

## Стабильность эрозионно-опасного склона

*А.Е. Мищенко, к.с.-х.н.,  
Донской зональный НИИСХ РАСХН*

Водная эрозия является одним из наиболее распространённых видов деградации почв. Эродированные в той или иной степени почвы занимают более 2 млн га площади пахотных земель Ростовской области.

Одним из главных факторов, определяющих смыв почвы, является крутизна склона. Наблюдения показывают, что при крутизне склонов до 2° смыв почв и грунтов происходит слабо. На склонах от 2 до 5° смыв становится достаточно заметным, а при больших уклонах он проявляется гораздо интенсивнее. Форма продольного профиля склона также обуславливает характер, ход и соотношение процессов эрозии и аккумуляции [1].

Экспозиция склонов способствует как усилению, так и ослаблению плоскостного смыва. Это связано с различным нагреванием склонов при таянии снега, а также неодинаковой мощностью снежного покрова и другими факторами. В разных климатических условиях влияние экспозиции склона на смыв происходит по-разному. В северных районах, на склонах северной экспозиции, запасы снега и глубина промерзания почв и грунтов больше, чем на южных. Поэтому здесь по мере таяния снега происходит постепенный смыв почв и грунтов, который превышает смыв на склонах южной экспозиции.

В южных районах, тем более на склонах южной экспозиции, почва освобождается от снега быстрее, происходит интенсивный смыв верхних слоев. На северных же склонах в связи с меньшим притоком солнечной радиации интенсивность снеготаяния несколько ниже, чем на южных, при этом талые воды успевают впитаться в почву и водная эрозия проявляется несколько слабей.

Комплексы мероприятий по защите почв от эрозии должны быть направлены на рациональное использование земель, регулирование поверхностного стока и предотвращение эрозионных процессов.

Все приёмы можно условно разделить на группы. В первую входят преимущественно агротехнические мероприятия, которые оказывают влияние на водопоглощение и сток по всей площади их применения (вспашка, рыхление, щелевание). Вторую составляют приёмы локального действия непосредственно возле линейных рубежей (валы, каналы, террасы).

А.Н. Каштанов отмечал, что применяемые почвозащитные агротехнические мероприятия в лесных и степных зонах страны могут задерживать на пашне 50–120 м<sup>3</sup> талой воды на гектаре [2].

Одним из основных достоинств контурно-ландшафтной организации территории и пологого размещения культур в севооборотах на склонах являются их противоэрозионные возможности, стабильность в противостоянии эрозионным процессам, стоку талых и ливневых вод, смыву почвы.

Экспериментальные данные наших исследований свидетельствуют о том, что основным показателем почвозащитных свойств изучаемых звеньев севооборотов является сокращение стока талых и ливневых вод, приводящих к смыву верхнего, наиболее плодородного слоя почвы. Главное различие изучаемых звеньев севооборотов заключается в степени их устойчивости к стоку и смыву.

Водная эрозия проявляется при определённом сочетании природных факторов, существенное значение среди которых имеют запасы воды в снеге, интенсивность снеготаяния, количество и интенсивность выпадения жидких атмосферных осадков. Запасы воды в снеге, которые могут вызвать сток и смыв почвы, формируются к началу снеготаяния.

За годы исследования накопление снега на различных вариантах происходило неодинаково. Наибольшее количество накопленного снега отмечалось на варианте пар чистый, по чизельной обработке – 19,2, по отвальной – 20,0 см.

По чизельной обработке высота снежного покрова была ниже, чем по отвальной, но запасы влаги в накопленном снеге были выше на 10%.

Это объясняется тем, что на поверхности почвы после почвозащитной обработки оставалась стерня и пожнивные остатки, которые способствовали задержанию снега при его перераспределении, при этом происходило уплотнение снега.

Наименьшее количество снега (и влаги в нём), накопленного в зимний период на посевах, отмечалось при размещении озимой пшеницы по кукурузе на силос. По чизельной обработке высота снежного покрова составила 14,5, а по отвальной – 14,2 см, запас влаги здесь был равен 26,2 и 25 мм соответственно. Это объясняется тем, что всходы озимой пшеницы были получены позже, чем на других вариантах, и растения озимой пшеницы ушли в зиму слаборазвитыми, что способствовало снижению проекционного покрытия почвы растительностью и уменьшению снегозадержательной способности данного варианта. На остальных вариантах накопление снега находилось в пределах от 15,6 до 18,6 см.

