



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 911.2:631.4

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ И НОРМИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННЫХ ПОТЕРЬ ПОЧВЫ В ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОМ РАЙОНЕ НА ОСНОВЕ БАССЕЙНОВОГО ПОДХОДА¹

**О.В. Спесивый¹,
Ф.Н. Лисецкий²**

¹ Воронежский государственный педагогический университет, Россия, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, 86

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: olspes@yandex.ru;
liset@bsu.edu.ru

В статье рассмотрены методические и практические вопросы оценки сельскохозяйственных земель в регионах интенсивного сельскохозяйственного освоения, к которым относится и Центрально-Черноземный район. Предложены новые подходы к комплексной оценке деградации земель на основе бассейнового подхода с применением геоинформационных технологий. Обоснованы значения допустимых эрозионных потерь почвы. Проведена оценка интенсивности эрозионных процессов с использованием геоинформационной модели для Центрально-Черноземного региона.

Ключевые слова: земельные ресурсы, деградация земель, эрозия почв, допустимые эрозионные потери почвы, геоинформационное моделирование.

Центральное Черноземье – это развитый индустриально-аграрный экономический район. Для него характерна значительная антропогенная нагрузка на природную среду, одной из основных форм которой является сельскохозяйственное природопользование. Агроландшафты занимают 78% территории ЦЧР, при этом распаханно 64% от общей площади региона (табл. 1).

Таблица 1

Структура земельного фонда ЦЧР, тыс. га

Область, регион	Общая площадь	Сельхоз. угодья	Пашня	Сенокосы	Пастбища	Многолетние насаждения
Белгородская	2710	2105.6	1654.9	68.0	352.6	30.1
Воронежская	5240	3999.6	3153.1	144.7	664.3	37.5
Курская	2980	2392.3	1972.6	167.8	225.1	26.8
Липецкая	2410	1910.2	1654.9	61.8	165.1	28.4
Тамбовская	3430	2670.2	2267.4	100.9	270.9	31.0
ЦЧР	16770	13077.9	10702.9	543.2	1678.0	153.8

На пашне доминируют серые лесные почвы и черноземы. Наибольшая доля серых лесных почв представлена в западной части Курской области (22%). Основная же часть пашни приходится на выщелоченные и типичные черноземы, лишь в Воронежской и Белгородской областях значительна доля обыкновенных черноземов (33.3% и 19.5% соответственно). По гранулометрическому составу подавляющее большинство почв глинистые и тяжелосуглинистые. И только в Курской области встречается 33.2% почв среднего и легкосуглинистого состава [1]. Распределение по территории ЦЧР энергетических затрат на почвообразование, которые в определяющей степени обуславливают формирование предельной мощности гумусового горизонта почв, варьирует в диапазоне от 882 до 1159 МДж/(м²·год) [2].

В условиях ЦЧР одной из основных почвенно-экологических проблем является водная эрозия почв. В связи с продолжающейся деградацией земель необходимы новые подходы к ре-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 13-05-90710.



гулированию почвенно-разрушающих процессов. Для организации рационального природопользования необходимо учитывать все компоненты природно-хозяйственной геосистемы и связи в них. Наиболее полно это возможно в рамках водосборного бассейна – участка земной поверхности, в пределах которого движение вещества, энергии и информации, формирующих бассейн как единую природно-антропогенную систему, закономерно происходит от водоразделов к речной долине. Он также включает дренируемую часть почв и грунтов.

Бассейновый подход нашел широкое распространение в эколого-географических исследованиях (Р. Хортон, Н.И. Маккавеев, А.Д. Арманд, Ю.Г. Симонов, Р.С. Чалов, Л.М. Корытний, В.М. Смольянинов и др.). Так, Л.М. Корытний оценивает водосборный бассейн как «особую пространственную единицу биосферы, наиболее перспективную для многоаспектного изучения природы и экономики и для управления окружающей средой» [3]. В пользу использования бассейнового подхода говорит четкость и простота выделения границ; иерархическая структура, позволяющая переходить на различные территориальные уровни управления; организация однонаправленных потоков вещества, энергии и информации; геосистемные взаимосвязи, что дает возможность осуществлять все типы экологического мониторинга; приуроченность почвенного и растительного покрова, системы расселения и природопользования к бассейновой структуре; локализация техногенных источников загрязнения среды вдоль осей водосборных бассейнов – водотоков.

