

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ СЕВОБОРОТОВ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВАХ, СФОРМИРОВАННЫХ НА МОРЕННЫХ СУГЛИНКАХ**

**А.М. Устинова, С.А. Касьянчик, И.И. Касьяненко, А.А. Клус**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время в ряде случаев отмечается усиление процессов деградации почв, которое обусловлено следующими причинами: продолжающимся ростом антропогенного воздействия на почвенный покров, недостаточной эффективностью управления земельными ресурсами, слабым контролем за их использованием [1].

Эрозия почв в большинстве случаев – явление малозаметное, однако имеющее не только экономические и экологические, но и социальные, и медицинские последствия [2].

В современных условиях значительно возросла актуальность ресурсосбережения и экономии материально-технических средств. Поэтому важно сформировать такую систему земледелия, которая обеспечивала бы рациональное природопользование, экологическую безопасность и наибольший выход продукции с наименьшими затратами. Результатом эколого-экономической эффективности должна стать система земледелия, в наибольшей степени соответствующая природно-ресурсному потенциалу и особенностям каждого рабочего участка [3]. В эрозионных агроландшафтах приоритетной является почвозащитная адаптивно-ландшафтная система земледелия, которая в максимальной степени учитывает условия различных регионов [4].

Внедрение противоэрозионных комплексов, включающих дифференцированные почвозащитные севообороты, применение адаптивных систем удобрения, а также проведение почвозащитных обработок, способствует ослаблению и прекращению процессов эрозии, а также созданию наилучших условий для роста и развития растений.

Основная роль возделываемых культур заключается в формировании проективного покрытия почвы в наиболее эрозионно-опасные периоды, а также в увеличении поступающих в почву растительных остатков [5].

По данным лаборатории агрофизических свойств и защиты почв от эрозии Института почвоведения и агрохимии, за год с одного гектара водосборной площади с поверхностным стоком смывается в среднем до 10–15 т твердой фазы почвы, 150–180 кг гумусовых веществ, до 10 кг азота, 4–5 кг фосфора, 3–4 кг калия и 5–6 кг кальция и магния [4].

По современным представлениям о скорости почвообразования в естественных условиях за год образуется 1,65–2,0 т/га почвы. Эти показатели соответствуют уровню предельно допустимого смыва для дерново-подзолистых почв Беларуси. В культурных ландшафтах скорость почвообразования на 30–40 % ниже.

Цель проведенных исследований заключалась в оценке эколого-экономической эффективности применения дифференцированных почвозащитных севооборотов на эродированных дерново-подзолистых почвах, сформированных на моренных суглинках, в условиях Белорусского Поозерья.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые опыты по изучению эффективности применения дифференцированных почвозащитных севооборотов проводились в 2006–2010 гг. на стационаре «Браслав» РУП «Институт почвоведения и агрохимии» (СПК «Межаны» Браславского района) на наиболее подверженных водно-эрозионным процессам в Белорусском Поозерье дерново-подзолистых почвах, развивающихся на моренных суглинках. Почвы опытного стационара представлены единой почвенно-эрозионной катеной, включающей незэродированные, средне- и сильноэродированные, глееватые намывные разновидности. Исследования проводились в кормовом и зерно-травяном севооборотах.

Чередование культур по годам исследований следующее:

Севооборот	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Зерно-травяной	Вико-овсяная смесь	Яровая пшеница	Вико-овсяная смесь	Озимая пшеница	Горох
Кормовой	Яровая пшеница	Горохо-овсяная + бобовые травы	Люцерна + клевер	Люцерна	Люцерна

Варианты опыта в изучаемых севооборотах:

1. Минеральная система удобрения – контроль;
2. Органо-минеральная система удобрения.

Доза минеральных удобрений определялась возделываемой культурой, планируемой урожайностью и агрохимическими свойствами почвы. Органические удобрения (30 т/га навоза) в зерно-травяном севообороте внесены под яровую (2007 г.) и озимую пшеницу (2008 г.), в кормовом – под яровую пшеницу (2006 г.).

Общая площадь делянки на водораздельной равнине – 50 м<sup>2</sup>, на верхней и средней частях склона – 40, в нижней части – 30 м<sup>2</sup>. Размер учетной делянки на водоразделе – 35 м<sup>2</sup>, верхней и средней частях склона – 30, в нижней части склона – 25 м<sup>2</sup>. Количество делянок – 20. Общая площадь опыта – 1,4 га.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур – общепринятая для республики. Полученные данные статистически обработаны с применением дисперсионного анализа, с использованием пакета стандартных программ STAT на компьютере.

Экологическая эффективность оценивалась по предотвращению потерь гумуса и элементов питания растений, которая тесным образом связана со значениями коэффициента почвозащитной способности (Нз) севооборота. В кормовом севообороте он составил 0,90, в зерно-травяном – 0,72. Применение органических удобрений увеличивает Нз на 0,06.