Из всех характеристик снежного покрова – его высота, дата образования, плотность, теплопроводность, водоудерживающая способность и т.д. – важнейшими интегральными стокообразующими показателями являются

количество воды в снеге и продолжительность снеготаяния. Следует отметить, что влажность почвы к моменту снеготаяния также оказывает влияние на процессы стока и смыва. Так, при незначительных влагозапасах в почве образовавшаяся вода в процессе снеготаяния практически полностью может поглощаться верхними горизонтами почвы.

Совокупность этих факторов обуславливала различные показатели стока воды и смыва почвы в изучаемых звеньях севооборотов.

Погодные условия зимних месяцев 2004 г. замедляли процесс снеготаяния. Это способствовало более полному впитыванию талых вод верхними слоями почвы и предотвращению развития эрозионных процессов.

Определение стока и смыва почвы в период весеннего снеготаяния в 2004–2006 гг. показало, что их величина зависела от соотношения в звене севооборота эрозионно-устойчивых и неустойчивых культур, агрофонов.

Наиболее устойчивым в отношении водной эрозии от талых вод показало себя зерновое звено севооборота. Здесь при весеннем снеготаянии смыва почвы не регистрировалось, сток талых вод по всем способам обработки почвы по сравнению с другими вариантами был минимальным и составил 4,0 мм. Данную ситуацию можно объяснить тем, что озимая пшеница является культурой сплошного сева, сев осуществляется в системе контурно-полосной организации склона. От сева до ухода в зиму озимая пшеница хорошо развивала корневую систему, из-за чего и происходило армирование верхних слоёв почвы. Эти факторы способствовали аккумуляции влаги в почве, предотвращали её смыв.

В зернопаровом звене севооборота по сравнению с другими вариантами были отмечены наибольшие показатели стока и смыва по обеим основным обработкам почвы. По чизельной обработке сток талых вод составил 14,9, по обычной – 19,1 мм. Смыв почвы в этом звене севооборота по обычной обработке составил 4,1 т/га, что на 20,5% больше, чем по чизельной. Сток и смыв почвы в данном звене севооборота был связан с наличием парового поля. Согласно

общепринятой классификации [3, 4] культур и агрофонов паровое поле является неустойчивым к эрозионным процессам (табл. 1).

В зернобобовом звене севооборота сток талых вод по чизельной основной обработке находился на уровне 10,4 мм, по обычной основной сток был выше на 13,4%. Смыв почвы в данном звене севооборота по обеим обработкам находился в пределах 2,0–2,3 т/га. В звене севооборота горох по этим показателям является менее устойчивой культурой по сравнению с озимой пшеницей. Это связано с технологическими приёмами обработки почвы под яровую культуру. В период осень – весна, когда почва остаётся незащищённой, что способствует развитию эрозионных процессов, это отмечается и в зернопропашном звене севооборота.

В ходе наших наблюдений было отмечено, что после чизельной обработки сток и смыв почвы был меньшим по сравнению с обычной основной обработкой почвы. Так, в зернопаровом звене сток снижался на 22%, а смыв почвы – на 17%. Положительное влияние почвозащитной обработки отмечается и в зернопропашном звене севооборота – здесь количество стока снижается на 7%, смыв почвы равнялся 2,1 т/га по обеим обработкам. Чизельная обработка по всем вариантам проявляла себя как влагосберегающий и почвозащитный элемент агротехники культур. В зернобобовом звене севооборота отмечено снижение смыва почвы по чизельной обработке по сравнению с обычной на 15%.

Доминирование чизельной обработки почвы над отвальной в отношении стокозадержания объясняется разрушением плужной подошвы, образованием щелей по профилю почвы после прохода чизельного орудия и наличием пожнивных остатков, стерни на поверхности почвы. Стерня и пожнивные остатки способствуют гашению энергии потока талых вод, разделению его на более мелкие ручейки и, как следствие, уменьшению (а в некоторых случаях предотвращению) его способности разрушать верхний горизонт почвы.

Характер проявления смыва, вызываемого ливневыми осадками, существенно отличается

1. Сток талых вод и смыв почвы в звеньях севооборотов в среднем за 2004–2007 гг.

