивность водной эрозии почв [34], поэтому носит большое значение при определении эрозионного риска территории.

Как показывают исследования [7, 25] для создания карты эрозионного потенциала рельефа для территории Белгородской области наилучшие результаты показывает формула, предложенная [46]. Анализ результатов расчетов по ней показывает, что около 44 % склонов Белгородской области имеют LS более 1 (табл. 3.2), что способствует развитию эрозионных процессов.

Таблица 3.2

Площадь распределения рельефного фактора (LS)
в пределах Белгородской области

Значения LS	Площадь, км ²
0,0-0,5	10815,7
0,6-1,0	4349,7
1,1-1,5	3914,2
1,5-14,2	8254,4

Около 40 % территории имеют минимальные значения рельефного фактора (<0,5). В основном это плакоры и поймы, большая часть таких земель расположена на западе области (рис. 3.9).

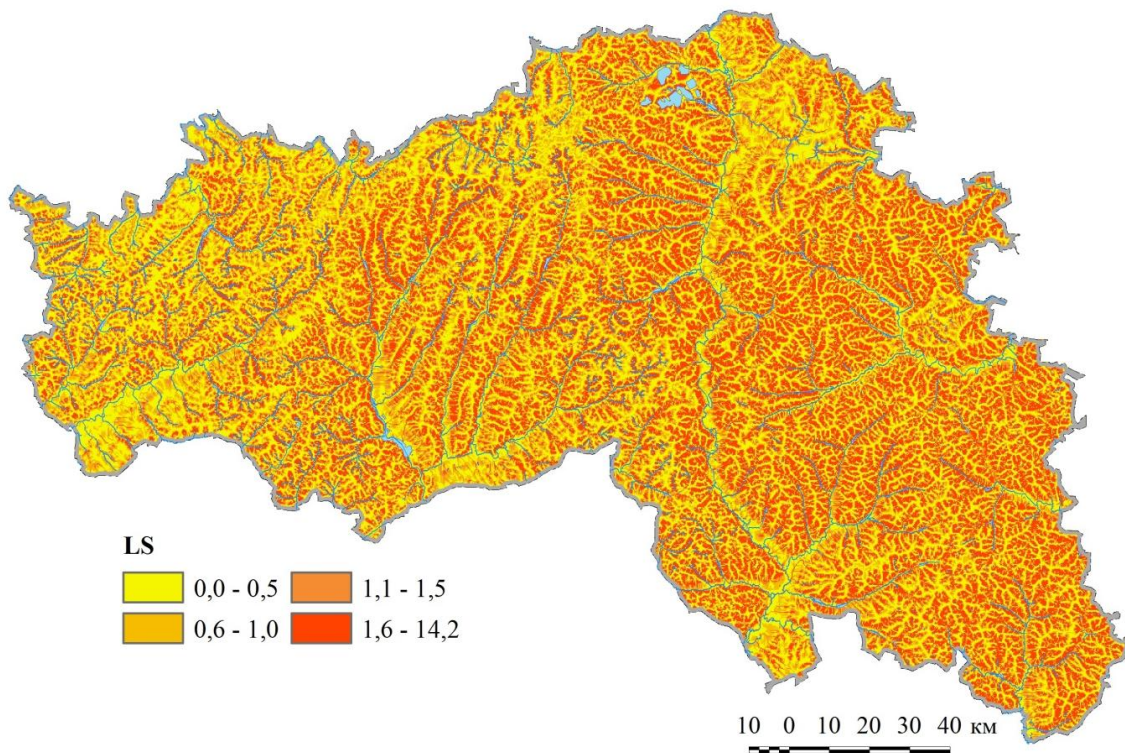


Рис. 3.9. Картограмма распределения рельефного фактора на территории Белгородской области.

Бассейны р. Оскол, р. Тихая Сосна характеризуются наиболее высокими значениями рельефного фактора, при этом правый берег имеет более высокие показатели, чем левый.

Рассчитанная нами по оцифрованной карте М 1:200000 картосхема распределения рельефного фактора согласуется с полученными ранее по данным радарного сканирования результатами [34]. Но следует отметить, что в нашем варианте отсутствуют артефакты, связанные с недостаточной обработкой SRTM (удалением лесов, застройки и пр.).

3.1.3. Фактор дождя

Для территории Белгородской области карта эродирующей способности дождя представлена на рис. 3.10.