Цель исследования – выявить особенности развития на водосборных бассейнах Центрально-Черноземного региона эрозионных процессов и разработать предложения по борьбе с ними.

Используя геоинформационную модель бассейновой организации территории в среде ГИС *MapInfo Professional*, весь Центрально-Черноземный регион площадью 167.7 тыс. км² был разделен на 152 водосборных бассейна. При этом бассейн реки Дон (без притоков) в свою очередь был поделен на 4 части по природным особенностям (геоморфология, геологическое строение, особенности почвенного покрова). Средняя площадь выделенных бассейнов составила 1095.7 км² (минимальное значение – 64.9, максимальное – 6594.3 км²). Таким образом, все выделенные бассейны имеют площадь менее 50000 км² и относятся к малым и средним. При этом определено 130 бассейнов малых рек (площадью менее 2000 км²) с общей площадью 96025.5 км², что составило 57.3% от исследуемой территории. Это отвечает целям исследования, так как с увеличением площади водосбора снижается влияние местных условий на исследуемые параметры.

Для оценки структуры водосборных бассейнов проанализировано распределение площадей по типам местности в них с использованием ландшафтно-типологической карты ЦЧР [4], топографических карт Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей масштаба 1:500000, космодатаснимков *Landsat* на исследуемую территорию, собственных полевых исследований с 2002 г. по настоящее время [5] и материалов других авторов [6–8].

Пойменный тип местности занимает от 4.8 до 33.9% (среднее значение 9.9), надпойменно-террасовый – от 0 до 30.4% (среднее значение 6.2), склоновый – от 10.9 до 52.0% (среднее значение 32.6), плакорный – от 7.4 до 64.6% (среднее значение 47.6), зандровый – от 0 до 34.7% (среднее значение 1.6), междуречный недренированный – от 0 до 15.1% (среднее значение 2.0) от площади водосборов соответственно. Останцово-водораздельный тип местности распространен лишь в бассейне реки Левая Богучарка и занимает около 15.2% площади водосбора.

Плакорный и склоновый типы местности занимают в ЦЧР наибольшие площади. Наиболее ценными в хозяйственном отношении являются плакорные участки. На участках склонов высока вероятность проявления эрозионных процессов, поэтому была проведена оценка распаханности склонов и их средней длины. Доля склонов увеличивается на Среднерусской и Калачской возвышенностях (западная и южная часть региона), а также на Приволжской возвышенности (восточная часть Тамбовской обл.), а на Окско-Донской низменности доля склонов не превышает 20%. В этих же частях ЦЧР увеличивается доля распаханых склонов, достигая 77.5%. Минимальные значения составляют порядка 8.5%, в среднем по ЦЧР этот показатель равен 44%.

В целом же, уровень распаханности всей территории практически повсеместно составляет более 50% (среднее значение 60.3%), а в бассейне рек Волчья, Бурначка, Кариан и Ржакса превышает 75%.

Интенсивная распашка территории ЦЧР, в том числе склонов, ведет к активизации эрозионных процессов. Доля эродированной пашни (рис. 1) возрастает с 7–10% на северо-востоке региона на Окско-Донской низменности до 35–50% на юге и западе (Среднерусская возвышенность), при этом на крайнем юге и юго-востоке она превышает 50%.