Звено севооборота	Способ обработки почвы	Сток, мм	Смыв, т/га
Чистый пар – озимая пшеница	чизельная	14,9	3,4
	обычная	19,1	4,1
Горох – озимая пшеница	чизельная	10,4	2,0
	обычная	11,8	2,3
Озимая пшеница – озимая пшеница	чизельная	4,0	0,0
	обычная	4,0	0,0
Кукуруза на силос – озимая пшеница	чизельная	9,4	2,1
	обычная	10,1	2,1

Примечание: в 2003/04 сельскохозяйственном году при весеннем снеготаянии стока талых вод и смыва почвы не наблюдалось по всем вариантам

от смыва, вызываемого интенсивным таянием снега [5, 6].

В условиях снеготаяния верхний, насыщенный влагой, слой почвы может легко стекать по мёрзлому нижележащему горизонту. В случае выпадения ливней значительное количество осадков, поступая за короткий промежуток времени, не успевает впитаться в почву, вызывает развитие мелких эрозионных борозд или промоин [7, 8].

С увеличением интенсивности ливня могут увеличиваться и размеры капель, вследствие чего при одном и том же количестве осадков может осуществляться различное механическое воздействие на почву, что существенно отличается от воздействия осадков на почву в виде морозящего дождя.

За годы исследований все изучаемые звенья севооборотов, кроме парового, были устойчивы к смыву почвы (табл. 2).

Смыв почвы (9,28 т/га по отвальной и 8,60 т/га по чизельной обработке почвы) в паровом поле происходил из-за отсутствия растительности и частых обработок, которые способствуют увеличению пылевидных фракций.

Эти факторы ведут к снижению эрозионной устойчивости, к смыву почвы и стоку ливневых вод, которые могли бы аккумулироваться в почве. Сток ливневых вод наблюдался во всех изучаемых звеньях севооборотов. Максимальным он был в паровом звене – 12,34 мм по отвальной, 10,47 мм по чизельной обработке. Это свидетельствует о

наименьшей эрозионной устойчивости пара и в целом парового звена севооборота.

При возникновении эрозионных процессов в различных звеньях севооборотов происходят и потери гумуса и основных элементов питания (табл. 3).

Наибольшие потери основных элементов плодородия почвы, наряду с максимальным смывом почвы, зарегистрированы в зернопаровом звене севооборота, что обусловлено наличием неустойчивого элемента к водной эрозии – парового поля. В зернопропашном и зернобобовом звеньях севооборотов при наличии яровых культур, более устойчивых к эрозионным процессам, чем чистый пар, отмечается снижение потерь гумуса и элементов минерального питания растений, но не предотвращение их в целом.

В период весеннего снеготаяния здесь был зарегистрирован наименьший сток талых вод (4,0 мм по всем обработкам). Смыв почвы здесь не отмечался. За время летней вегетации озимой пшеницы сток ливневых вод также был минимальным (1,88 по чизельной и 2,17 мм по отвальной). Смыв почвы здесь не проявлялся.

Наиболее неблагоприятным звеном севооборота в отношении стока, смыва почвы, потерь гумуса, элементов питания является зернопаровое звено.

Однако при проведении длительных исследований севооборотов различной конструкции с различным соотношением устойчивых и не устойчивых к стоку и смыву культур И.Н. Ли-

## 2. Сток ливневых вод и смыв почвы в звеньях севооборотов в среднем за 2003–2007 гг.

Звено севооборота	Способ обработки почвы	Сток ливневых вод, мм	Смыв почвы, г/га
Чистый пар – озимая пшеница	чизельная	10,47	8,60
	обычная	12,34	9,28
Горох – озимая пшеница	чизельная	1,96	Смыва не отмечено
	обычная	2,25	
Озимая пшеница – озимая пшеница	чизельная	1,88	
	обычная	2,17	
Кукуруза на силос – озимая пшеница	чизельная	2,34	
	обычная	2,63	

## 3. Потери гумуса и элементов питания в севооборотах от стока талых, ливневых вод и смыва почвы (средние за 2003–2007 гг.)

