

# Эколого-экономическая оценка возделывания сельскохозяйственных культур на эрозионно опасных склонах Ростовской области на примере ярового ячменя

*А.П. Васильченко, к.т.н., Э.А. Гаевая, к.б.н.,  
ФГБНУ Донской зональный НИИСХ*

В степной зоне Ростовской области большинство земель подвержено ветровой и водной эрозии. Для предотвращения процессов деградации необходим переход на земледелие на ландшафтной основе. Свыше 26%, или 54 млн га, сельхозугодий сейчас подвержено эрозии, а снижение урожаев на эродированных почвах составляет 34–47%. Ежегодная убыль гумуса на пашне составляет 0,62 т/га, а в целом по России – 81,4 млн т [1–3].

Академик А.Н. Каштанов считает, что без здоровой экологии не может быть здорового производства. Общеизвестно, что на данном этапе развития сельскохозяйственной науки стоит задача создания эколого-экономически эффективного производства, способного решать задачу наращивания производства продукции при одновременном сохранении окружающей среды [4]. Обеспечить агроэколого-экономическую эффективность природоохранной системы земледелия можно только на основе рационального построения механизированных производственных процессов, научной проработки организационно-экономических мероприятий по их выполнению. Комплексный учёт требований, предъявляемых к рациональной организации производственных процессов на склоновых землях, позволяет оптимизировать и рационально использовать основные факторы производства: земельные, материальные, трудовые, финансовые ресурсы и предпринимательство, при этом повышая эколого-экономическую эффективность природоохранной системы земледелия [5].

**Целью** нашего исследования явилось изучение эколого-экономической оценки способов обработки почвы, используемых для возделывания ярового ячменя в условиях Ростовской области на эродированных землях.

**Материал и методы исследования.** Исследование было проведено в многофакторном стационарном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области в 1990–2016 гг. Опыт был заложен в 1986 г. в системе контурно-ландшафтной организации территории склона крутизной до 3,5–4° с комплексом гидротехнических приёмов и простейших сооружений – валов-каналов и валов-террас, позволяющих снизить до безопасных пределов сток талой и ливневой воды и смыв почвы.

Почва опытного участка – чернозём обыкновенный, тяжелосуглинистый на лёссовидном суглинке,

среднеэродированный. Среднегодовой сток 20 мм (максимальный 34,4 мм). Среднегодовой смыв почвы составляет 18,5 т/га (максимальный – 42 т/га); мощность А пах. – 25–30 см, А+Б – от 30 до 60 см – в зависимости от смывости; содержание гумуса в почве – 3,8–3,83%; содержание общего азота в слое 0–30 см – 0,14–0,16%, исходное содержание подвижных фосфатов – 15,7–18,2 мг, обменного калия – 282–337 мг/кг почвы.

Климат зоны проведения исследований засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Среднее многолетнее количество осадков составляет 492 мм, распределение их в агрономической оценке часто (3,7 года из каждых 10) малоблагоприятное [6].

Урожайность ярового ячменя изучали в двух севооборотах, развёрнутых в пространстве и во времени в трёхкратной повторности: севооборот I – 20% чистого пара, 60% зерновых культур, 20% пропашных; севооборот II – 60% зерновых культур, 20% пропашных и 20% многолетних трав. Делянки были размещены рендомизированно. Применяли три уровня органо-минерального питания растений (0 – естественное плодородие; 1 – полуперепревший навоз КРС 5т + N<sub>46</sub>P<sub>24</sub>K<sub>30</sub> и 2 – полуперепревший навоз КРС 8т + N<sub>84</sub>P<sub>30</sub>K<sub>48</sub> на 1 га севооборотной площади), а также две системы основной обработки почвы – чизельную (Ч) и отвальную (О).

Эколого-экономическую оценку систем земледелия проводили по методике, предложенной Е.В. Полуэктовым (2002) [7]. Математическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (2011) [8].

**Результаты исследования.** Водная и ветровая эрозия – наиболее распространённый вид деградации почвы в степных зонах Ростовской области. В стационарном опыте в Донском зональном НИИСХ по изучению севооборотов различных конструкций и способов обработки почвы на склоне крутизной 3,5–4°, среднегодовой смыв почвы составил 18,5 т/га, максимальный (42 т/га) был отмечен при интенсивном снеготаянии. Использование контурно-ландшафтной организации территории с полосным размещением культур на эрозионно опасных склонах позволило сократить процессы эрозии, сохранить влагу атмосферных осадков при таянии снега и задержать её во время летних ливней.

