

## ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ПОЧВАХ РАЗНОЙ СТЕПЕНИ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ

В. Б. Цырибко<sup>1</sup>, А. М. Устинова<sup>1</sup>, И. А. Логачев<sup>1</sup>,  
А. В. Юхновец<sup>1</sup>, С. А. Касьянчик<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Национальная академия наук Беларуси, г. Минск, Беларусь

### ВВЕДЕНИЕ

Наиболее масштабным видом деградации почв на сельскохозяйственных землях Беларуси является эрозия. Вклад водной эрозии в разрушение почв составляет 56 %, дефляции – 28 %, а химической и физической – 12 и 4 % соответственно [1].

Всего в республике эрозии почв подвержено 473,3 тыс. га сельскохозяйственных земель, которые приурочены в основном к пахотным землям (361,7 тыс. га). Наибольшие площади эродированных почв сконцентрированы в Витебской, Гродненской, Минской и Могилевской областях [2].

Проявление эрозии обусловлено совокупным влиянием многих природных и антропогенных факторов и в значительной степени зависит от способности самой почвы противостоять воздействию дождевых капель и водному потоку. На территории Республики Беларусь средние темпы увеличения площади эродированных пахотных земель при традиционном ведении сельского хозяйства, а не почвозащитном земледелии составляют 139,4 га в год [3, 4].

Смыв гумуса и элементов минерального питания, ухудшение водно-физических и биологических свойств эродированных почв приводят к снижению их плодородия и производительной способности. Установлено, что в результате эрозионных процессов приводят к потерям до 240,0 кг/га гумуса, до 10,0 кг/га подвижного фосфора и калия [5].

В условиях Беларуси средние недоборы урожая зерновых культур и рапса составляют на слабоэродированных почвах до 15 %, среднеэродированных – до 30 %, сильноэродированных – до 45 %, пропашных культур – 20, 40, 60 соответственно, многолетних трав – 5, 18, 30 % [6–8].

Главным фактором, обуславливающим необходимость формирования почвозащитных комплексов на эродированных почвах, является экономическая целесообразность их применения. Ущерб от эрозионной деградации в отдельных районах республики составляет несколько миллионов рублей, достигая максимума (более 5 млн руб.) в Мстиславском районе Могилевской области [1].

В республике ранее разработаны различные элементы противоэрозионных систем земледелия, установлены почвозащитные коэффициенты культур и обработок почвы, предложены агротехнологические группировки эродированных почв. При этом следует отметить, что недостаточно полно раскрыт вопрос формирования почвозащитных комплексов в производственных условиях.

Цель исследований – обобщение и актуализация всех ранее предложенных противоэрозионных мер, и разработка универсального практикоориентированного подхода в формировании почвозащитных комплексов для склоновых земель.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований выступали эродированные супесчаные и суглинистые почвы сельскохозяйственных земель республики. В качестве исходных материалов использовались результаты научно-исследовательских работ лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии за период 1996–2022 гг. В ходе работы применялся комплекс аналитических методов, в том числе методы экспертных оценок и математической статистики. Прогнозирование интенсивности эрозионных процессов выполнено согласно методическим указаниям [9].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследованиях, ранее проведенных в лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии, были определены почвозащитные коэффициенты сельскохозяйственных культур, обработок почвы, систем удобрения, а также их комплексов. Установлено, что наиболее эффективным способом минимизации негативного влияния эрозии является насыщение севооборотов многолетними травами и применение безотвальных чизельных обработок на глубину 30–35 см [10–12].

На основании этих данных проведены агротехнологические группировки и разработаны рекомендации. Наиболее полными и научно обоснованными являются группы земель, предложенные А.Ф. Чернышом, основные принципы выделения которых следующие: степень эрозионной деградации, особенности рельефа и количественные показатели. Выделенные группы являются основой адаптивно-ландшафтного подхода в противоэрозионной организации территории [13–14]. Однако следует отметить две ключевые проблемы в активном использовании их на практике. Первая заключается в трудности выделения групп для специалиста без достаточного уровня подготовки в сфере почвоведения, эрозиоведения или географии почв, а также высокий уровень мозаичности почвенного покрова склоновых земель (рис. 1).