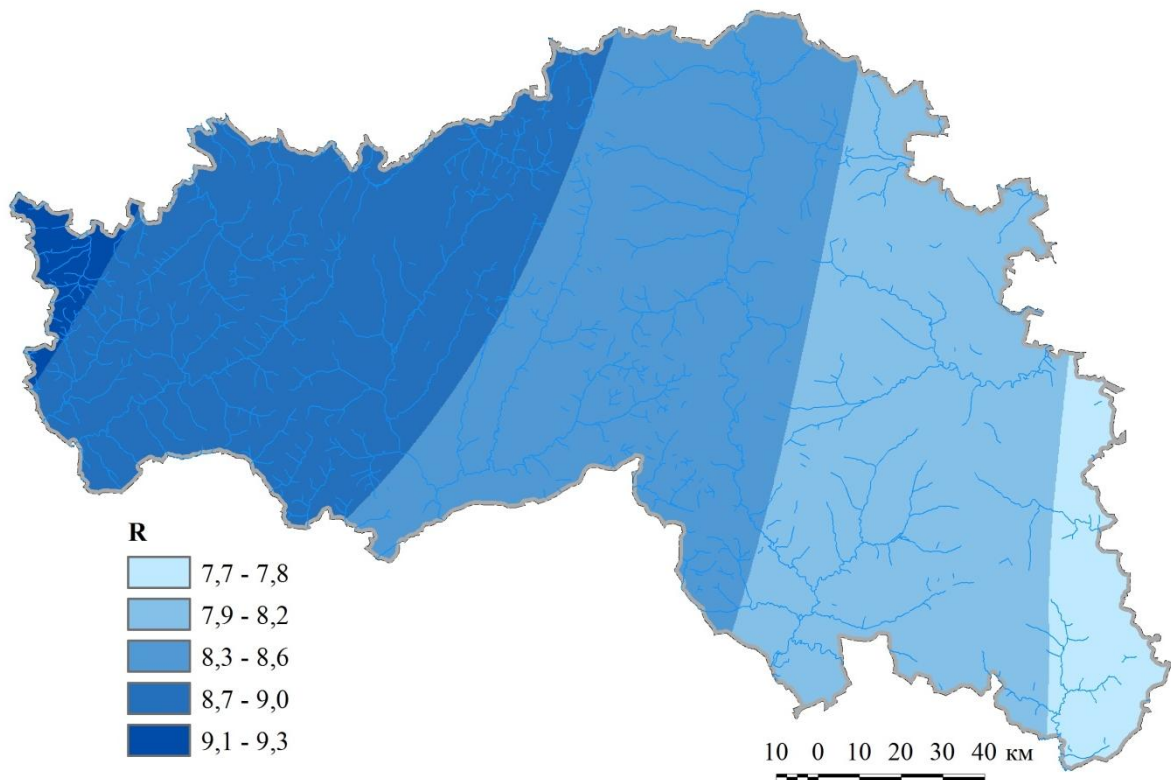


Рис. 3.10. Эрозионный потенциал дождевых осадков.

Как видно из картосхемы, эрозионный потенциал дождей повышается с востока на запад с 7,7 до 9,3. Крайние значения в пределах области различаются в 1,2 раза.

3.1.4. Фактор севооборота

Фактор севооборота (С) имеет неоднородное внутригодовое значение, изменяясь в среднем по области от 0,02 в период максимальной вегетации (июнь) всей растительности до 0,40 после зимы (апрель), когда почва пашни готовится под посевы, а в естественных условиях почвенный покров состоит из гниющей биомассы, мульчи или другого мертвого органического материала, что, в особенности в лесах, приводит к завышению результатов значений С.

Среднегодовые значения С за 5 лет приведены на рис. 3.11.

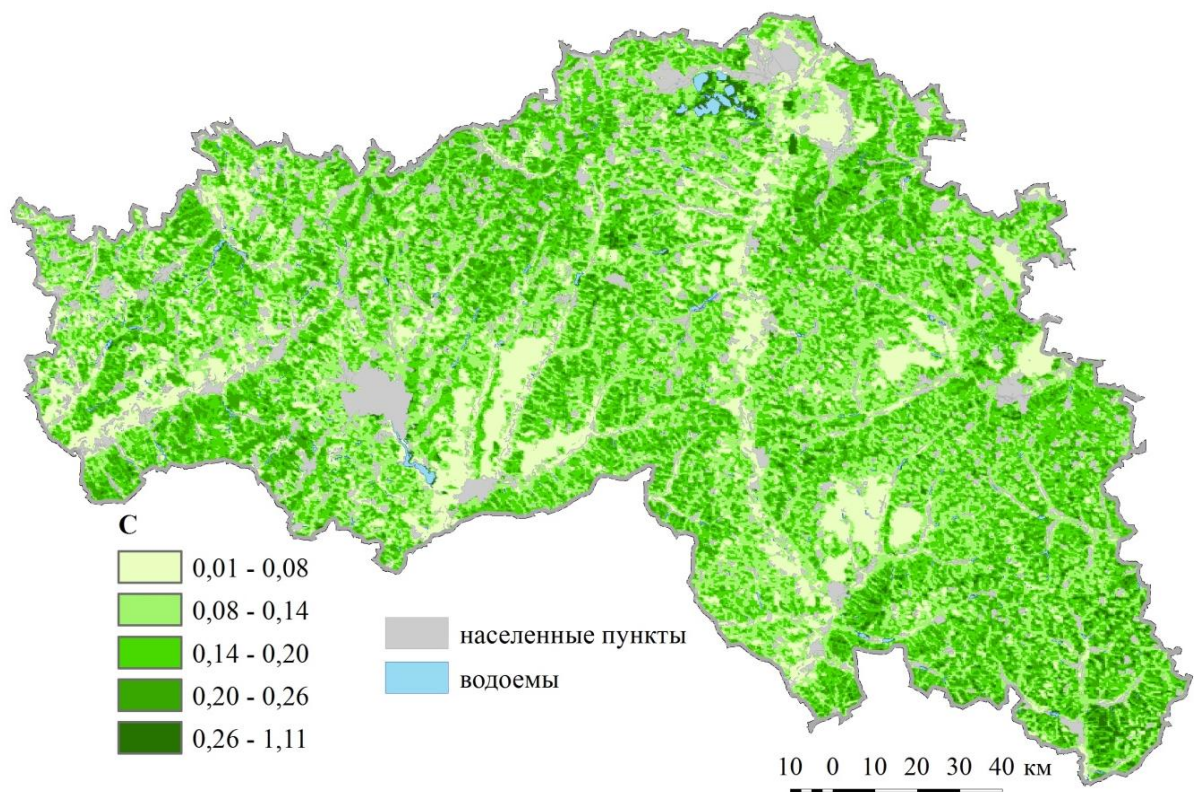


Рис. 3.11. Среднегодовые значения С за период 2012-2016 гг.

Анализ значений показывает, что значения C до 0,08 соответствуют лесной растительности. Территории со значениями 0,08-0,14 относятся к кормовым угодьям и многолетним травам на пашне. Остальные значения соответствуют растительности на пашне. Около 40-50 % времени почва на пашне в теплый период находится без растительности, а 5 % посевных площадей занимают чистые пары. Для этих территорий коэффициент фактора севооборота имеет значение более 0,20.

В среднем по многолетним данным фактор севооборота равен 0,138, принимая минимальные значения в июне, а максимальные – в апреле (табл. 3.3).

Таблица 3.3

Сезонное изменение фактора севооборота в 2016 г.

Месяц	Значение фактора севооборота
Апрель	0,380
Май	0,086
Июнь	0,014
Июль	0,051
Август	0,054
Сентябрь	0,141
Октябрь	0,173

Анализ факторов эрозии позволяет сделать вывод, что наибольший вклад в развитие эрозионных процессов на территории области принадлежат индексам эрозионных осадков, эродированности почвы, на склоновых землях свыше 5° – фактору рельефа. Тем не менее, преобладающую часть области занимают площади с незначительным потенциальным смывом почв.

3.2. Типизация эрозионных рисков на территории Белгородской области

Преобладающую часть области занимают площади с незначительным потенциальным смывом почв (рис. 3.11, табл. 3.4).