Наблюдения за смывом почвы проводили на стационарном опытном поле начиная с 1990 г. и

по нынешнее время. В 77% из всех лет наблюдений были отмечены эрозионные процессы различной интенсивности. Количество смытой почвы в различных севооборотах составляло от 2,4 до 4,6 т/га. Максимальное количество почвы, смытой во время интенсивного снеготаяния, при контурно-полосной организации территории составило 13,8 ц/га на вариантах при отвальной обработке в севооборотах, содержащих в структуре посевных площадей 20% чистого пара. Применение чизельной обработки сократило смыв в этом севообороте в среднем на 43%.

Наименее устойчивы к эрозионным процессам были поля, подготовленные с осени к севу яровых культур, в частности ярового ячменя. Наибольшей устойчивостью к смыву и размыву обладали поля, занятые озимыми культурами или многолетними травами. В севообороте, содержащем в структуре посевных площадей многолетние травы, смыв почвы был сокращён на 22%, а в некоторые годы его вообще удалось предотвратить (табл. 1).

1. Зависимость запаса воды в снеге и смыва почвы от способа основной обработки и конструкции севооборота, т/га, 1990–2016 гг.

Сево-оборот	Обработка почвы	Смыв, т/га	Запас воды в снеге, т/га
I	Ч	3,2	49,0
	О	4,6	47,0
II	Ч	2,4	46,5
	О	3,1	43,6

Одной из задач почвозащитного земледелия является защита почвы от эрозии в зимний период. Использование почвозащитных обработок позволяет сократить смыв почвы до безопасных пределов. Почвозащитные способы обработки почвы привели к сокращению количества смытой почвы на 29% и более.

Систему обработки почвы, её преимущества и недостатки следует рассматривать не обособленно – под культуру, а в системе севооборота,

где соотношение и сменяемость обработки имеет системный характер. Степень защиты от эрозионных процессов должна соответствовать силе их проявления и либо предотвращать их полностью, либо снижать до безопасных пределов.

Возможность предотвращения смыва почвы зависит от ряда факторов, среди которых – площадь водосбора, крутизна и длина склона, объём талой и ливневой воды, а также эффективность противоэрозионных мероприятий. Объём талой воды зависит от количества выпавшего снега и интенсивности его таяния. В нашем исследовании наибольшее количество снега было отмечено при чизельной обработке (49,0–46,5 т/га), после которой остаётся наибольшее количество стерневых остатков. Однако процессы эрозии при этой обработке были отмечены в меньшей степени. Влага, образовавшаяся при таянии снега, частично или полностью впитывалась в почву по капиллярам, образующимся в результате обработки почвы. Усиление комплекса мероприятий за счёт применения чизельной обработки, шелевания почвы и образования по границе полос валов высотой 18–20 см также способствует предотвращению смыва почвы.

В результате процессов эрозии теряется органическое вещество почвы и элементы питания. На рисунке приведено содержание гумуса за 26 лет наблюдений. Отмечена тенденция увеличения его содержания по мере интенсификации уровня применения удобрений. Исходное содержание органического вещества почвы при закладке опыта было 3,82–3,83%. На вариантах, где удобрения не вносили в почву, наблюдалось снижение этого показателя до 3,58–3,67%. В севообороте с 20% чистого пара на варианте, где вносили 100 кг д.в. органо-минеральных удобрений, содержание гумуса снизилось на 0,15 абсолютного процента. Замена поля чистого пара на многолетние травы позволила сохранить плодородие на прежнем уровне. Увеличение дозы удобрений в 1,5 раза повысило содержание органического вещества почвы на 0,12–0,27 абсолютного процента.