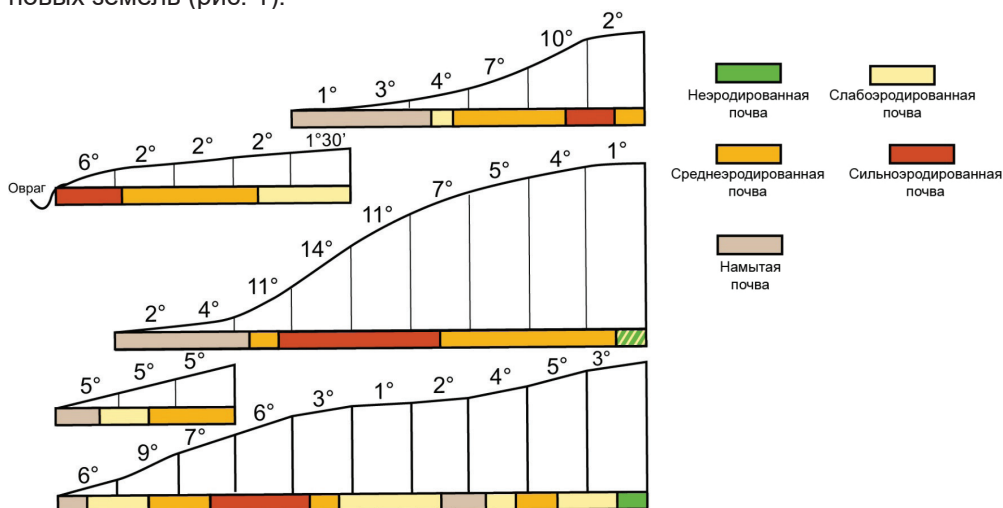


Рис. 1. Распределение почв разной степени эродированности на склонах различной формы [4 с доработкой авторами]

Как видно из рисунка 1, на склонах зачастую происходит чередование почв различной степени эродированности, что делает выделение агротехнологических групп затруднительным.

Второй проблемой применения групп является устоявшаяся практика ведения растениеводства в республике: выделенные в хозяйствах элементарные и рабочие участки включают почвы различной степени эродированности в различных пропорциях.

Для решения данных проблем на основании почвозащитных способностей сельскохозяйственных культур и количественных показателей потенциальных потерь почвы предлагается группировка эродированных почв по степени эрозионной опасности (табл.1).

Таблица 1

**Коэффициенты почвозащитной способности ( $K_3$ ) сельскохозяйственных культур**

Группы культур	Сельскохозяйственные культуры	$K_3$
Зябь	Без посевов	0,00
Пропашные	Картофель, сахарная свёкла, кукуруза, корнеплоды	0,08
Яровые зерновые, зернобобовые, яровой рапс	Яровая пшеница, яровой ячмень, яровое тритикале, овес, горох, люпин, яровой рапс	0,36
Однолетние травы	Горохо-, пелюшко-овсяные смеси	0,36
Озимые зерновые и рапс	Озимая рожь, озимая пшеница, озимое тритикале, озимый ячмень, озимый рапс	0,89
Многолетние травы 1-го года пользования	Клевер, люцерна, галега, бобово-злаковые травосмеси	0,92
Многолетние травы второго и последующих годов пользования	Клевер, люцерна, галега, бобово-злаковые травосмеси	0,98

Ключевым параметром группировки является минимизация интенсивности эрозионных процессов до предельно допустимого уровня 2,0 т/га в год [15].

Для разделения пахотных склоновых земель по степени эрозионной опасности использован показатель суммарной доли средне- и сильноэродированных почв на территории рабочего участка, поскольку именно на этих почвах наиболее затруднительно достижение допустимых показателей смыва почвы. Расчеты потенциального смыва моделировались с условием комбинирования в почвенном покрове неэродированных и слабоэродированных почв (потенциальный смыв 2,5 т/га) и средне- и сильноэродированных (потенциальный смыв 12,5 т/га) для зяби и различных почвозащитных севооборотов.

В результате расчетов потенциального смыва почвы установлены три степени эрозионной опасности земель и критерии их выделения (табл. 2).

На землях, характеризующихся низкой эрозионной опасностью, возможно возделывание пропашных культур и кукурузы, однако оптимальным является исключение их из севооборотов. Поскольку данные культуры не только способствуют развитию водно-эрозионных процессов, но обуславливают смещение и разрушение плодородного горизонта в ходе основной обработки почвы [3, 4, 16], а также приводят к потерям почвы в ходе уборки урожая, которые достигают 2,2 т/га для картофеля и до 5,0 т/га для сахарной свеклы [17].