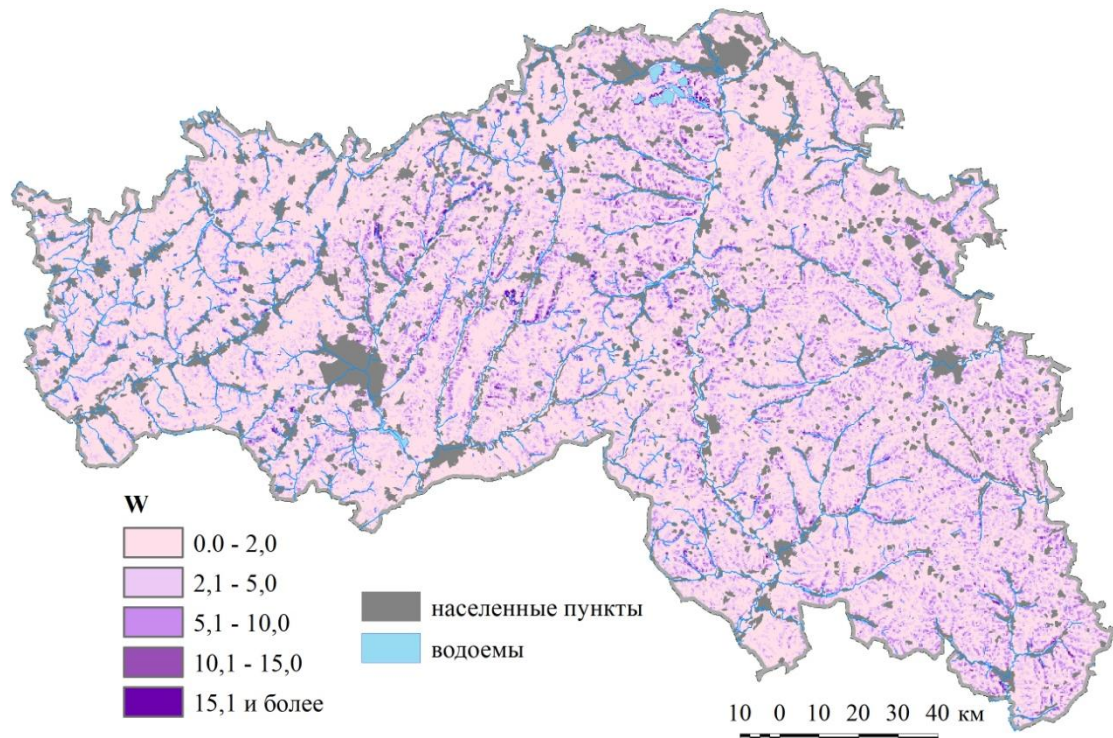


Рис. 3.11. Среднегодовой модуль потери почв, т/га.

Таблица 3.4

Среднегодовой модуль потери почв

Среднегодовой модуль потери почв	Площадь, км ²
незначительная (до 2,5 т/га)	17983,2
слабая (2,6-5,0 т/га)	4856,1
умеренная (5,1-10,0 т/га)	1818,5
средняя (10,1-15,0 т/га)	206,2
сильная (15,1-20,0 т/га)	37,2
очень сильная (20,1-25,0 т/га)	10,3
катастрофическая (более 25 т/га)	6,5
населенные пункты	2002,5
Водоемы	213,5

Следует отметить, что около 30 % почв области подвергаются смыву, превышающему допустимые нормы (более 2,5 т/га).

Наибольшие площади эродированных земель имеет Красногвардейский район, но проведенные здесь агротехнические мероприятия и внедренные севообороты [19] способствовали снижению эрозионного потенциала до незначительного и слабого. Лишь на крутых склонах в бассейне р. Полатовка сохраняется высокий потенциал эрозионных процессов.

Типизация территории с использованием факторов развития эрозии позволил выделить на территории области 5 типов, в среднем межклассовое расстояние составило 3,2 (рис. 3.12).

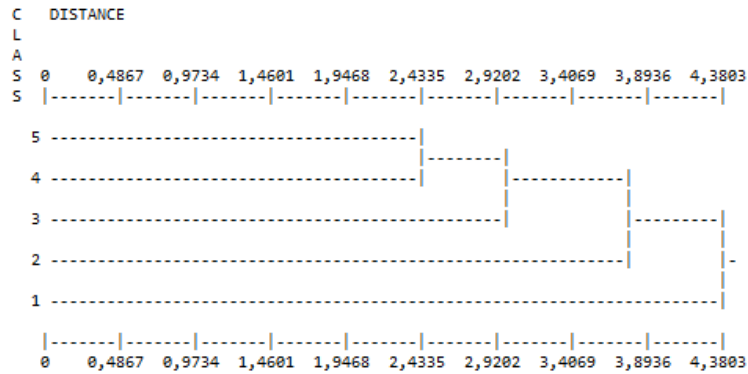


Рис. 3.12. Древоподобная схема типов эрозионного риска.

На древоподобной схеме видно, что классы определенные нами достаточно различаются между собой, а значит, потребность в увеличении количества классов отсутствует.

Результаты проведенной типизации представлены на рис. 3.13.