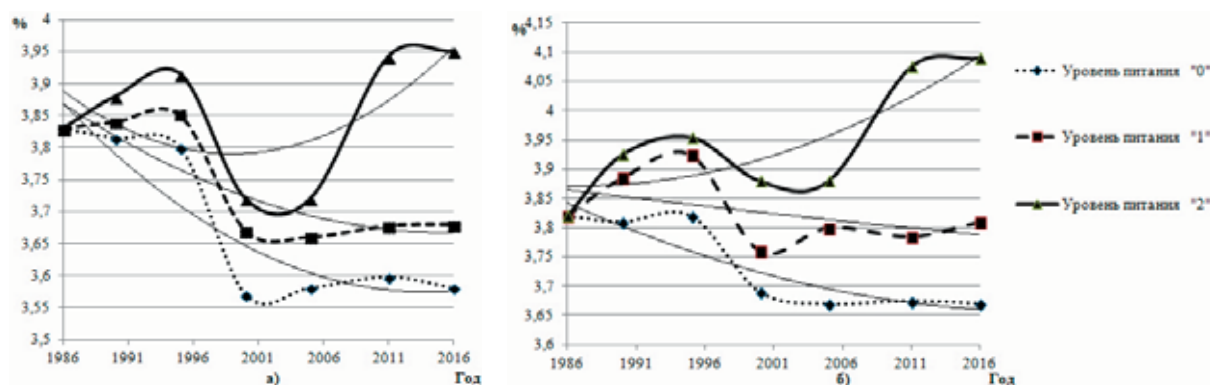


Рис. – Содержание гумуса (%) в севооборотах различной конструкции в зависимости от уровня применения удобрений (среднее за 1986–2016 гг.): а) – севооборот I; б) – севооборот II

Помимо потерь гумуса в результате выноса с урожаем отмечались потери, связанные со смывом. Наибольшее количество гумуса (165,2 кг/га) теряется со стоком и смывом в севообороте с чистым паром при отвальной обработке. В севообороте, где 40% пашни в зимний период занято культурами сплошного сева, потери органического вещества почвы меньше на 30%. В таблице 2 представлены потери со стоком и смывом гумуса и основных элементов питания: азота, фосфора и калия.

Экологическое состояние пашни взаимосвязано с её экономическими характеристиками. Поэтому повышение экологической эффективности рассматривается как улучшение качества земли, позволяющее получать дополнительную продукцию и повышать экономические показатели хозяйств в результате предотвращения ущерба природной среде там, где большие площади занимают эрозионно опасные земли в целом. При анализе этих потерь выявлена аналогичная тенденция, что и при анализе потерь почвы, смытой в результате процессов эрозии. Наибольшее количество основных элементов питания со смывом теряется при отвальной обработке почвы в севообороте с полем чистого пара.

Для оценки ущерба от водной эрозии была рассчитана компенсация годового ущерба от потери гумуса и основных элементов питания. Для этого было рассчитано необходимое количество минеральных удобрений и навоза, которое необходимо вносить в почву для компенсации потерь помимо установленных норм вносимых удобрений под культуру. В натуральном и денежном выражении наименьшие затраты на восстановление почвенного плодородия отмечались при чизельной обработке и составляли 2,0–3,3 тыс. руб. Затраты при отвальной обработке были больше на 9,0–12,1% (табл. 3).

Экологический эффект (предотвращение потери почвы) от применения обработок на эрозионно опасных склонах может быть оценён по экономии затрат на восстановление плодородия почв, утраченного в результате процессов эрозии. Экономический эффект оценивается по снижению затрат на выполнение технологических операций. Экономия ресурсов была отмечена в снижении затрат на обработку почвы, заработную плату и на дизельное топливо.

При проведении эколого-экономической оценки изучаемых способов обработки почвы было отмечено, что количество затрат, понесённых при проведении агротехнических операций на 1 га севооборотной площади при возделывании ярового ячменя, составляет 5,20–5,88 тыс. руб.

Урожайность ярового ячменя изучали в зависимости от способа обработки почвы и дозы применения удобрений. За годы исследования урожайность ярового ячменя, выращиваемого без применения удобрений, колебалась от 1,89 до 2,05 т/га. Внесение удобрений в дозе 100 кг на 1 га севооборотной площади позволило увеличить урожайность на 25–29%, а увеличение дозы удобрений в полтора раза – на 36–40% в сравнении с вариантами, где удобрения не применяли ( $P > 0,05$ ).