Таблица 2

**Степени эрозионной опасности земель и критерии их выделения**

Степень эрозионной опасности	Доля незэродированных и слабоэродированных почв, %	Доля средне- и сильно-эродированных почв, %	Культуры, допустимые для возделывания
Низкая	90–100	0–10	все*
Средняя	40–89	11–60	все, кроме пропашных и кукурузы
Высокая	менее 40	более 60	многолетние травы с минимальной долей зерновых, рапса и однолетних трав

\* допустимы все группы культур, однако оптимальным для защиты почвы от эрозионной деградации является исключение пропашных культур.

При использовании почвозащитных обработок почвы возможно несколько улучшить почвозащитный эффект агрофона и допустить увеличение доли средне- и сильноэродированных почв в критерии определения эрозионной опасности, однако применение безотвальных чизельных обработок на глубину 30–35 см на территории республики ограничено, поэтому использование их при прогнозировании потенциального смыва лишено смысла.

Наибольшее распространение на склоновых землях из культур, обладающих низкой почвозащитной способностью, имеют сахарная свёкла и кукуруза. И, если возделывание первой обусловлено высокой рентабельностью и необходимостью получения сырья для сахарной промышленности, то на ограничение возделывания второй указывают не только защита почвы от деградации, но экономические факторы. Эколого-экономический ущерб при возделывании многолетних трав меньше, чем от кукурузы [1, 5], урожайность многолетних бобовых трав на склоновых землях выше [18, 19], а себестоимость ниже [19, 20]. Единственная причина допустимости возделывания кукурузы на эродированных почвах это то, что наряду с бобовыми травами, кукуруза является основой кормовой базы для животноводства, т. к. первые обогащают рацион белком, а вторая – углеводами, энергией, без которых ухудшается использование протеина [19]. Следует отметить, что наиболее

рациональным путем решения этой проблемы является увеличение урожайности кукурузы и размещение её посевов преимущественно на незэродированных почвах.

На основании почвозащитной способности культур и предложенной градации земель по степени эрозионной опасности разработаны примерная структура посевных площадей (табл. 3).

Норматив почвозащитной способности севооборота ( $H_{30}$ ) для земель с низкой степенью эрозионной опасности должен быть 0,44 и менее в зависимости от доли средне- и сильноэродированных почв, для земель со средней – 0,45–0,78, с высокой – 0,79 и выше.

На основании проведенных исследований и литературных данных [11, 21] предлагаем типовые почвозащитные комплексы севооборотов и обработок почвы для земель разной степени эрозионной опасности (табл. 4).

Таблица 3

**Структуры посевных площадей и их допустимость на землях разной степени эрозионной опасности**

Соотношение культур, %					Степень эрозионной опасности земель
Пропашные, кукуруза	Яровые зерновые, зернобобовые и рапс	Озимые зерновые и рапс	Однолетние травы	Многолетние травы	
33,3	33,3	33,3	0,0	0,0	низкая*
33,3	16,7	33,3	16,7	0,0	низкая
33,3	16,7	16,7	16,7	16,7	низкая
16,7	16,7	33,3	33,3	0,0	низкая
0,0	16,7	50,0	33,3	0,0	средняя
0,0	33,3	50,0	16,7	0,0	средняя
0,0	33,3	33,3	16,7	16,7	средняя
0,0	16,7	33,3	16,7	33,3	средняя
0,0	0,0	50,0	33,3	16,7	средняя
0,0	16,7	50,0	16,7	16,7	средняя
0,0	16,7	33,3	16,7	33,3	средняя
0,0	0,0	33,3	0,0	33,3	высокая
0,0	16,7	16,7	0,0	66,6	высокая
0,0	16,7	0,0	0,0	83,3	высокая
0,0	0,0	16,7	0,0	83,3	высокая

\* на землях низкой эрозионной опасности можно также использовать структуры, рекомендованные для земель средней и сильной степени опасности, а на землях средней – сильной.

