УДК 631.459.01:631.5

DOI: 10.31279/2222-9345-2019-8-33-8-13

С. Н. Капов, А. А. Кожухов, Е. В. Герасимов, П. А. Хаустов

Kapov S. N., Kojukhov A. A., Gerasimov E. V., Khaustov P. A.

ТЕХНОЛОГИИ ПОЧВОЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ: ПУТИ РАЗВИТИЯ

TECHNOLOGIES SOIL PROTECTION TILLAGE: WAYS OF DEVELOPMENT

Рассмотрен опыт разработки и использования системы сухого земледелия Ставропольского края, выявлены причины и предпосылки возникновения адаптивно-ландшафтной системы земледелия. Установлено, что системы земледелия Ставропольского края находятся в постоянном развитии, функционируют в условиях совместного проявления водной и ветровой эрозий. В результате деградации треть пахотных земель края находятся в зоне эрозионных процессов. Обоснована целесообразность разработки универсальной почвозащитной системы земледелия, направленной на защиту почв от водной и ветровой эрозий. Выявлено, что при совместном проявлении водной и ветровой эрозий результат реабилитации таких почв неоднозначный. Показано, что любая технология обработки почва должна определяться не по типу используемых орудий, а по технологическому принципу. Несоблюдение этого принципа ярко проявилось при внедрении целинной, а затем «безплужной» почвозащитных систем земледелия. Так, осуществляя борьбу с ветровой эрозией, создали условие для появления «плужной подошвы» и, как следствие, развития водной эрозии. Обосновано, что для разуплотнения почвенной среды и разрушения «плужной подошвы» целесообразно использовать плоскорез-щелеватель, одновременно совмещающий плоскорезную обработку с щелеванием: верхний слой почвы обрабатывают плоскорезными лапами, а более глубокий – щелерезами (чизелями). В результате проведенных исследований доказано почвозащитная эффективность обработки почвы.

Ключевые слова: почвозащитная, бесплужная, плоскорезная, плодородие, эрозия, технология, смыв, плоскорез-щелеватель.

The experience of the development and use of the system of dry farming in the Stavropol Territory is considered, the causes and prerequisites for the emergence of an adaptive-landscape farming system are identified. It has been established that the farming systems of the Stavropol Territory are in constant development, functioning under conditions of the joint manifestation of water and wind erosion. As a result of degradation, a third of the arable land of the region is in the zone of erosion processes. The expediency of the development of a universal soil protection system of agriculture, aimed at protecting the soil from water and wind erosion, is substantiated. It was revealed that, with the joint manifestation of water and wind erosion, the result of rehabilitation of such soils is ambiguous. It is shown that any technology of soil treatment should be determined not by the type of tools used, but by the technological principle. The non-observance of this principle was clearly manifested in the introduction of virgin, and then the «unproductive» soil-protective farming systems. Thus, carrying out the fight against wind erosion, they created a condition for the emergence of a «plow base» and, as a result, the development of water erosion. It has been substantiated that for decompression of the soil environment and destruction of the «plow sole», it is advisable to use a flat-cutter-slitter, which at the same time combines flat-cut processing with gaps: the upper soil layer is processed with flat-cut paws, and more deeply, with slits (chisels). As a result of the research, the soil-protective effectiveness of tillage has been proven.

Key words: soil-protective, wasteless, flat-cutting, fertility, erosion, technology, flush, flat-cutter.

Капов Султан Нануович – доктор технических наук, профессор кафедры механики и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» г. Ставрополь
Тел.: 8-988-751-17-61
E-mail: Capov-sn57@mail.ru

Кожухов Александр Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры механики и компьютерной графики ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» г. Ставрополь
Тел.: 8-918-748-33-62
E-mail: kojukhov.a.a@ya.ru

Герасимов Евгений Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и машин в агробизнесе ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет» г. Ставрополь
Тел.: 8-906-411-76-84
E-mail: ev_gerasimov@mail.ru

Хаустов Павел Александрович – магистрант кафедры механики и компьютерной

Kapov Sultan Nanyovich – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanics and Computer Graphics FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University» Stavropol
Tel.: 8-988-751-17-61
E-mail: Capov-sn57@mail.ru

Kojukhov Alexander Alexandrovich – Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanics and Computer Graphics FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University» Stavropol
Tel.: 8-918-748-33-62
E-mail: kojukhov.a.a@ya.ru

Gerasimov Evgeny Vasilievich – Ph.D of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Processes and Machines in Agribusiness FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University» Stavropol
Tel.: 8-906-411-76-84
E-mail: ev_gerasimov@mail.ru