Экономический эффект складывается из экономии средств за счет снижения смыва и увеличения урожайности сельскохозяйственных культур.

При расчете эколого-экономической эффективности применения севооборотов использованы нормативы затрат на внесение удобрений, эксплуатационные затраты на возделывание, уборку, доработку и реализацию урожая, а также

стоимость 1 т к.ед. на пашне и 1 т удобрений (на 01.01.2010), представленные в методике РУП «Институт почвоведения и агрохимии» [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что самый высокий смыв гумуса и элементов питания растений наблюдается на сильноэродированной почве – около 60 % общих потерь. На среднеэродированной он составляет приблизительно 40 %. Данные, полученные в многолетних полевых опытах, свидетельствуют, что средние многолетние потери составили на среднеэродированной почве: гумуса – 108 кг/га, азота – 6, фосфора – 2,4, калия 3 кг/га; на сильноэродированной – 72 кг/га, 4, 1,6 и 2 кг/га соответственно.

Установлено, что наибольшее предотвращение потерь получено в кормовом севообороте с органо-минеральной системой удобрения, причем самое высокое – на сильноэродированной почве (гумуса – 100,4 кг/га, азота – 5,6, фосфора – 2,2, калия – 2,8 кг/га) (табл. 1).

Таблица 1

### Предотвращенные потери гумуса и элементов питания в севооборотах

Севооборот и вариант	Почва	Гумус	Азот	Фосфор	Калий	Всего
Кормовой	NPK	Неэродированная	–	–	–	–
		Среднеэродированная	67,0	3,7	1,5	1,9
		Сильноэродированная	100,4	5,6	2,2	2,8
	NPK+навоз	Неэродированная	–	–	–	–
		Среднеэродированная	69,1	3,8	1,5	1,9
		Сильноэродированная	105,8	5,8	2,3	2,9
Зерно-травяной	NPK	Неэродированная	–	–	–	–
		Среднеэродированная	46,1	2,6	1,0	1,3
		Сильноэродированная	69,1	3,8	1,5	1,9
	NPK+навоз	Неэродированная	–	–	–	–
		Среднеэродированная	51,1	2,8	1,1	1,4
		Сильноэродированная	81,0	4,5	1,8	2,3

На эродированных почвах Поозерья наименее эффективным является применение зерно-травяного севооборота с минеральной системой удобрения, в котором предотвращенные потери составили лишь 46,1–69,1 кг/га гумуса, N – 2,6–3,8, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,0–1,5, K<sub>2</sub>O – 1,3–1,9 кг/га. Отметим, что в таком же типе севооборота, но с органо-минеральной системой удобрения величина предотвращенных потерь в 1,3 раза выше.

Учитывая количественные показатели предотвращенных потерь, определена их стоимость по оплате затрат на приобретение и внесение удобрений, необходимых для восстановления утраченного плодородия почв вследствие водно-эрозионных процессов. Стоимость предотвращенных потерь в кормовом севообороте составила 60–94 \$/га, что на 16–28 \$/га выше, чем в зерно-травяном, особенно на сильноэродированной почве (табл. 2).

Одним из основных критериев оценки эффективности любого агроприема является урожайность сельскохозяйственных культур, которая под воздействием

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

водно-эрозионных процессов значительно уменьшается. На дерново-подзолистых почвах, развивающихся на моренных суглинках, продуктивность культур, возделываемых в опыте, зависела как от системы удобрения, так и от эродированности почвы (табл. 3).

Таблица 2

### Стоимость предотвращенных потерь гумуса и элементов питания в севооборотах, \$/га

Севооборот и вариант		Почва	Гумус	Азот	Фосфор	Калий	Всего
Кормовой	NPK	Неэродированная	–	–	–	–	–
		Среднеэродированная	55,98	1,99	1,34	0,26	59,6
		Сильноэродированная	83,97	2,98	2,01	0,39	89,3
	NPK+навоз	Неэродированная	–	–	–	–	–
		Среднеэродированная	57,78	2,05	1,38	0,27	61,5
		Сильноэродированная	88,48	3,11	2,10	0,40	94,1
Зерно-травяной	NPK	Неэродированная	–	–	–	–	–
		Среднеэродированная	38,52	1,37	0,92	0,18	41,0
		Сильноэродированная	57,78	2,05	1,38	0,27	61,5
	NPK+навоз	Неэродированная	–	–	–	–	–
		Среднеэродированная	42,74	1,52	1,02	0,20	45,5
		Сильноэродированная	67,72	2,41	1,62	0,31	72,1

Таблица 3

### Производительная способность дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных суглинках, ц/га к.ед. (в среднем за 2006–2010 гг.)