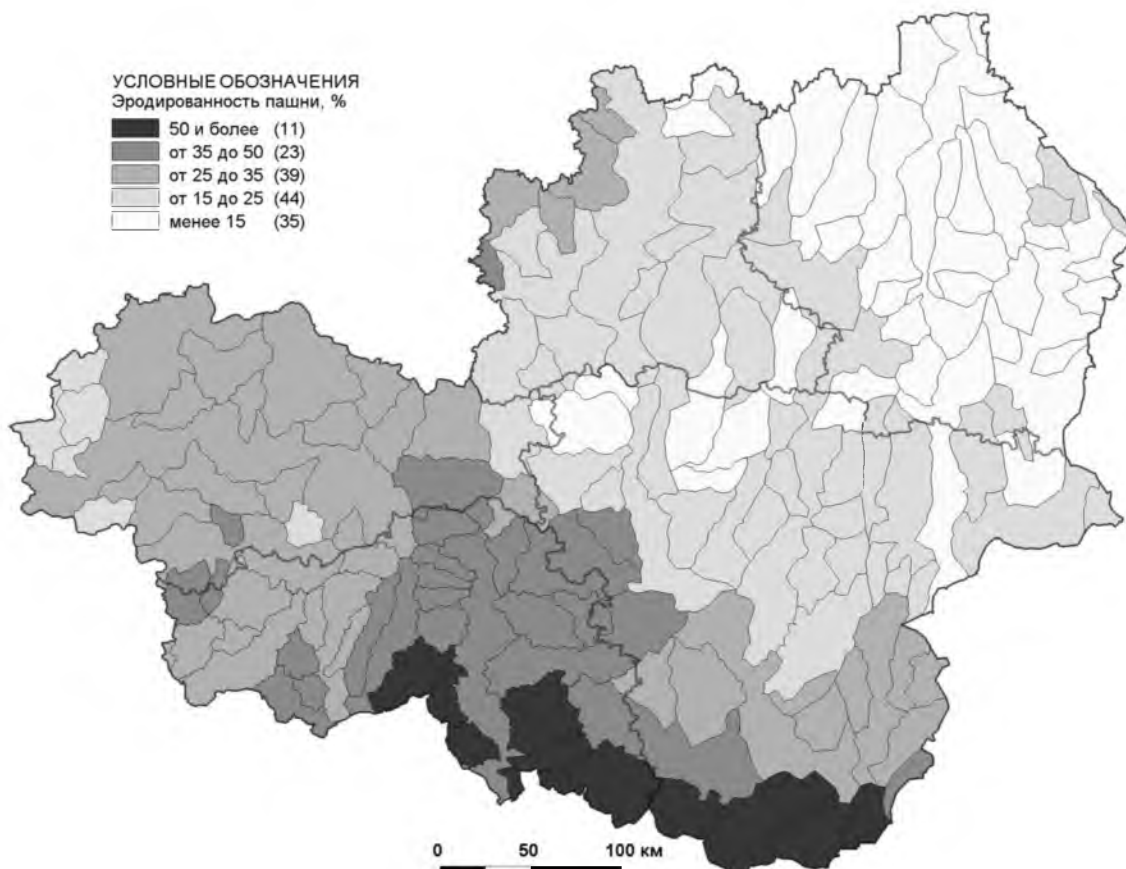


Рис. 1. Доля эродированной пашни по водосборным бассейнам ЦФР, составлено по данным муниципальных районов областей ЦФР (%)

Для оценки интенсивности смыва почвы с пахотных склонов в условиях полевого севооборота по водосборным бассейнам ЦФР были рассчитаны средневзвешенные показатели смыва почвы талыми водами в период снеготаяния, ливневым стоком в летнее время года и их суммарное воздействие (рис. 2).

Для оценки интенсивности эрозионных процессов нами использована методика ВНИИЗиЗПЭ [9]. Эрозионная опасность пашни устанавливается по четырем показателям: стоку талых и ливневых вод, смыву почв в период снеготаяния M_T и в теплый период года, когда выпадают ливневые осадки M_L .

$$M_T = \rho \cdot M_3 \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot \pi \cdot S \cdot \lambda \cdot K_Э \cdot K_{II} \quad (1)$$

$$M_L = \rho \cdot i \cdot L \cdot \sin \alpha \cdot \pi \cdot S \cdot \lambda \cdot A \cdot K_{II} \quad (2)$$

где M_3 – зональный средний многолетний смыв почвы с зяби или уплотненной пашни, т/га; ρ – коэффициент, зависящий от степени увлажнения территории; L – расстояние от водораздела до створа, для которого определяется смыв почвы, м; α – уклон склона в градусах на расстоянии L водораздела; π – коэффициент, учитывающий влияние на смыв профиля склона; S – показатель, характеризующий влияние на эрозию типа (подтипа) почвы; λ – коэффициент, отражающий влияние на эрозионные процессы степени эродированности пашни; i – 30-минутная интенсивность ливней 50%-ной обеспеченности, мм/мин; A – параметр, зависящий от вида агрофона в вегетационный период; $K_Э$ – коэффициент, показывающий воздействие на смыв экспозиции склона; K_{II} – коэффициент снижения смыва применяемыми почвозащитными агротехническими или гидромелиоративными приемами на пашне.