Khaustov Pavel Alexandrovich – Master Student of the Department

графики
ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный
аграрный университет»
г. Ставрополь
Тел.: 8-999-379-35-01
E-mail: pavlik026@mail.ru

of Mechanics and Computer Graphics
FSBEI HE «Stavropol State Agrarian University»
Stavropol
Tel.: 8-999-379-35-01
E-mail: pavlik026@mail.ru

Системы земледелия зарождались и совершенствовались вместе с развитием производительных сил. По своей структуре они находятся в постоянном качественном движении и при необходимости – высвобождая место появляющимся новым системам. При этом одни не выдерживают испытания временем, а другие – предъявляемым новым требованиям. Так, например, чтобы решить одну большую комплексную задачу развития общества, несколько появившихся систем объединяются в одну более крупную систему. Выполнив свою задачу, со временем они могут распадаться, чтобы вновь объединиться на более высоком запросном и технологическом уровне. Этот процесс постоянно развивается и является непрерывным.

Любая из существующих систем земледелия представляет собой своеобразную модель в определённых граничных условиях и в соответствии с целями и представлениями её авторов. К сожалению, в большинстве своем подобные модели не имеют математической интерпретации. Это не позволяет, несмотря на богатейший исследовательский и жизненный опыт, наполняющий системы, создать всеобъемлющую модель земледелия, в которой каждая из существующих систем земледелия была бы её частным случаем при определённом сочетании начальных условий и учета действующих факторов. Такой подход позволил бы оперативно управлять системой земледелия, учитывая её особенности в зависимости от условий функционирования, и тем самым прогнозировать ожидаемый эффект.

Объективным подтверждением и примером использования модели системы земледелия является возникновение и развитие системы сухого земледелия Ставропольского края, внедренной в 80-х годах прошлого века [1]. Результатом её применения стало получение стабильно высокой урожайности зерновых культур и достижение устойчивого уровня производства продукции в крае.

Однако в 1990-е годы использование и распространение системы земледелия приостановилось в силу объективных причин. Лишь после 2010 года стала очевидной необходимость и возможность возврата к системе сухого земледелия Ставропольского края и создания на её базе адаптивно-ландшафтной системы земледелия [2]. В данной системе подразумевается адаптация с учетом не только природных, но и производственных признаков и факторов. Значимым и современным элементом разработанной адаптивной системы является ландшафтное землеустройство. Оно опирается на географически-координированные показатели свойств почвы, что резко повышает конкретность и точность оценки состояния почвенной среды.

Наряду с этим при использовании адаптивно-ландшафтной системы земледелия имеется возможность для работы над её совершенствованием. На сегодняшний день эффективные решения некоторых проблем пока не найдены. Например, система признаёт, что, несмотря на эффективные меры, около трети пашни в крае относятся к деградированным землям в результате ветровой и водной эрозий (рис. 1).

Рисунок 1 – Качество почв сельскохозяйственного назначения в Ставропольском крае

Это естественно, так как практически все земли (более 95 %) Ставропольского края имеют низкое содержание гумуса и подвержены воздействию водной и ветровой эрозий. Причина в географическом положении края, его рельефе и характере выпадающих осадков. Установлено, что около 3/4 площади сельхозугодий расположены на склонах, превышающих $2,5^{\circ}$ – $3,0^{\circ}$, а 2/3 осадков выпадают в виде 5–7 ливней высокой интенсивности (более 0,5 мм/мин) [2]. Такое сочетание почвенных и климатических факторов является эрозионно опасным, так как не обеспечивает поглощение осадков почвой, что вызывает поверхностный сток и смыв почвы.

К климатическим особенностям края относится также то, что метеорологи считают его «ветреным» регионом: средняя годовая продолжительность ветров более 10 м/с (способных поднять в воздух частички незащищённой почвы) практически в любой точке Ставропольского края не менее 32 дней. Не реже двух раз в год наблюдаются ветры со скоростью 25–28 м/с. Периодически отмечаются ураганы со скоростью более 40 м/с. Характерной особенностью края является то, что доля ветров южного и северного направлений незначительна (табл. 1). Поэтому нет притока тепла с юга и холодных дождей с севера. В половине случаев преобладают ветры восточного и западного направлений. Именно они инициируют пыльные бури в восточных районах края.