Нами установлено, что наибольшую рентабельность обеспечивали варианты с почвозащитной или чизельной обработкой, как наименее энергоёмкой. На вариантах опыта без внесения удобрений условный чистый доход был меньше, чем затраты на восстановление почвенного плодородия и производственные, поэтому и рентабельность была ниже 100%. Применение удобрений позволило повысить рентабельность до 146–149% на варианте с чизельной обработкой. Рентабельность на варианте с отвальной обработкой была несколько меньше за счёт более

2. Потери гумуса и основных элементов питания в севооборотах различной конструкции в зависимости от способа обработки почвы, кг/га (среднее за 1990–2016 гг.)

Севооборот	Способ обработки почвы	Гумус, кг	Азот, кг	Фосфор, кг	Калий, кг
I	Ч	115,0	6,88	5,12	77,2
	О	165,2	9,89	7,36	111,0
II	Ч	88,1	5,16	3,84	57,9
	О	114,0	6,67	4,96	74,8

3. Эколого-экономическая эффективность различных способов основной обработки почвы при возделывании ярового ячменя (среднее за 2014–2016 гг.)

Показатель	Уровень питания, способ обработки почвы					
	Ф-0		Ф-1		Ф-2	
	Ч	О	Ч	О	Ч	О
Производственные затраты, тыс. руб/га	5,20	5,25	5,21	5,26	5,64	5,88
Затраты на возмещение ущерба от эрозии, тыс. руб/га	2,0	2,2	2,6	2,8	3,3	3,7
Всего затрат, тыс. руб/га	7,2	7,5	7,8	8,1	8,9	9,6
Урожайность, т/га	2,05	1,89	2,75	2,62	3,19	3,16
Себестоимость продукции, тыс. руб.	3,5	3,9	2,8	3,1	2,8	3,0
Стоимость произведённой продукции, тыс. руб.	14,4	13,2	19,3	18,3	22,3	22,1
Условный чистый доход, тыс. руб/га	7,2	5,8	11,4	10,3	13,4	12,5
Рентабельность, %	99,3	77,6	146,5	127,5	149,8	130,9

высоких затрат на восстановление почвенного плодородия и общепроизводственных затрат.

**Выводы.** Применение чизельной обработки почвы на склоновых землях Ростовской области сокращает смыв почвы на 29–43%. Регулярное внесение органо-минеральных удобрений в повышенных дозах увеличивает содержание гумуса на 0,12–0,27 абсолютного процента. Систематическое применение удобрений в дозе 100 кг на гектар севооборотной площади на склоновых землях увеличивает урожайность ярового ячменя на 25–29%, а в повышенных дозах – на 36–40%. Наиболее высокий эколого-экономический эффект был получен по чизельной обработке почвы, который выражался в экономии средств, используемых на восстановление плодородия почвы, на 9–10%. Наибольшая рентабельность производства ярового ячменя – 146–149% получена на варианте с применением чизельной обработки, как наиболее оптимальной в условиях эрозионно опасного склона.

## Литература

1. Полуэктов Е.В., Чешев А.С. Рациональное использование эродированных земель. Ростов-на-Дону, 1990. 127 с.
2. Гаевая Э.А. Воспроизводство гумуса в севооборотах, расположенных на эрозионно опасных склонах // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013. № 2 (40). С. 27–31.
3. Мероприятия по охране почв от эрозии: научный обзор ФГНУ «РосНИИПМ» / Г.Т. Балакай, Е.В. Полуэктов, Н.И. Балакай, А.Н. Бабичев, В.А. Кулыгин, Л.А. Воеводина, Л.И. Юрина, Н.И. Тупикин, Е.А. Кропина, А.Б. Финошин. М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2010. 71 с.
4. Каштанов А.Н., Лисецкий Ф.Н., Швецб Г.И. Основы ландшафтно-экологического земледелия. М.: Колос, 1994. 125 с.
5. Городецкий А.П. Эколого-экономические основы природоохранных систем земледелия в эрозионных и эрозионно опасных агроландшафтах // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 2. С. 80–83.
6. Селянинов Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата // Мировой агроклиматический справочник. Л.-М., 1977. 220 с.
7. Полуэктов Е.В., Техина М.В., Техин И.И. Эколого-экономическая оценка систем земледелия с комплексом противоэрозионных мероприятий // Методические указания для дипломного проектирования. Новочеркасск: Изд-во НГМА. 2002. 48 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов): учеб. 6-е изд. М.: ИД Альянс, 2011. 352 с.