Расчетные значения интенсивности эрозии изменяются от 1.9 до 18.5 т/га в год (среднее значение 8.6 т/га), наименьшие значения характерны для северо-востока ЦФР (Окско-Донская низменность) и закономерно увеличиваются к западу и югу (Среднерусская и Калачская возвышенности). Кроме того, нами рассчитано время смыва гумусового горизонта до остаточной мощности 20 см при текущих условиях (срок службы почвы). Мощность гумусового горизонта, равная 20 см, соответствует сильной степени эродированности, при этом ряд авторов отмечает такую мощность как минимально возможную для ведения сельскохозяйственного земледель-



зования. Наименьшие расчетные значения (менее 300 лет) характерны для бассейнов рек Левая Богучарка, Дон (степной участок), Прутище, Козинка, Волчья, Нежеголь, Богучар, Курица, Усожа, Демино.

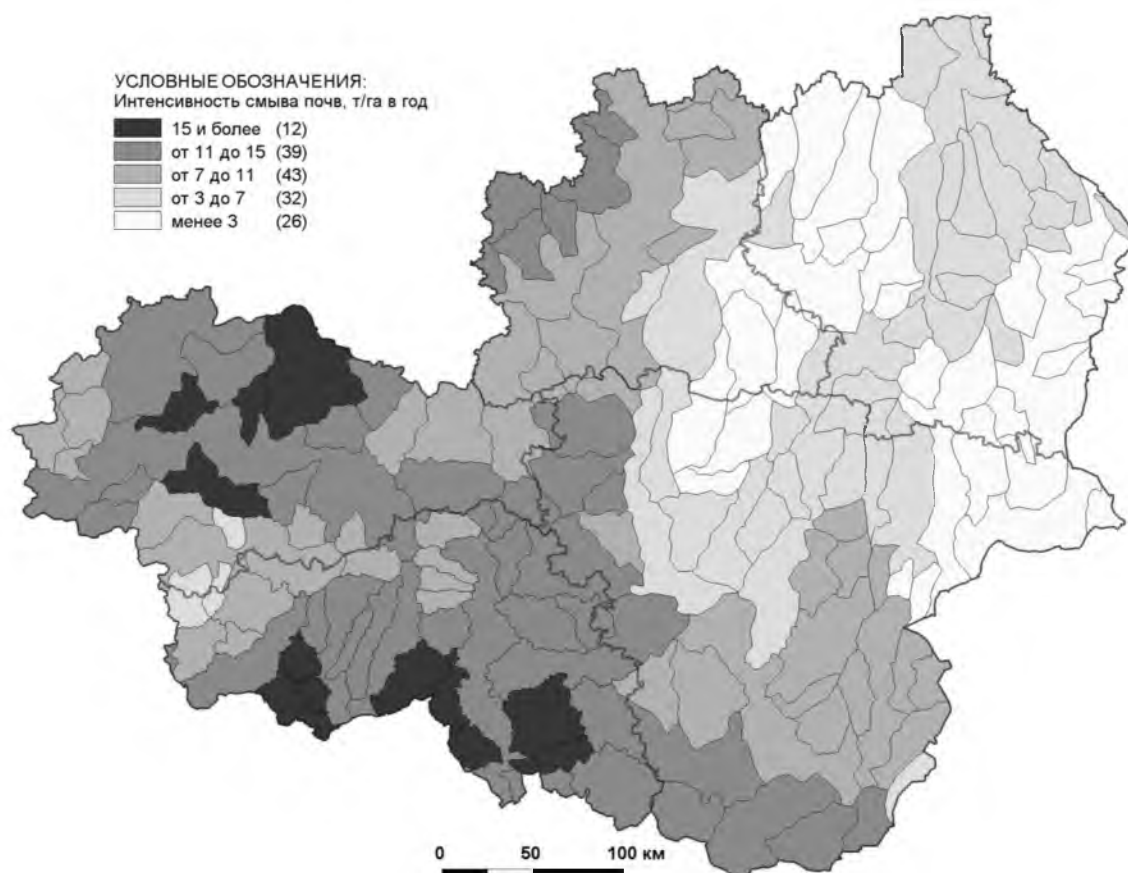


Рис. 2. Расчетная интенсивность эрозионных потерь почвы на пахотных склонах ЦЧР (т/га)

Выбор тактики и стратегии регулирования водно-эрозионных потерь почвы основывается на сопоставлении интенсивности современного смыва и допустимых эрозионных потерь. Ранее [10] одним из авторов работы были обоснованы допустимые эрозионные потери почвы – ДЭПП (табл. 2). На наш взгляд, значения ДЭПП возможно получить на основе представлений о долговечности почвы [11], установив ее равной 1000 лет, и минимально допустимой мощности гумусового горизонта в 0.2 м. Кроме этого, получаемое значение должно быть скорректировано в зависимости от качественного состояния (бонитета) почвы. Нами предлагается следующее выражение:

$$I_{Д} = \frac{B_{\Phi}(H - 0,2)10^3}{B_{KM}1000} + I_{П} \quad (3)$$

где $I_{Д}$ – допустимые эрозионные потери почвы, мм в год; $I_{П}$ – скорость почвообразования, мм в год; H – мощность гумусового горизонта А+АВ, м; B_{Φ} – фактический балл бонитета; B_{KM} – балл бонитета по критерию мощности гумусового горизонта; множитель для перевода в т/га в год – $10P$, где P – плотность почвы, т/м³.