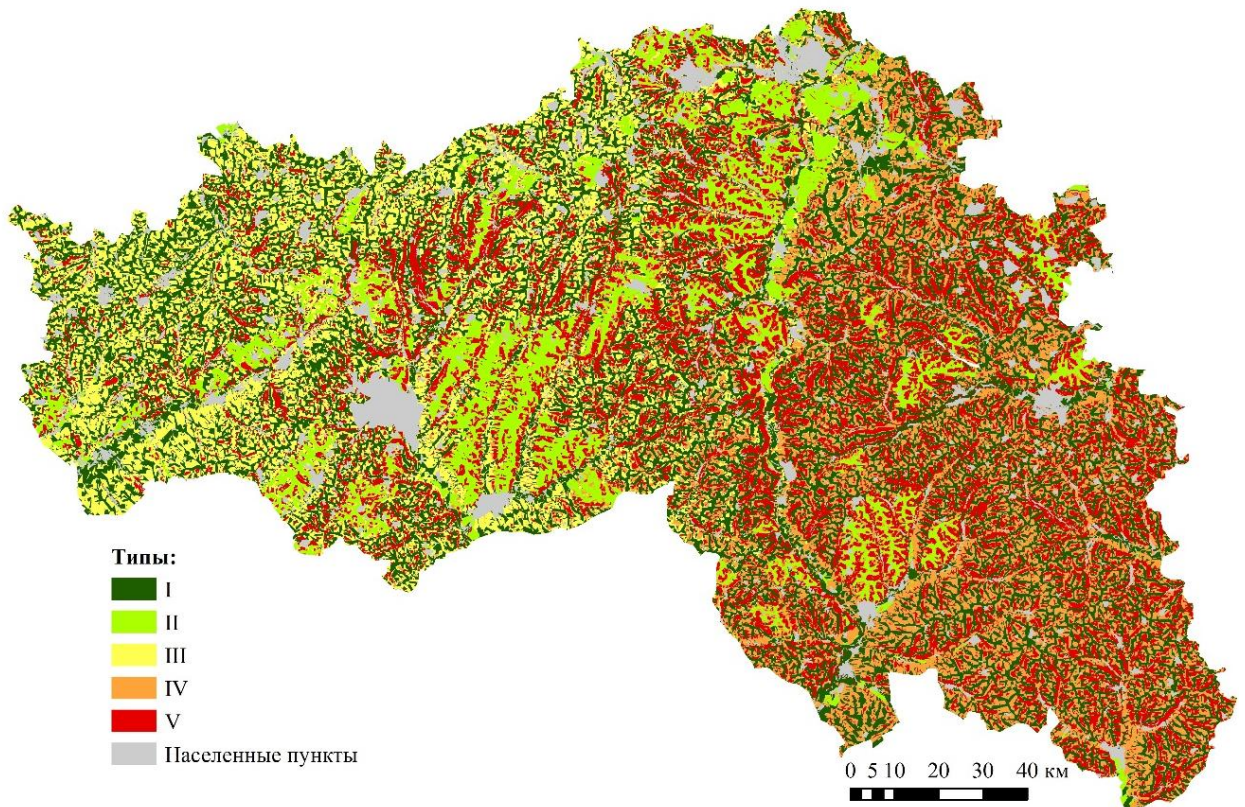


Рис 3.13. Картограмма эрозионного риска для почв Белгородской области (пояснения в тексте).

Следует отметить, что в среднем достоверность выделенных типов равна $\bar{x} \pm S_{\bar{x}} = 0,75 \pm 0,22$.

Анализ полученных данных показывает, что увеличение эрозионного риска происходит от I к V (табл. 3.5).

Таблица 3.5

Факторы эрозионного риска для почвенного покрова ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Тип	Эродированность почв, т/га	Рельефный фактор	Фактор дождя	Фактор растительности	Средний модуль потери почвы, т/га
I	1,19±0,22	0,31±0,76	8,37±0,37	0,14±0,05	0,40±1,04
II	2,23±0,32	0,59±0,77	8,45±0,24	0,13±0,11	1,27±2,53
III	1,25±0,25	0,98±0,64	8,71±0,19	0,14±0,06	1,51±1,16
IV	1,31±0,27	1,36±0,77	8,09±0,23	0,14±0,05	2,05±1,39
V	1,44±0,41	2,90±1,64	8,29±0,34	0,12±0,05	4,38±3,23

Следует отметить, что фактор растительности в выделенных типах незначительно отличается, изменяясь от 0,12 до 0,14, при этом во II типе, наибольшие отклонения этого показателя, что может быть связано с объединением в нем плакорных и пойменных территорий.

Исходя из данных представленных в таблице, можно сказать, что первый тип почв эрозионного риска площадью 875,6 тыс. га отличается наименьшим средним значением эродированности почв и наименьшим значением стандартного отклонения по этому показателю. Рельефный фактор так же имеет наименьшее среднее значение среди остальных типов. Влияние фактора дождя является средним относительно того же фактора в других типах, но сильно варьирует в пределах типа.

Второй тип почв эрозионного риска (площадь – 277,2 тыс. га) характеризуется высоким уровнем эродированности по отношению к другим типам. Влияние рельефного фактора ниже среднего, но наблюдается высокая его вариация. Фактор дождя, на территории представленной вторым типом почв, имеет относительно высокий вклад в эрозионный риск почв, уступая только показателю характерному для третьего типа. Фактор растительности немного меньше, чем факторы растительности всех других типов, кроме

пятого. Следует отметить, что вариация названных показателей в данном типе наивысшая из представленных данных.

Для третьего типа почв (489,5 тыс. га) характерны средние значения по показателям рельефного фактора и фактора растительности. Фактор эродированности ниже среднего и превышает лишь аналогичный показатель у первого типа, значительно варьируя внутри типа. Коэффициент фактора дождя самый высокий среди всех представленных (см. табл. 3.5).

Значения эродированности у IV типа эрозионного риска почв (площадью 470,8 тыс. га) – средние. Значение показателя рельефного фактора уступает лишь почвам V типа, при этом сильно превышая все остальные значения. Фактор дождя имеет наименьшее числовое значение по сравнению с тем же фактором у других типов. Фактор растительности отличается незначительно.

Значение эродированности у V типа (596,9 тыс. га) проявления эрозионного риска выше среднего. Рельефный фактор имеет самый высокий численный показатель среди прочих типов, а фактор растительности в свою очередь – самый низкий. Влияние осадков относительно слабо.

Таким образом, можно заметить, что на образование почв первого типа накладывает свой отпечаток более ровный рельеф, на почвы второго типа высокая эродированность почвы, образование почв третьего типа связано с повышенным влиянием осадков, для почв четвертого и пятого типов более характерны крутые и длинные склоны, а также несколько сниженные значения фактора растительности – для пятого.

3.3. Рекомендации использования земель с учетом эрозионного риска

Управление земельным фондом должно быть связано с рациональным, научно-обоснованным использованием земельных ресурсов области, а организация территории должна базироваться на эколого-ландшафтных принципах.

Это исследование было проведено с целью определить эрозионные риски на землях, расположенных на территории Белгородской области, и позже на основе данных, полученных в результате этого исследования разработать и предложить генеральную схему противоэрозионных мероприятий. Картосхема, полученная нами в ходе работы, позволяет оценить потребность территорий во внедрении почвозащитных мероприятий.

1642,3 тыс. га земель I, II, III типа, приуроченные в основном к западной части области не нуждаются в серьезных противоэрозионных мероприятиях, так как среднегодовые потери почвы здесь не превышают 2 т/га. Однако, варьирование потенциального смыва предполагает использование на пашни данных типов использование почвозащитных агротехнологий, для II типа дифференцированный подход к использованию севооборотов, уменьшение длин стоков для III типа за счет использования буферных посевов, кустарниковых кулис или лесных полос.