Степень эродированности	Зерно-травяной севооборот			Кормовой севооборот		
	NPK	NPK + навоз	± к NPK	NPK	NPK + навоз	± к NPK
Неэродированная	54,1	59,4	+5,2	66,5	72,6	+6,1
Среднеэродированная	45,3	51,0	+5,7	52,9	57,3	+4,3
± к неэродированной	–8,8	–8,4	–	–13,6	–15,3	–
Сильноэродированная	42,1	48,2	+6,1	46,2	51,8	+5,6
± к неэродированной	–12,0	–11,2	–	–20,3	–20,8	–
Глееватая намытая	47,1	47,4	+0,3	58,4	63,4	+5,0
± к неэродированной	–7,0	–12,0	–	–8,1	–9,2	–
HCP <sub>0,05</sub> фактор А( почва)	6,6			8,9		
фактор В (удобрение)	5,7			7,1		

Продуктивность культур зерно-травяного севооборота в среднем за 5 лет в варианте NPK изменялась от 42,1 до 54,1 ц/га к.ед. в зависимости от степени эродированности, а при внесении NPK + навоз – от 47,4 до 59,4 ц/га к.ед. Недобор урожайности на эродированных разновидностях составил 8,8–12,0 и 8,4–11,2 ц/га к.ед. в зависимости от варианта. Совместное применение органических и минеральных удобрений увеличило производительную способность исследуемых почв примерно на 10–14 %, или на 5–6 ц/га к.ед., по сравнению с NPK.

Наиболее продуктивной из культур зерно-травяного севооборота оказалась озимая пшеница – 70–85 ц/га к.ед.

За ротацию кормового севооборота при внесении только минеральных удобрений получено 46,2–66,5 ц/га к.ед., в варианте NPK+навоз – 51,8–72,6 ц/га к.ед. Производительная способность эродированных почв снизилась в зависимости от системы удобрения на 20–30 % (13,6–20,3 ц/га к.ед.) и 21–29 % (15,3–20,8 ц/га к.ед.) соответственно. Применение органических удобрений увеличило продуктивность сельскохозяйственной культуры на 4,3–6,1 ц/га к.ед. (8 %).

В кормовом севообороте самый высокий выход кормовых единиц отмечен при возделывании многолетних бобовых трав третьего года пользования – 89–114 ц/га к.ед.

Таким образом, наибольший противоэрозионный эффект и высокая производительная способность дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных суглинках, могут быть достигнуты, используя их в кормовом севообороте с органо-минеральной системой удобрения.

При расчете экономической эффективности доходными статьями являются стоимость предотвращенных потерь гумуса и элементов питания, а также стоимость продукции.

В среднем за пять лет самая высокая продуктивность получена в кормовом севообороте с органо-минеральной системой удобрения. Стоимость продукции здесь наибольшая – 299–430 \$/га. С учетом стоимости предотвращенных потерь доход при таком использовании эродированных почв составил 429–470 \$/га (табл. 4). В варианте NPK получено на 30–41 \$/га меньше.

Таблица 4

**Эколого-экономическая эффективность применения дифференцированных почвозащитных севооборотов (в среднем за 2006–2010 гг.)**

Почва	Вариант	Доход	Сумма затрат	Чистый доход	Рентабельность, %
		\$/га			
Кормовой севооборот					
Неэродированная	NPK	430,3	286,2	144,1	50
	NPK + навоз	469,7	319,4	150,3	47
Среднеэродированная	NPK	401,8	252,2	149,7	59
	NPK + навоз	432,2	281,2	151,1	54
Сильноэродированная	NPK	388,3	235,4	152,8	65
	NPK + навоз	429,2	267,4	161,8	61
Зерно-травяной севооборот					
Неэродированная	NPK	350,0	344,4	5,6	2
	NPK + навоз	384,3	375,7	8,6	2
Среднеэродированная	NPK	334,1	322,4	11,6	4
	NPK + навоз	375,4	354,7	20,8	6
Сильноэродированная	NPK	333,9	314,4	19,4	6
	NPK + навоз	383,9	347,7	36,2	10

Культуры зерно-травяного севооборота менее продуктивны, особенно в варианте NPK. Стоимость продукции здесь составила 272–350 \$/га, а доход – 334–350 \$/га. В варианте NPK + навоз доход выше на 34–50 \$/га.

К расходным статьям относятся затраты на приобретение, доставку и внесение органических и минеральных удобрений, закупку семян, эксплуатационные затраты на возделывание, уход, уборку и доработку сельскохозяйственных культур.

## 1. Почвенные ресурсы и их рациональное использование

Наиболее затратным является возделывание культур в зерно-травяном севообороте с органо-минеральной системой удобрения – 348–378 \$/га. Сумма затрат в кормовом севообороте на 56–80 \$/га ниже, так как возделывание многолетних трав 2–3 года пользования включало только затраты на удобрение и уборку зеленой массы. Внесение органических удобрений увеличило затраты на 29–33 \$/га.