Таблица 1 – Усреднённая роза ветров по результатам наблюдений метеостанций Ставропольского края

Направление ветра	С	С-В	В	Ю-В	Ю	Ю-З	З	С-З
Вероятность, %	7,8	7,5	28,0	18,3	3,7	2,1	21,0	11,6

Достаточно проанализировать данные таблицы 1, наложить карту выпадения осадков на карту розы ветров и можно получить в соответствующем приближении карту деградации почв Ставропольского края [2]. Из анализа такой карты следует, что, кроме засухи, осолонцевания, засоления, опустынивания, дегумификации, подтопления, основными причинами деградации почвенного покрова являются ветровая и водная эрозии. Очевиден вывод, что большая часть территории Ставропольского края подвержена совместному воздействию ветровой и водной эрозий. Это придаёт две негативные особенности земледелию. Во-первых, эрозионная нагрузка на почву становится более продолжительной по времени, поскольку поверхностный смыв происходит во время дождей, а дефляция – в засушливый период года. Во-вторых, ущерб от совместного проявления ветровой и водной эрозий как минимум вдвое больше. Многолетний опыт защиты почв от эрозии в Ставропольском крае показал, что только 1 мм (2–3 т/га) плодородного слоя почвы, потерянный в результате эрозии,

восстанавливается почвой самостоятельно в процессе биологической регенерации. При больших потерях необходимо вмешательство человека и длительное время реабилитации почвенной среды [3].

Известно, что любая почвозащитная система земледелия предусматривает выполнение ряда мероприятий по защите почв от выдувания ветром и уменьшению силы ветра, а также по снижению процесса развития водной эрозии путем уменьшения, а при возможности исключения, смыва плодородия почвы стоками воды. Все эти мероприятия, как следствие, способствуют повышению противоэрозионной устойчивости почв.

Однако при совместном проявлении водной и ветровой эрозий результат реабилитации неоднозначный. В таблице 2 представлены основные непреложные правила применения почвозащитных технологий и мероприятий в случаях противодействия как водной, так ветровой эрозий.

Таблица 2 – Технологические принципы защиты почв от водной и ветровой эрозий

Водная эрозия	Ветровая эрозия
Обработка поперёк склона (по горизонталям)	Обработка поперёк преимущественного направления ветра
Защищённая поверхность поля	Защищённая поверхность поля
Активная разделка продуктивного горизонта	Минимум механической обработки

Из таблицы 2 видно, что общим в подходах к защите почв от двух видов эрозии является только создание защищённой поверхности (мульчирование, оставление стерни кулисы). Обработка почвы поперёк направления господствующих ветров лишь в половине случаев соответствует обработке поперёк склона. Характер механического воздействия на обработку почвы в обоих случаях не имеет ничего общего и поэтому универсального подхода с высокоэффективным результатом не существует: положительный результат в противодействии одному виду, например ветровой эрозии, не означает эффект на другом – водной эрозии. На этом основывается первая особенность почвозащитного земледелия в условиях совместного проявления водной и ветровой эрозий, и пока эта проблема не решена для системы земледелия Ставропольского края. Вторая особенность состоит в том, что, нерационально обрабатывая или не обрабатывая почву (например, применение нулевой технологии), сами создаем условия развития негативных последствий.

Примером является опыт использования целинной почвозащитной системы земледелия, в дальнейшем названной «плоскорезная обработка». Такая система имела организацию не по технологическому принципу, а по типу используемых плоскорезных орудий. После исключения из этой системы земледелия отвального

оборотного плуга и без замены его орудиями для разуплотнения пахотного слоя и подрезания сорняков посевные площади Казахстана оказались уплотненными и засоренными [4, 5]. Причем многолетняя обработка почв плоскорезными орудиями привела к тому, что плотность подпахотного слоя почвы оказалась значительно выше, чем пахотного. Это привело к образованию «плужной подошвы». Вследствие этого плоскорезные орудия плохо заглублялись в почву и не выдерживали заданную глубину обработки, а глубокорыхлители выворачивали почвенные глыбы, образуя крупные куски, названные «чемоданами» [5]. Таким образом, систематическое использование плоскорезных орудий для борьбы с ветровой эрозией привело к образованию и развитию водной эрозии, и особенно при обработке почв, расположенных на склонах.

Те же ошибки повторились, когда целинная почвозащитная система земледелия была внедрена на полях Полтавщины (Украина), под названием «бесплужная» [6]. Соблюдая зonalность, она также определялась по типу используемых машин: без плугов, т. е. без оборота почвенного пласта. Для устранения присущих ей недостатков, а именно разуплотнения почвенной среды и разрушения «плужной подошвы» и, как результат, предотвращения процесса развития водной эрозии, было рекомендовано использовать различные орудия: щелеватели (кротователи), почвоуглубители, чизели, орудия для послойной обработки почвы и т. д.

Из проведенного анализа следует, что организация и содержание любой почвозащитной системы земледелия должны базироваться на

технологических принципах, а не зависеть от типа используемых орудий. Подобный подход способствует защите почв как от водной и ветровой эрозий, так от чрезмерного уплотнения, а также сохранению и повышению плодородия почвы.