Земли IV и V типов подвергаются эрозионному смыву, превышающему допустимые размеры, что предполагает разработку комплексных противоэрозионных мероприятий для данных территорий. На пашне они должны включать в себя следующие мероприятия:

- агротехнические (глубокая вспашка с рыхлением подпахотного горизонта, вспашка и рядовой посев поперек склонов, прерывистое бороздование, водоотводные борозды, контурное размещение культур, система удобрений, пестицидов и севооборотов);

- лесомелиоративные (контурные лесные полосы, расположенные согласно представлениям [35]. Среди лесонасаждений выделяются полевозащитные и стокорегулирующие лесные полосы, которых в лесостепной зоне должно быть 2-2,5 %, в степной – 3-4 % и на песчаных почвах 5-7 % площади пашни [38]);

- гидротехнические (создавать каскады водоемов, снижающих глубину базиса эрозии и являющихся наносоуловителями [40], валы-канавы, илофильтры и др.). На прибрежных территориях и водоохраных зонах

следует расположить лесонасаждения, противодействующие эрозии. Кроме того, хорошим решением может послужить снижение пахотных площадей и восстановление пойменных сенокосов на распаханых участках.

Следует так же предусмотреть противоэрозионные мероприятия на кормовых угодьях, которые могут включать как более щадящее луго- и пастбещеобороты, так и трансформацию этих видов угодий в лесную территорию или неиспользуемую в антропогенной деятельности (например, как резерват для птиц, животных, насекомых, или энтомологический заказник). Следует обращать внимание и на создание прибалочных, приовражных и прируслых лесных полос.

В отдельных случаях в V типе возможна консервация территории в соответствии с «Положением о порядке консервации земель с изъятием их из оборота» от 2.10.2002 для ее восстановления или перевод пашни в другие угодья, что должно быть обосновано в соответствии с Земельным Кодексом Российской Федерации и Федеральным Законом «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эрозия почв – один из наиболее мощных и распространенных процессов перемещения твердых и химических веществ на склонах освоенных территорий. Борьба с ней должна стать первоочередной задачей при ведении сельскохозяйственного производства в условиях расчлененного рельефа. Доля эродированных почв в Белгородской области является наивысшей в ЦЧР и за 30 лет она возросла на 6%, составив к 2009 г. 59,7% общей площади региона [24]. Со смытых почв области ежегодно теряется свыше 136 тыс. т. гумуса [42]. Поэтому анализ эрозионных рисков с целью выработки стратегии защиты почв от эрозии является актуальной задачей.

Предпосылками для развития эрозионных процессов являются природные факторы: почвы, рельеф, растительность, осадки. Но в результате антропогенной деятельности человека происходит сильное преобразование растительного покрова и частичное изменение характеристик почв (за счет вспашки, внесения удобрений, выноса биогенных веществ с урожаем и др.), в связи с чем в разы усиливаются эрозионные процессы. В научной литературе накоплен большой опыт борьбы с проявлением водной эрозии, включающий агротехнические, лесомелиоративные, гидротехнические мероприятия. Их применение требует тщательного анализа территории. Для выработки стратегии на уровне субъекта РФ необходимы среднемасштабные исследования. Нами предлагается проводить оценку эрозионного риска для почв с использованием анализа факторов их проявления, входящих в универсальное уравнение почв, с использованием ГИС-технологий.

На территории области преобладают почвы с коэффициентом эродируемости почв 1,26-1,50, занимающие 36,6 % территории области. 16,4 % почв Белгородской области способствуют уменьшению эрозионных процессов ($K < 1$). На эродированных почвах коэффициент смываемости редко превышает 3. Это связано с высоким содержанием гумуса в почвах, а также с

большим количеством глинистых и тяжелосуглинистых почв на территории Белгородской области.

Около 40 % территории имеют минимальные значения рельефного фактора ($<0,5$). В основном это плакоры и поймы, большая часть таких земель расположена на западе области. На 30,2 % области значение рельефного фактора превышает 1,5, что способствует развития эрозионных процессов, но может быть уменьшено за счет использования лесных полос, кустарниковых кулис, полосного размещения культур, которые уменьшают длину линий стока.

Как видно из картосхемы, эрозионный потенциал дождей повышается с востока на запад с 7,7 до 9,3.

Значения коэффициента фактора севооборота до 0,08 соответствуют лесной растительности. Территории со значениями 0,08-0,14 относятся к кормовым угодьям и многолетним травам на пашне. Остальные значения соответствуют растительности на пашне. Около 40-50 % времени почва на пашне в теплый период находится без растительности, а 5 % посевных площадей занимают чистые пары. Для этих территорий коэффициент фактора севооборота имеет значение более 0,20. В среднем по многолетним данным фактор севооборота равен 0,138, принимая минимальные значения в июне, а максимальные – в апреле

Анализируемые факторы были подвергнуты типизации. Для этого нами разработана методика, основанная на «Классификации по методу максимального подобия» с использованием растрового представления данных. Это позволило на основе непрерывных данных установить с достоверностью $0,75 \pm 0,22$ ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$) пять типов проявления эрозионных рисков.

Анализ полученных данных показывает, что увеличение эрозионного риска происходит от I к V. На образование почв первого типа накладывает свой отпечаток более ровный рельеф, на почвы второго типа высокая эродированность почвы, образование почв третьего типа связано с повышенным влиянием осадков, для почв четвертого и пятого типов более

характерны крутые и длинные склоны, а также несколько сниженные значения фактора растительности – для пятого.

1642,3 тыс. га земель I, II, III типа, приуроченные в основном к западной части области не нуждаются в серьезных противоэрозионных мероприятиях, так как среднегодовые потери почвы здесь не превышают 2 т/га. Однако, варьирование потенциального смыва предполагает использование на пашни данных типов использование почвозащитных агротехнологий, для II типа дифференцированный подход к использованию севооборотов, уменьшение длин стоков для III типа за счет использования буферных посевов, кустарниковых кулис или лесных полос.