Оценка интенсивности почвовосстановления основана на модели формирования ресурсно значимых свойств почв, разработанной Ф.Н. Лисецким и П.В. Голеусовым [12]. Так, процесс изменения мощности гумусового горизонта во времени может быть рассчитан с помощью функции Гомпертца, имеющей вид S-образной кривой, а скорость почвообразования – через ее производную. Современные скорости почвообразования полноголоценовых черноземов под травянистой растительностью в зависимости от благоприятности литологических условий близки к 0.04 мм/год, при этом по мере эрозионной сработки потенциальные скорости могут возрастать до 0.05, 0.09 и 0.12 мм/год для слабо-, средне- и сильносмытых почв соответственно [12].

Таблица 2

Допустимые эрозионные потери почвы, мм в год (в скобках – т/га в год)

Почвы	несмытые	слабо-смытые	средне-смытые	сильно-смытые
Чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый	0.44 (5.3)	0.37 (4.5)	0.26 (3.2)	0.14 (1.7)
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	0.45 (5.4)	0.38 (4.6)	0.27 (3.3)	0.15 (1.8)
Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	0.39 (4.7)	0.33 (4.0)	0.23 (2.8)	0.13 (1.5)
Чернозем южный тяжелосуглинистый	0.34 (4.1)	0.29 (3.4)	0.20 (2.4)	0.10 (1.3)