Звено севооборота	Способ обработки почвы	Суммарные потери со стоком и смывом (расчётные), кг/га		
		гумус, кг/га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/га	K <sub>2</sub> O, кг/га
Зернопаровое	чизельная	431	0,5	3,7
	обычная	478	0,6	4,1
Зернобобовое	чизельная	70	0,06	0,6
	обычная	82	0,06	0,7
Зерновое	чизельная	нет	нет	нет
	обычная	нет	нет	нет
Зернопропашное	чизельная	79	0,07	0,7
	обычная	78	0,07	0,7

## 4. Сток талой воды и смыв почвы в севооборотах различной конструкции, 1991–2007 гг.

Севооборот	Способ обработки почвы	Сток, мм	Смыв почвы, т/га
А – пар – 20% Мн. травы – 0%	чизельная	19,1	3,7
	обычная	19,4	4,3
Б – пар – 10% Мн. травы – 20%	чизельная	24,7	2,6
	обычная	19,9	3,3
В – пар – 0% Мн. травы 40%	чизельная	21,1	1,7
	обычная	19,2	2,2

Примечание: сток талой воды и смыв почвы имели место в 1992, 1993, 1994, 1997, 1998, 2000, 2002 и 2005 гг.

стопадов свидетельствует о том, что водная эрозия отмечается во всех изучаемых севооборотах (табл. 4). Наиболее устойчивым к эрозионным процессам отмечен севооборот В, здесь смыв почвы был на 48% меньше, чем в севообороте без многолетних трав.

Способы обработки почвы незначительно влияли на показатель стока, их влияние было отмечено на процессы смыва почвы – при чизельной обработке регистрировалось на 18,4% меньше потерь пахотного слоя, чем при обычной обработке почвы.

Самый высокий показатель стока воды зарегистрирован на посеве люцерны третьего года жизни, при этом отмечен наименьший смыв почвы, эрозионные процессы проявлялись незначительно. Организация территории имеет также свой положительный эффект. Так, за период с 1991 по 2003 г. на незарегулированном склоне крутизной до 3,5–4° средний годовой сток талой воды составил 34,4 мм, смыв почвы – 18,5 т/га.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что при формировании одного из главных источников пополнения почвенной влаги – снежного покрова – преимущество имела чизельная обработка почвы по сравнению с отвальной (2,7%).

Из исследуемых нами звеньев севооборотов и способов основной обработки почвы в них менее устойчивым к процессам эрозии оказалось

зернопаровое звено севооборота с отвальной обработкой почвы. На этом варианте были отмечены суммарные потери почвы во время весеннего снеготаяния и выпадения ливневых осадков в весенне-летний период эрозии (12,3 т/га) на вариантах чизельной и 13,4 т/га севооборотной площади – на отвальной обработке почвы. Почвозащитный способ обработки почвы без оборота пласта гораздо эффективнее защищал почву от пагубного воздействия стекаемой воды.

### Литература

1. Сильвестров С.И. Сущность системы противоэрозионных мероприятий и её региональных типов // Региональные системы противоэрозионных мероприятий. М.: Мысль, 1972. С. 7–23.
2. Каштанов А.Н. Методическое пособие и нормативные материалы для разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Курск, 2001. 259 с.
3. Векленко В.И. Моделирование системы севооборотов с учётом почвозащитной способности сельскохозяйственных культур // Научно-технический бюллетень ВНИИЗиЗПЭ. Курск, 1986. Вып. 2 (49). С. 61–63.
4. Лопырев М.И., Рябов Е.И. Защита земель от эрозии и охрана природы. М.: ВО Агропромиздат, 1989. 240 с.
5. McCool D.K., Walter M.T., King L.G., Runoff index values for frozen soil areas of the Pacific Northwest // Journal of Soil and Water Conservation. 1995. № 50. P. 466–469.
6. Fohrer N., Berkenhagen J., Hecker J.M., Rudolph A Changing soil and surface conditions during rainfall single rainstorm/subsequent rainstorms. Catena. 1999. 355–375 p.
7. Hayhoe H.N., Pelletier R.G., Vliet L.J., Van P. Estimation of snowmelt runoff in the Peace Riverregion using a soil moisture budget // Canadian Journal of Soil Science. 1993. № 73 (4). P. 489–501.
8. Stahl M., Jansson P.E., Lundin L.C. Preferential water flow in a frozen soil – a two-domain model approach. Hydrological Processes. 1996. 1305–1316 p.