Земли IV и V типов подвергаются эрозионному смыву, превышающему допустимые размеры, что предполагает разработку комплексных противоэрозионных мероприятий для данных территорий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий методическое руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.
2. Ахтырцев, Б.П. Почвенный покров Белгородской области / Б.П. Ахтырцев, В.Д. Соловиченко. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 268 с.
3. Барабанов, А.Т. Агролесомелиорация в почвозащитном земледелии / А.Т. Барабанов – Волгоград, 1993. – 156 с.
4. Булгаков, Д.С. Концепция агроэкологической оценки почв земледельческой территории / Д.С. Булгаков // Почвоведения. – 2002. – № 6. – С. 710-714.
5. Булгаков, Д.С. Принципы и критерии агропроизводственной группировки почв / Д.С. Булгаков. – М., 1981. – 48 с.
6. Булыгин, С.Ю. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов: проблема эрозии / С.Ю. Булыгин, М.А. Неаринг. – Харьков, 1999. – 271 с.
7. Буряк, Ж.А. Выбор модели оценки эрозионного потенциала рельефа для условий Белгородской области / Ж. А. Буряк, А. Г. Нарожняя // Эрозионные, русловые и устьевые процессы (исследования молодых ученых университетов) сборник статей по материалам XI семинара молодых ученых вузов, объединяемых советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Нижний Новгород, 2016 – С. 59-64.
8. Ванин, Д.Е. Методические рекомендации по составлению проектов внутрихозяйственного землеустройства противоэрозионных мероприятий на расчетной основе. / Д.Е. Ванин, Г.П. Сурмач, А.И. Крупчатников и др. – М.: ЦНТИПР Госагропрома РСФСР, 1987 – 68 с.
9. Васенев, И.И. Методика агроэкологической типизации земель в агроландшафте (информационно-справочные системы оценки их ресурсного потенциала и оптимизации базовых элементов систем земледелия) /

И.И. Васенев, Н.И. Руднев, В.Г. Хахулин; Под ред. И.И. Васенева. – М.: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с.

10. ВНИИГМИ-МЦД. – Режим доступа: <http://aisori.meteo.ru/ClimateR>

11. Герасименко, В.П. Оценка эрозионной опасности ливневых осадков для пахотных земель европейской части России / В.П. Герасименко, Г.Н. Черкасов, Е.В. Герасименко // Модели и технологии оптимизации земледелия: сборник докладов международной практической конференции, 9-11 сентября 2003 г. – Курск, 2003. – С. 424-429.

12. Доклад о состоянии и использовании земель Белгородской области за 2015 год. – Белгород, 2016 – 84 с.

13. Заславский, М.Н. Эрозия почв и земледелие на склонах / М.Н. Заславский. – Кишинев: Изд-во «Картя молдовеняскэ», 1966. – 495 с.

14. Каштанов, А.Н. Агрэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240 с.

15. Каштанов, А.Н. Основы ландшафтно-экологического земледелия / А.Н. Каштанов, Ф.Н. Лисецкий, Г.И. Швевс. - М.: Колос, 1994. - 127 с.

16. Кирюхина, З.П. Эрозионные процессы на Европейской части СССР, их количественная оценка и районирование / З.П. Кирюхина, З.В. Пацукевич // Вестник Московского университета. Номер 5: География. – 1989. – № 2. – с. 47-55.

17. Кирюшин, В.И. Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия / В.И. Кирюшин. – Пущино, 1993. – 64 с.

18. Контурное земледелие и организация механизированных работ на склонах / Под ред. И.П. Здоровцова, В.М. Солошенко. – Воронеж: Центр. Чернозем. кн. изд-во, 1991. – 224 с.

19. Котлярова, О.Г. Ландшафтная система земледелия Центрально-Черноземной зоны / О.Г. Котлярова. - Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 2006. - 293 с.

20. Котлярова, О.Г. Эффективность ландшафтных систем земледелия. / Е.Г. Котлярова, О.Г. Котлярова – Белгород, 2011. – 310 с.

21. Кузнецов, М.С. Эрозия и охрана почв / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов.- М.: МГУ, 1996. - 335 с.
22. Ларионов, Г.А. Разномасштабная оценка и картографирование природной опасности эрозии почв // Эрозия почв и русловые процессы. – 2000. – Вып. 12. – М.: Изд-во Моск. ун-та – С. 49-62
23. Ларионов, Г.А. Эрозия и дефляция почв. / Г.А. Ларионов – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1993. – 200 с.
24. Лисецкий, Ф.Н. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки / Ф.Н. Лисецкий, Л.В. Марциневская // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. – №10(58). – С. 39–43.
25. Лисецкий, Ф.Н. Эрозионные катены на земляных фортификационных сооружениях / Ф.Н. Лисецкий, В.В. Половинко // Геоморфология. – 2012. – № 2. – С. 65–77.
26. Литвин, Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России / Л.Ф. Литвин. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2002.- 255 с.
27. Методика разработки систем земледелия на ландшафтной основе. – Курск: Изд-во КГСХА, 1996. – 132 с.
28. Модели управления продуктивностью агроландшафта /Под ред. В.М. Володина, Г.Н. Черкасова. – Курск, 1998. – 215 с.
29. Нарожняя, А.Г. Морфометрический анализ цифровых моделей рельефа Белгородской области разной степени генерализации. / А.Г. Нарожняя, Ж.А. Буряк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – Т. 37. № 25 (246). – С. 169-178.
30. Нарожняя, А.Г. Экологическая и энергетическая оценки агроландшафтов при их адаптивном землеустройстве : автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2011. – 22 с.
31. Нечетова, Ю.В. Изучение овражно-балочной сети Белгородской области с применением ГИС-технологий. / Ю.В. Нечетова, А.Г. Нарожняя //

Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – № 11 (71). – С. 96–100.

32. Новаковский, Б.А. Цифровые модели рельефа реальных и абстрактных геополей / Б.А. Новаковский, С.В. Прасолов, А.И. Прасолова. – М.: Научный мир, 2003. – 104 с.

33. Общесоюзной инструкции по почвенным обследованиям и составлению крупномасштабных почвенных карт землепользований / ред Т.А. Ищенко. – М.: «Колос», 1973. – 74 с.

34. Половинко, В.В. Ландшафтно-экологические основы оптимизации землепользования на разных иерархических территориальных уровнях организации его организации: Автореф. дис. канд... геогр. наук: 25.00.26. Белгородский государственный университет. Белгород, 2010. – 23 с.