Самый высокий общий доход и наименьшие затраты обеспечили максимальный чистый доход в кормовом севообороте с органо-минеральной системой удобрения. В зависимости от степени эродированности он изменялся от 150,3 до 161,8 \$/га при уровне рентабельности 47–54 %. Отметим, что наибольший эколого-экономический эффект получен на сильноэродированной почве – 161,8 \$/га с рентабельностью 54 %. В варианте NPK, несмотря на меньшие затраты, чистый доход на 1–9 \$/га ниже, чем при совместном применении органических и минеральных удобрений. В то же время рентабельность незначительно выше – на 3–5 %.

Наименьший общий доход и высокие затраты в зерно-травяном севообороте обусловили самый низкий чистый доход (8,6–36,2 \$/га при органо-минеральной и 5,6–19,4 \$/га при минеральной системе удобрения). При этом на сильноэродированной почве чистая прибыль приблизительно в 4 раза выше, чем на незэродированной почве. Рентабельность изменялась от 2 % на незэродированной почве до 6–10 % на сильноэродированной.

Сравнивая севообороты между собой, отметим что эколого-экономическая эффективность применения кормового севооборота на эродированных дерново-подзолистых почвах, сформированных на моренных суглинках, в 4 и более раз выше, чем зерно-травяного.

## ВЫВОДЫ

1. Наибольший противозерозионный эффект и высокая производительная способность дерново-подзолистых почв, сформированных на моренных суглинках, могут быть достигнуты при использовании их в кормовом севообороте с органо-минеральной системой удобрения – 51,8–72,6 ц/га к.ед. в среднем за пять лет.

2. Эколого-экономическая оценка применения дифференцированных почвозащитных севооборотов показала, что самый высокий эффект на эродированных почвах Поозерья получен в кормовом севообороте с органо-минеральной системой удобрения – 150–162 \$/га чистого дохода при уровне рентабельности 47–54 %. При этом предотвращение потерь на эродированных дерново-подзолистых почвах составило: гумуса – 69–106 кг/га, азота – 4–6, фосфора – 2, калия – 2–3 кг/га.

3. насыщение севооборота зерновыми культурами привело к снижению показателей как экологической, так и экономической эффективности по сравнению с кормовым севооборотом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Савченко, В.В. Национальная программа действия по борьбе с деградацией земель и роль почвенных исследований в ее осуществлении / В.В. Савченко,

А.Ф. Черныш, В.М. Яцухно // Современные проблемы повышения плодородия почв и защиты их от деградации: материалы междунаро. науч.-практ. конф., посвящ. 75-летию Института почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, и III съезда почвоведов, Минск, 27–29 июня 2006 г. / Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2006. – С. 228–230.

2. Литвин, Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России / Л.Ф. Литвин. – М.: Академкнига, 2002. – 255 с.

3. Эколого-экономические нормативы эффективного использования разнокачественных земель сельскохозяйственного значения: науч. изд. / под ред. В.Г. Гусакова. – Минск, 2003. – 46 с.

4. Проектирование противозерозионных комплексов и использование эрозионноопасных земель в разных ландшафтных зонах Беларуси: рекомендации / под общ. ред. А.Ф. Черныша; Ин-т почвоведения и агрохимии НАН Беларуси. – Минск, 2005. – 52 с.

5. Черныш, А.Ф. Оценка эффективности применения почвозащитных приемов на склоновых землях Белорусской гряды (по результатам исследований на стационаре «Стоковые площадки») / А.Ф. Черныш, А.Э. Радюк, А.В. Юхновец // Почвоведение и агрохимия. – 2007 – № 1 (38). – С. 54–61.

6. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений / И.М. Богдевич [и др.]; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – 24 с.

## **THE EFFICIENCY OF THE DIFFERENTIATED SOIL PROTECTIVE CROP ROTATIONS APPLICATION ON THE ERODED SOD-PODZOLIC SOILS DEVELOPED ON MORAIN CLAY LOAMS, IN THE CONDITIONS**

**A.M. Ustinova, S.A. Kas'yanchik, I.I. Kas'yanenko, A.A. Klus**

### **Summary**

The results of ecologic-economical estimation of the application of the differentiated soil protective crop rotations on the eroded sod-podzolic soils developed on moraine clay loams, in the conditions of the Belarusian Poozery are shown at the article. It was determined that the maximum effect obtained in food crop rotation with organic-mineral fertilizing system – 150–162 \$/ha net income in the level of profitability 47–54 %. Saturation of rotation crops by cereal leded to a reduction of the ecological and economical efficiency indicators in comparison with the food crop rotation.

*Поступила 6 ноября 2012 г.*