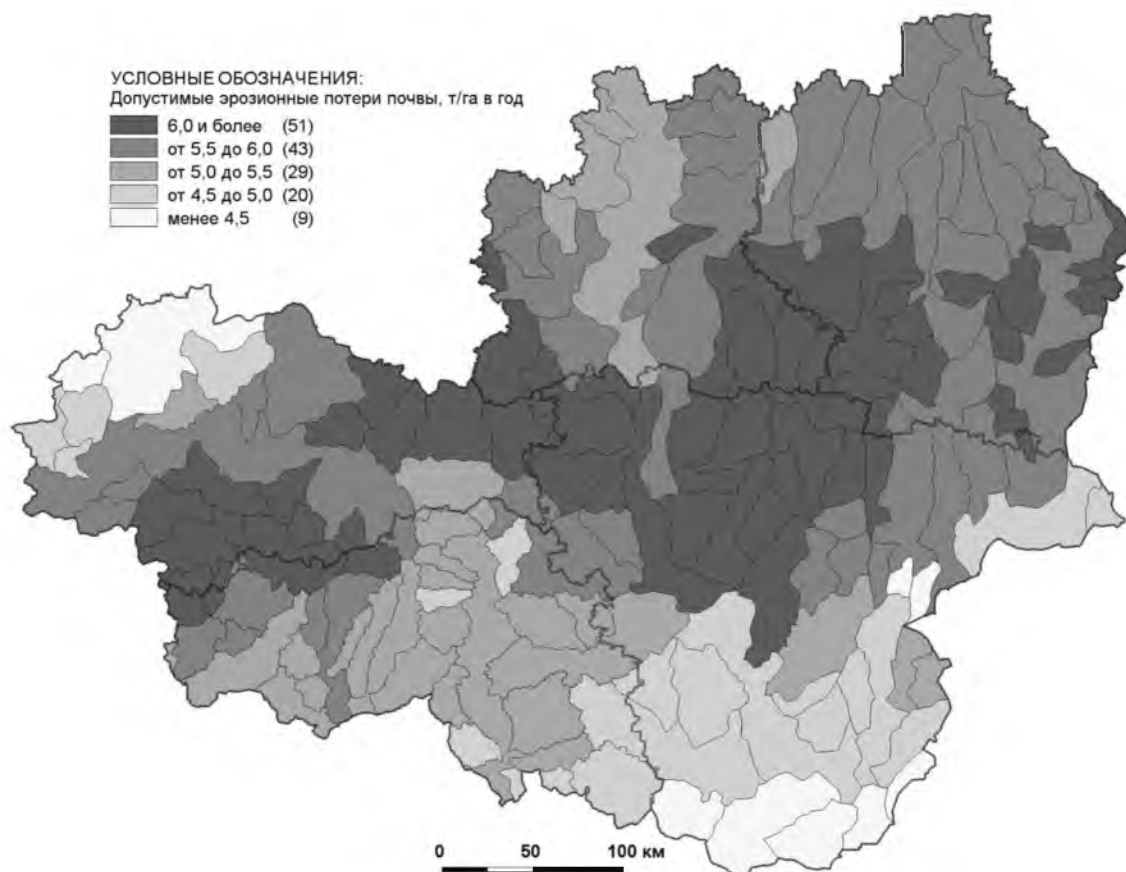


Рис. 3. Ежегодные допустимые эрозионные потери почвы в ЦЧР (т/га)

Дальнейшее развитие применения ДЭПП, по нашему мнению, связано с территориальной дифференциацией нормативных показателей в зависимости от конкретных условий природно-хозяйственной системы. Нами были рассчитаны значения допустимых эрозионных потерь почвы для водосборных бассейнов ЦЧР (рис. 3). Они изменяются от 4.1 до 6.7 (среднее значение 5.6 т/га в год). Наибольшие потери допустимы на водосборах в средней и северо-восточной частях региона, при этом прослеживается четкая связь с качественной оценкой земель – участки с большим бонитетом, приуроченные к полосе типичных черноземов, имеют и более высокие значения ДЭПП. Данные значения превышают скорости почвовосстановления и допускают постепенное снижение качества земель, а потому их следует считать временными, также возможен их пересмотр в сторону понижения при наличии экономически и научно обоснованных условий достижения таких норм.

Практическое значение имеет совместный анализ территориального соотношения оценочной интенсивности эрозии и ее допустимых пределов (рис. 4). Участки с превышением фактических эрозионных потерь над допустимыми потерями характерны для западной и южной частей региона, приуроченных к Среднерусской и Калачской возвышенностям.

Несмотря на то, что полученные данные носят усредненный характер, они полезны для общего представления об интенсивности эрозионных процессов и ее дифференциации по территории региона и позволяют выявить наиболее опасные участки, нуждающиеся в первоочередных противоэрозионных мероприятиях. Наиболее острая ситуация складывается в южной

части ЦЧР – в бассейнах рек Левая Богучарка, Дон (степной участок), Козинка, Прутище, Богучар, Волчья, Айдар, Нежеголь, Белая.