**Типовые почвозащитные комплексы для земель,  
разной степени эрозионной опасности**

Тип севооборота	Чередование культур в севообороте	Прием обработки почвы под культуру	Система обработки в севообороте
Земли с низкой эрозионной опасностью			
Зерно-травяно-пропашной	1. Озимая пшеница + поживные	Безотвальная, минимальная	Отвально-безотвальная
	2. Картофель	Отвальная вспашка	
	3. Яровой ячмень + поживные	Безотвальная, минимальная	
	4. Кукуруза на зеленую массу	Отвальная вспашка	
	5. Озимая тритикале + поживные	Отвальная вспашка	
	6. Пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу	Безотвальная, минимальная	
Зерно-пропашной	1. Озимый рапс на семена	Безотвальная, минимальная	Отвально-безотвальная
	2. Сахарная свёкла	Отвальная вспашка	
	3. Овес	Безотвальная, минимальная	
	4. Озимая рожь + поживные	Безотвальная, минимальная	
	5. Кукуруза на зерно	Отвальная вспашка	
	6. Озимая рожь на зеленую массу + поукосные	Безотвальная, минимальная	
Земли со средней эрозионной опасностью			
Зерно-травяной	1. Озимая тритикале	Безотвальная, минимальная	Безотвально-отвальная
	2. Овес с подсевом бобово-злаковых трав	Безотвальная, минимальная	
	3–4. Бобово-злаковые травы	–	
	5. Озимая пшеница + поживные	Отвальная вспашка	
	6. Пелюшко-овсяная смесь на зеленую массу	Безотвальная, минимальная	
	Зерно-травяной	1. Озимая рожь + поживные	
2. Яровой ячмень с подсевом многолетних трав		Отвальная вспашка	
3–4. Бобово-злаковые травы		–	
5. Озимая пшеница		Отвальная вспашка	
6. Горох (пелюшка) с овсом на зеленую массу		Безотвальная, минимальная	

Продолжение таблицы 4

Тип севооборота	Чередование культур в севообороте	Прием обработки почвы под культуру	Система обработки в севообороте
<b>Земли с высокой эрозионной опасностью</b>			
Травяно-зерновой	1. Озимая рожь с подсевом многолетних бобовых трав	Отвальная вспашка	Отвальная
	2–6. Многолетние бобовые травы	–	
Травяно-зерновой	1. Озимая рожь с подсевом многолетних бобово-злаковых трав	Безотвальная, минимальная	Безотвально-отвальная
	2–3 Многолетние Бобово-злаковые травы	–	
	4. Озимая пшеница	Отвальная вспашка	
	5. Горох (пелюшка) с овсом на зеленую массу	Безотвальная, минимальная	
	6. Озимый ячмень	Безотвальная, минимальная	

Как указывалось ранее, с повышением степени эрозионной опасности рекомендуется увеличение доли озимых и многолетних трав, исключение пропашных культур в севооборотах, а также, по возможности, применение минимальных обработок почвы.

### ВЫВОДЫ

Установление степени эрозионной опасности почв склоновых пахотных земель базируется на учете удельного веса средне- и сильноэродированных почв и величины потенциального смыва почвенного мелкозема в результате эрозионных процессов.

Структура посевных площадей и типы почвозащитных севооборотов определяются на основе расчетов потенциальных потерь почвы при различном сочетании культур. Для снижения потерь почвы до предельно допустимого уровня, при формировании почвозащитного комплекса на эрозионноопасных землях необходимо учитывать потенциальную интенсивность эрозии, порядок чередования сельскохозяйственных культур в севообороте, характер основной обработки почвы и возможность её минимизации.

На землях с низкой эрозионной опасностью допустимо возделывать все группы сельскохозяйственных культур, на землях со средней степенью необходимо исключать из севооборота пропашные, а на землях с сильной – максимизировать долю многолетних трав.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оценка и прогноз эколого-экономического ущерба в результате эрозии почв (на примере Мстиславского района) / А. М. Устинова, В. Б. Цырибко, И. А. Логачев [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 2(71). – С. 24–33.