35. Проектирование и внедрение эколого-ландшафтных систем земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области / Под ред. М.И. Лопырева. – Воронеж, 1999. – 186 с.

36. Пути повышения продуктивности склоновых земель в агроландшафтах ЦЧО и их охраны в преобразованных ландшафтах / Е.И. Здоровцова, А.Г. Рожков, И.П. Здоровцов и др. // Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии в земледелии. Сб. докл. Всерос. научно-практ. конф, ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 11-13 сентября 2007 г., Курск. - Курск, 2007. - С. 376-382.

37. Реки и водные объекты Белогорья / Лисецкий Ф.Н. [и др.]; под ред. Ф.Н. Лисецкого. – Белгород: Константа, 2015. – 361 с.

38. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях / Под ред. В.М. Володина. – Курск, 2000. – 106 с.

39. Смирнова, Л.Г., Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Л.Г. Смирнова, А.Г. Нарожняя, Ю.Л.

Кривоконь, А.А. Петрякова // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – № 11. – С. 11-14.

40. Смольянинов, В.М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование. / В.М. Смольянинов – Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2003. – 250 с.

41. Соловиченко, В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. / В.Д. Соловиченко – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292 с.

42. Тютюнов, С.И. Агроэкологические аспекты биологизации земледелия Белгородской области / С.И. Тютюнов, С.В. Лукин, В.Е. Панченко // Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI веке : материалы : ст., крат. сообщ. и тез. докл. VI Всерос. науч.-практ. конф., Белгород, 10-12 окт. 2000 г. – Белгород, 2000. – С. 138-139.

43. Устойчивость земледелия: проблемы и пути решения / В.Ф. Сайко, А.М. Малієнко, Г.А. Мазур и др.; Под ред. В.Ф. Сайко. – Киев: Урожай, 1993. – 320 с.

44. Юдина, Ю.В. Картографирование геосистем белгородской области: региональные особенности / Ю.В. Юдина // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 933.

45. Hutchinson, M.F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits / M.F. Hutchinson // Journal of Hydrology. – 1989. – №106. – P. 211-232.

46. Morgan, R.P.C. Soil Erosion. / R.P.C. Morgan. – London, New York: Longman, 1979. – 113 p.

47. Kheir, R. Bou A conditional GIS-interpolation-based model for mapping soil-water erosion processes in Lebanon / R. Bou Kheir // Land degradation & development. - 2007. - P. 122–135. – Published online 10 September 2007 in Wiley InterScience. - Mode of access: www.interscience.wiley.com

48. Schwertman, U. Bodenerosion durch Wasser. Vorhersage des Abtrags und Bewertung von Gegenmaßnahmen / U. Schwertman, W. Vogl, M. Kainz. – Stuttgart: Ulmer, 1990.

49. Knijff JM. Soil erosion risk assessment in Europe / Van der Knijff JM, RJA Jones, L. Montanarella // EUR 19044 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2000. – 34 p.

50. Van der Knijff M, Jones RJA, Montanarella L (1999) Soil erosion risk in Italy. EUR19022 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 54p

51. Van Leeuwen, WJD. Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS / Van Leeuwen WJD, G Sammons // Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference, 5–9 April 2004, Salt Lake City, 2004.

52. Wischmeier, W.H. Predictng rainfall erosion losses: A guide to conservation planning / W.H. Wischmeier, D.D. Smith // Agriculture Handbook U.S. Department of Agriculture. – Washington, DC, 1978. – №. 537. – 10 p.

Эродлируемость почв Белгородской области

Наименование	Гранулометрический состав	Степень эродлированности	Мощность гумусового горизонта	P т/га	Площадь, га
Дерново-намытые	П			1,5	448041
Лугово-черноземная	Г и ТГ			1,66	16355
Лугово-черноземная	СП			1,55	5618
Лугово-черноземная	СП	Несмытая и слабосмытая до 10%		2,4	677
Пески	Г и ТГ			1,5	6865
Пески	П			1,5	1288
Пойменная болотная	Г и ТГ			1,28	130
Пойменная болотная	Г и ТГ			1,28	40917
Пойменная болотная	СГ			3,47	681
Пойменная луговая	Г и ТГ			1,28	130768
Пойменная луговая	П			1,89	202
Пойменная луговая	СГ			3,47	2130
Пойменная луговая	СП			1,89	2507
Пойменная лугово-болотная	Г и ТГ			1,28	17145
Серая лесная	Г и ТГ			2,11	8323
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%		2,24	5090
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%		2,25	6196
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	-	2,27	9191
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 25-50%	-	2,62	1431
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%		2,19	5060
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%		2,4	4993
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%		2,32	1238
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%		2,14	7283
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Малогумусная	2,14	6199
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%		2,24	819
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 25-50%	-	2,37	1256
Серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая до 10%		2,16	762
Серая лесная	СГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%		2,25	763

Наименование	Гранулометрически й состав	Степень эродированности	Мощность гумусового горизонта	Р т/га	Площадь, га
Серая лесная	СП			1,65	620
Солонцы	Г и ТГ			1,26	524
Темно-серая лесная	Г и ТГ			2,53	33068
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и сильносмытая 10-25%		2,48	1188
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%		2,46	13935
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	-	2,59	30133
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%		2,52	14703
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%		2,38	6914
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% сильносмытая 10-25%		2,52	2636
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% сильносмытая до 10%		2,37	495
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%		2,44	6294
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%		2,51	12858
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% сильносмытая до 10%		2,5	1726
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%		2,72	2331
Темно-серая лесная	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая до 10%		2,57	14962
Темно-серая лесная	СП			1,49	12661
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ		Среднемощная малогумусная	1,48	877
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ		Среднемощная малогумусная	1,48	72010
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и сильносмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,47	1953
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,46	18807
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,02	63294
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% сильносмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,2	9022
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% сильносмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,04	365
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,1	40399
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,19	4155
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Маломощная среднегумусная	1,09	443
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,46	9416
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,04	45640
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная малогумусная	1,74	14745
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,11	10307
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,43	3443