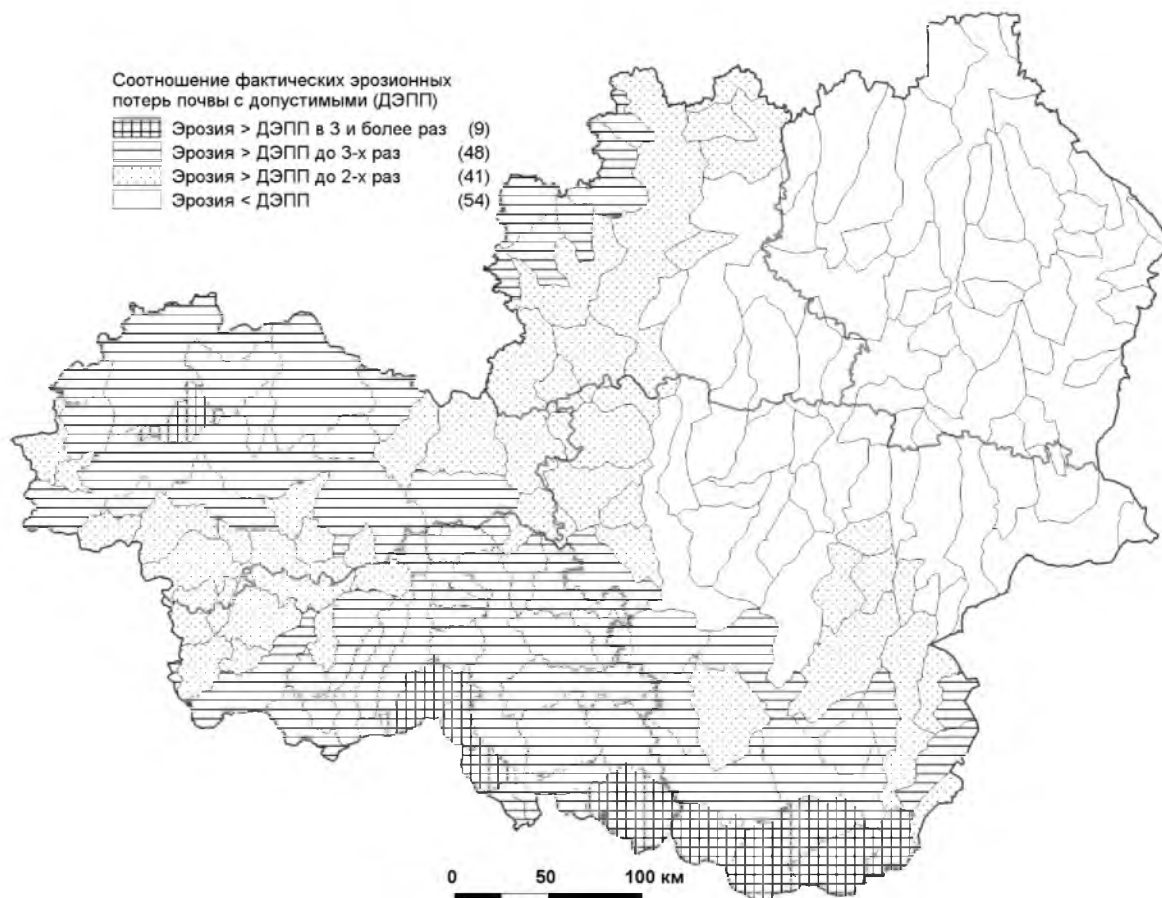


Рис. 4. Соотношение фактических и допустимых эрозионных потерь почвы в ЦЧР

Задачи по противоэрозионной организации территории и, в целом, рациональному использованию земель решаются путем землеустроительного проектирования. Для рационального землепользования необходимо наиболее полно учитывать морфологические и функциональные особенности ландшафта при адаптивном землеустройстве, способствовать охране и воспроизводству почвенного, растительного покрова и других природных компонентов.

Достижение поставленных целей возможно на основе ландшафтно-экологического подхода к землеустройству, предполагающего выявление связей в экосистемах агроландшафтов и их учет при выборе направлений и видов использования земель. Такое землеустройство направлено на изучение структурно-территориального расположения земельных угодий как природно-хозяйственных систем, их экологического состояния, выявление закономерностей их пространственного развития и учет оптимальной структуры ландшафтов для целей сельского хозяйства. Основные принципы ландшафтно-экологического землеустройства можно сформулировать следующим образом [13]:

1. Выбор местоположения проектируемого хозяйственного объекта на основе не только показателей экономической эффективности, но и природных условий, а также с учетом ландшафтного принципа формирования агросистем.

2. Проектирование устройства агроландшафтов с учетом комплексной оценки экологического состояния земель.

3. Внедрение в качестве элементов проекта устройства агроландшафта экотонов, кормовых полей, миграционных коридоров и микрозаказников (для зверей, птиц, энтомофагов и опылителей).

4. Выбор оптимального соотношения площадей, занимаемых угодьями различных видов при проектировании, что может увеличить устойчивость и продуктивность природно-хозяйственной системы.



5. Моделирование антропогенного воздействия нового хозяйственного объекта на природную систему при ландшафтном проектировании, определение допустимой антропогенной нагрузки на земельные ресурсы и комплекса почвозащитных мероприятий.

6. Планирование природоохранных почвозащитных мероприятий как составной части землеустроительного проекта. При этом учитываются результаты прогнозирования негативных природных процессов и оптимальный вариант проектного решения по экономическим и экологическим показателям.

Для успешной борьбы с эрозионными процессами и формирования экологически устойчивых агроландшафтов необходимо предусматривать и вводить в систему землеустройства территорий следующие мероприятия:

1) Мелиоративные организационно-хозяйственные: создание системы севооборотов, структуры угодий и посевных площадей, определение очагов деградации почв, консервация деградированной пашни, создание энтомологических заказников, кормовых полей для диких животных, создание экологических ниш, миграционных коридоров, создание островных луговых участков и межников на полях для фауны.

2) Водомелиоративные: орошение, осушение, обводнение пастбищ, противоэрозионные пруды и водоемы, прибрежные лесополосы, водоохранные зоны, западины (мочажины, блюдца), обустройство родников.