2. Почвы сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: практ. пособие; под ред. Г. И. Кузнецова, Н.И. Смяна. – Минск : Оргстрой, 2001. – 432 с.
3. Заславский, М. Н. Эрозиоведение : учебник для студентов геогр. и почв. спец. вузов / М. Н. Заславский. – М. : Высшая школа, 1983. – 320 с.
4. Жилко, В. В. Эродированные почвы Белоруссии и их использование / В. В. Жилко. – Минск : Ураджай, 1976. – 168 с.
5. Методика оценки и прогноза эколого-экономических потерь в результате эрозии почв на основе определения утраченного почвенного плодородия, прямых потерь продукции и снижения экономических результатов производства / В. Б. Цырибко, А. М. Устинова, С. А. Касьянчик [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2024. – 24 с.
6. Система нормативных показателей для прогноза и оценки эколого-экономических потерь в результате эрозионных процессов / А. М. Устинова, В. Б. Цырибко, И. А. Логачев [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2023. – № 1(70). – С. 7–15.
7. Продуктивность однолетних и многолетних трав на дерново-подзолистых почвах разной степени эродированности (результаты длительных полевых опытов) / Н. Н. Цыбулько, А. М. Устинова, А. В. Юхновец [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2022. – № 1(68). – С. 31–39.
8. Влияние эродированности дерново-подзолистых почв на продуктивность сельскохозяйственных культур (результаты длительных полевых опытов) / Н. Н. Цыбулько, А. М. Устинова, А. В. Юхновец [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2021. – № 2(67). – С. 7–17.
9. Методические указания по прогнозированию водно-эрозионных и дефляционных процессов на обрабатываемых землях Беларуси / Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2006. – 44 с.
10. Нормативные требования к использованию различных типов земель, основанные на почвозащитной способности возделываемых культур, систем удобрения и приемов обработки почвы, в репрезентативных районах трех почвенно-экологических провинций Беларуси в зависимости от агроэкологического состояния земель / Н. Н. Цыбулько, А. М. Устинова, В. Б. Цырибко [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 28 с.
11. Типовые ресурсосберегающие и почвозащитные системы севооборотов и структуры посевных площадей, адаптированные к районам проявления эрозии и избыточного увлажнения почв на основе агроэкологической оценки земель / Н. Н. Цыбулько, Т. Н. Азаренок, Л. И. Шибут [и др.]; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 19 с.
12. Цыбулько, Н. Н. Противоэрозионная эффективность основной обработки почв / Н. Н. Цыбулько // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 5(120). – С. 6–12.
13. Черныш, А. Ф. Экологически безопасное использование эрозионноопасных земель / А. Ф. Черныш, В. А. Горкунов, А. Э. Дубовик // Почвенные исследования и применение удобрений. – 2004. – Вып. 28. – С. 34–50.
15. Методические указания по проектированию почвозащитной системы земледелия с контурно-мелиоративной организацией территории в разных ландшафтных зонах Республики Беларусь / Ин-т почвоведения и агрохимии, Белорус. гос. проект.



ин-т по землеустройству, Белорус. гос. ун-т ; под общ. ред. А. Ф. Черныша. – Минск, 1997. – 43 с.

16. Деградация почв сельскохозяйственных земель Беларуси: виды и количественная оценка / А. Ф. Черныш, А. М. Устинова, В. Б. Цырибко [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – 2016. – № 2(57). – С. 7–18.

17. Tillage erosion: a review of controlling factors and implications for soil quality / K. Van Oost, G. Govers, S. De Alba [et al.] // Progress in Physical Geography Earth and Environment – 2006. – № 2. – P. 443–466.

18. Panagos, P. Soil loss due to crop harvesting in the European Union: A first estimation of an underrated geomorphic process / P. Panagos, P. Borrelli, J. Poesen // Science of the Total Environment – 2019. – № 664. – P. 487–498.

19. Логачёв, И. А. Влияние агрофизических и агрохимических свойств на противозерозионную стойкость дерново-подзолистых почв, сформированных на лессовидных и моренных суглинках : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.03 / Логачёв Илья Александрович ; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2024. – 22 с.

20. Тиво, П. Ф. Урожайность многолетних трав и кукурузы в Поозерье / П. Ф. Тиво, Л. А. Саскевич, Е. А. Бут // Земледелие и защита растений. – 2018. – № 3. – С. 3–7.

21. Шундалов, Б. М. Системная интенсификация производства и себестоимость продукции кормовых культур / Б. М. Шундалов // Аграрная экономика. – 2020. – № 7. – С. 59–72.

22. Рекомендации по типовому автоматизированному проектированию адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе оценки почвенно-ресурсного потенциала земель сельскохозяйственного назначения и экологической устойчивости агроландшафтов / Н. Н. Цыбулько, А. Н. Червань, А. М. Устинова [и др.] ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2020. – 47 с.

## FORMATION OF SOIL PROTECTION COMPLEXES ON SOILS WITH VARYING DEGREES OF EROSION HAZARD

V. B. Tsyrybka, H. M. Ustsinava, I. A. Lahachou,  
A. V. Yukhnovets, S. A. Kasyanchik

### Summary

The article presents criteria for establishing the degree of erosion hazard and principles for forming soil protection systems on erosion-hazardous lands. Determining the degree of erosion hazard is based on considering the component composition of moderately and highly eroded soils and the amount of potential loss of fine soil as a result of erosion processes. The structure of sown areas and types of soil protection crop rotations are determined based on calculations of potential soil losses with different crop rotation options.

Based on the conducted research, it has been established that on lands with low erosion hazard, it is permissible to cultivate all groups of agricultural crops, on lands with an average degree, it is necessary to exclude row crops from crop rotation, and on lands with a strong degree, the share of perennial grasses should be maximized

*Поступила 18.11.24*