Наименование	Гранулометрический состав	Степень эродированности	Мощность гумусового горизонта	P т/га	Площадь, га
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,19	15304
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,13	5507
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,47	25167
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,6	5537
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,93	163
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,96	22182
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% сильносмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,14	710
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% сильносмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,99	4603
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,07	8731
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,96	299
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10% сильносмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,46	2173
Чернозем выщелоченный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10% сильносмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,07	3092
Чернозем выщелоченный	ЛСГ		Среднемощная слабогумусированная	2,16	518
Чернозем выщелоченный	СГ		Среднемощная слабогумусированная	1,59	13869
Чернозем выщелоченный	СГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная слабогумусированная	1,63	128
Чернозем выщелоченный	СГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,69	1387
Чернозем выщелоченный	СГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,6	3948
Чернозем выщелоченный	СП		Среднемощная слабогумусированная	2,31	28423
Чернозем выщелоченный	СП	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная слабогумусированная	2,27	4662
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ		Среднемощная среднегумусная	0,83	14753
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%		1,18	3626
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднегумусная	1,18	3649
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная	1,18	103
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,18	57145
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	-	1,21	12026
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%		1,21	229
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,19	32139
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%		1,48	272
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Маломощная среднегумусная	1,48	1342

Наименование	Гранулометрически й состав	Степень эродированности	Мощность гумусового горизонта	Р т/га	Площадь, га
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная	1,48	566
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,48	28628
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,66	976
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,66	10155
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,52	1800
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,12	46874
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% сильносмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,72	2511
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,64	8404
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,64	3979
Чернозем обыкновенный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,64	1906
Чернозем обыкновенный	СГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,19	346
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ		Среднемощная среднегумусная	1,3	3808
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и сильносмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,7	22
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,61	4750
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,48	1280
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,52	736
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,19	187
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,49	1663
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,62	2630
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,63	1779
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,36	2514
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,47	1590
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,47	307
Чернозем обыкновенный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,53	464
Чернозем обыкновенный карбонатный	СГ		Среднемощная среднегумусная	1,51	702
Чернозем обыкновенный карбонатный	СГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,69	345

Наименование	Гранулометрический состав	Степень эродированности	Мощность гумусового горизонта	P т/га	Площадь, га
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ		Маломощная малогумусная	1,4	755
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ		Среднемощная малогумусная	1,39	4331
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Маломощная малогумусная	1,46	763
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,47	7919
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,58	3051
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Маломощная малогумусная	1,58	2400
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,49	2532
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная малогумусная	1,54	5948
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,57	620
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Маломощная малогумусная	1,42	817
Чернозем оподзоленный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,43	16759
Чернозем оподзоленный	СП		Маломощная малогумусная	1,1	365
Чернозем оподзоленный	СП		Среднемощная малогумусная	1,29	966
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ		Маломощный малогумусный	1,54	6898
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и сильносмытая до 10%	Маломощный малогумусный	1,6	437
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Маломощный малогумусный	1,56	3949
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Маломощный малогумусный	1,85	1040
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Маломощный малогумусный	1,58	2729
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Маломощный малогумусный	1,57	357
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Маломощный малогумусный	1,55	4049
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Маломощный малогумусный	1,63	1256
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10%	Маломощный малогумусный	1,57	467
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10%	Маломощный малогумусный	1,58	207
Чернозем остаточно-карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10% сильносмытая 10-25%	Маломощный малогумусный	1,77	180
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ			1,13	79300
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%		1,21	3529
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%		1,32	1133
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%		1,24	983
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%		1,31	4284
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%		1,15	7529
Чернозем солонцеватый	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%		1,26	625

Наименование	Гранулометрический состав	Степень эродированности	Мощность гумусового горизонта	P т/га	Площадь, га
Чернозем типичный	Г и ТГ	Мощная малогумусная		1,12	3228
Чернозем типичный	Г и ТГ	Среднемощная малогумусная		0,82	22278
Чернозем типичный	Г и ТГ	Среднемощная среднегумусная		0,82	1894
Чернозем типичный	Г и ТГ	Маломощная среднегумусная		1,11	524
Чернозем типичный	Г и ТГ	Мощная малогумусная		1,12	1317
Чернозем типичный	Г и ТГ	Среднемощная		0,82	190
Чернозем типичный	Г и ТГ	Среднемощная малогумусная		0,82	11270
Чернозем типичный	Г и ТГ	Среднемощная среднегумусная		0,82	58093
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и сильносмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,88	123
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Маломощная малогумусная	1,18	5733
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,14	23114
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	0,9	49085
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	0,95	59248
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	0,99	2481
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Мощная малогумусная	1,34	13783
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Мощная среднегумусная	1,34	1190
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,14	62449
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,92	113807
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная малогумусная	1,17	13733
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	0,99	46392
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% сильносмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,05	3968
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,04	39773
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,17	33896
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1	74171
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Мощная малогумусная	1,17	25053
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,12	56715
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,84	42083
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,11	9952
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	0,89	25889
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	0,94	1176
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,85	9722

Наименование	Гранулометрический состав	Степень эродированности	Мощность гумусового горизонта	P т/га	Площадь, га
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	0,83	237
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10% сильносмытая 10-25%	Мощная малогумусная	1,32	3100
Чернозем типичный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10% сильносмытая 10-25%	Среднемощная малогумусная	1,27	284
Чернозем типичный	СГ		Среднемощная малогумусная	1,63	432
Чернозем типичный	СГ		Среднемощная слабогумусированная	1,63	873
Чернозем типичный	СГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная слабогумусированная	1,65	436
Чернозем типичный	СП	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,89	182
Чернозем типичный	СП	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная слабогумусированная	1,88	605
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Среднемощная среднегумусная		1,36	157
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Среднемощная малогумусная		1,46	1895
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Среднемощная среднегумусная		1,36	15766
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,36	12766
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,37	1085
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,4	14025
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная малогумусная	1,37	1215
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,37	7928
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 10-25% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,4	331
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50%	Среднемощная малогумусная	1,36	14863
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,4	3953
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая 25-50% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,37	730
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,36	28266
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% сильносмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,46	338
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% сильносмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,37	9
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 10-25%	Среднемощная среднегумусная	1,4	2703
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая 25-50%	Среднемощная среднегумусная	1,44	2920
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и слабосмытая до 10% среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,37	692
Чернозем типичный карбонатный	Г и ТГ	Несмытая и среднесмытая до 10%	Среднемощная среднегумусная	1,37	3771
Черноземно-луговая	Г и ТГ			1,92	17844

Г – глинистая, ТГ –тяжелосуглинистая, СГ – среднесуглинистая, ЛСГ – легкосуглинистая, СП– супесчаная, П – песчаная