3) Гидромелиоративные мероприятия: сооружения противоэрозионных прудов, водозадерживающих валов, донных сооружений, дамб-перемычек, распылителей стока, прерывистых валов-каналов на ложбинах, нагорных и ловчих каналов, быстротоков, перепадов, консольных сбросов.

4) Агромелиоративные мероприятия: ограничение применения тяжелых почвообрабатывающих машин, буферные полосы из многолетних трав, адаптивность полевых, пропашных и почвозащитных севооборотов, почвозащитные технологии (переход от отвальной к безотвальной обработке), сокращение объемов применения пестицидов, обработка поперек склонов.

5) Лесомелиоративные мероприятия: лесные насаждения на пашне до 5%, полезащитные лесные полосы, стокорегулирующие лесные полосы, прибалочные лесные полосы, приовражные лесные полосы, насаждения на откосах, сплошное облесение, кустарниковые кулисы, насаждения по днищам оврагов, облесение конусов выноса в оврагах, илофильтры по днищу балок, водоохранные лесные полосы.

Таким образом, для исследования важной проблемы для Центрально-Черноземного региона – развития почвенной эрозии, нами был применен бассейновый подход и современные геоинформационные технологии и материалы дистанционного зондирования Земли. Применение комплексного подхода показало свою перспективность. На территории региона были выделены 152 водосбора, проведен их структурно-функциональный анализ и рассчитаны средневзвешенные значения смыва почв для пахотных склонов. Для борьбы с процессами почвенной деградации были предложены и обоснованы значения допустимых эрозионных потерь почвы и проведен анализ соотношения расчетных темпов смыва и предельно допустимых величин. В результате были выделены водосборные бассейны, нуждающиеся в первоочередном проведении землеустроительных мероприятий на ландшафтно-экологической основе.

Список литературы

1. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Почвенный покров Среднерусского Черноземья. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1993. – 216 с.
2. Лисецкий Ф.Н., Чепелев О.А. Климатическая обусловленность почвообразования в Центральном Черноземье // Вестник Воронежского государственного университета. – Серия: География. Геоэкология. – 2003. – №2. – С. 15–23.
3. Корьгтний Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. – 163 с.
4. Физико-географическое районирование центральных черноземных областей / под ред. Ф.Н. Милькова. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1961. – 261 с.
5. Спесивый О.В., Крюкова Н.А. Управление качеством земельных ресурсов Воронежской области: монография. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2012. – 214 с.
6. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: учебное пособие. – Воронеж: ВГАУ, 2003. – 250 с.
7. Косцова Э.В., Семенов О.П., Хруцкий С.В. Районирование территории Центрально-Черноземных областей по строению пахотных склонов в целях их мелиорации // Геоморфология. – 1982. – №2. – С. 43.
8. Смольянинов В.М., Стародубцев П.П. Комплексная мелиорация и орошение земель в Центрально-Черноземном регионе: состояние, условия развития: монография. – Воронеж: Изд-во «Истоки», 2011. – 179 с.
9. Герасименко В.П., Кумани М.В. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях / ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 2000. – 108 с.

10. Спесивый О.В. Обоснование допустимых эрозионных потерь почвы для целей управления качеством земельных ресурсов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2011. – № 10. – С. 77–84.

11. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения / под ред. А.А. Светличного. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.

12. Голушов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенных ландшафтах лесостепи. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.

13. Крюкова Н.А., Постолов В.Д., Спесивый О.В. Ландшафтно-экологическое обустройство земель: монография. – Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. – 218 с.

ESTIMATE OF THE INTENSITY AND REGULATION OF EROSION SOIL LOSSES IN CENTRAL CHERNOZEM REGION BASED ON THE BASIN APPROACH

O.V. Spesivy¹, F.N. Lisetskii²

¹ Voronezh State Pedagogical University, Lenina St, 86, Voronezh, 394043, Russia

² Belgorod State National Research University, Pobedy St, 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: olspes@yandex.ru; liset@bsu.edu.ru

The article deals with methodological and practical issues in assessment of agricultural land in regions of intensive agricultural development, which refers to the Central Chernozem region. We propose new methodological approaches to integrated assessment of land degradation with the use of GIS technology and based on basin approach. The approach to calculation of admissible erosive losses of soil is proved. Evaluation of intensity of erosive processes is carried out according to the geoinformation modeling applied for the particular regional area.

Key words: land resources, land degradation, soil erosion, soil erosion tolerance values, geoinformation modeling.