В настоящее время существующие орудия для обработки почв, подверженных водной и ветровой эрозиям, имеют ряд недостатков:

- культиваторы-плоскорезы на твердых почвах плохо заглубляются и имеют неравномерный ход рабочих органов, а при их систематическом использовании приводят к появлению уплотнённой «плужной подошвы»;
- плоскорезы-глубокорыхлители выворачивают крупные глыбы, плохо подрезают сорняки и имеют низкую степень крошения почвы;
- щелеватели (кротователи), чизели не подрезают сорняки, плохо крошат почву, и после них требуется дополнительная обработка.

Исследованиями [7] установлено, что в условиях почвозащитной системы земледелия высокий агротехнический эффект можно достигнуть послойной обработкой почвы, одновременно совмещая плоскорезную обработку с щелеванием: верхний слой почвы обрабатывают плоскорезными лапами, а более глубокий – почвоуглубителями или щелерезами (чизелями). Поперечные профили при обработке почвы разными орудиями показаны на рисунке 2, а на рисунке 3 приведен экспериментальный плоскорез-щелеватель на базе орудия ОПТ-3-5.

Рисунок 2 – Поперечные профили сечения пласта после прохода различных рабочих органов: а) плоскорезные лапы; б) щелеватели (чизели); в) плоскорезные лапы и щелеватели

Рисунок 3 – Плоскорез-щелеватель на базе орудия ОПТ-3-5

Результаты исследований показали, что плоскорезная обработка с одновременным щелеванием позволяет [7, 8]:

- подрезать сорняки и создать мелкокомковатую структуру почвы на глубине хода плоскорезной лапы до $h_n = 16$ см, препятствуя испарению влаги из нижних слоев;
- разрушить «плужную подошву», повысить водопроницаемость и снизить смыл почвы на слое глубины щелевания $h_{щ}$ в пределах 10–25 см;
- улучшить заглубляемость орудия и повысить равномерность глубины обработки рабочих органов.

Подводя итог, отметим, что выполненный анализ и отмеченные проблемы, выявленные аспекты влияния различных способов обработки почв на сохранение и повышение плодородия, а также необходимость разработки региональных условий и способов защиты почв от водной и ветровой эрозий — это небольшая

часть задач, требующих решения с помощью научных исследований.

В заключение следует сделать следующие выводы: представляется востребованной всеобъемлющая математическая модель земледелия, позволяющая выстраивать перспективные, кризисные и иные необходимые в будущем или по ситуации варианты развития системы; системы земледелия Ставропольского края находятся в постоянном развитии, но пока не справляются с деградацией трети земель края; в рамках адаптивно-ландшафтной системы земледелия Ставропольского края отсутствует универсальная противоэрозионная почвозащитная технология, которая эффективно защищала бы почвы как от водной и ветровой эрозий, так и от совместного их проявления; для сохранения и повышения плодородия почвы целесообразно разработать и использовать такое орудие (плоскорез-щелеватель), которое одновременно совмещает плоскорезную обработку с щелеванием.

Литература

1. Системы земледелия Ставропольского края : коллективная монография / под ред. В. М. Пенчукова. Ставрополь : Ставроп. кн. изд-во, 1983. 284 с.
2. Кулинцев В. В., Годунова Е. И. Системы земледелия нового поколения Ставропольского края : монография. Ставрополь : АГРУС, 2013. 520 с.
3. Трухачёв В. И., Пенчуков В. М. Системы земледелия Ставропольского края и их совершенствование // Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2. С. 4–9.
4. Бараев А. И. Научно-технический процесс в земледелии степных районов Казахстана. Алма-Ата : Кайнар, 1972. 75 с.
5. Грибановский А. П. Исследование рабочего процесса и обоснование параметров плоскорезных орудий, их разработка и внедрение : дис. ... д-ра техн. наук. Алма-Ата, 1982. 340 с.

References

1. System of farming of the Stavropol Territory : collective monograph / ed. by V. M. Penchukov. Stavropol : Stavropol book publishing house, 1983. 284 p.
2. Kulintsev V. V., Godunova E. I. System of farming of the new generation of the Stavropol Territory : monograph. Stavropol : AGRUS, 2013. 520 p.
3. Trukhachev V. I., Penchukov V. M. System of farming of the Stavropol Territory and their improvement // Agricultural Bulletin of the Stavropol Region. 2015. № 2. P. 4–9.
4. Baraev A. I. Scientific and technical process in agriculture of the steppe regions of Kazakhstan. Alma-Ata : Kaynar, 1972. 75 p.
5. Gribanovsky A. P. Study of the workflow and justification of the parameters of flat-cutting tools, their development and implementation : dissertation of doctor of technical sciences. Alma-Ata, 1982. 340 p.

6. Шикула Н. К. Почвозащитная бесплужная обработка полей. М. : Знание, 1990. 62 с.
7. Капов С. Н. Механико-технологические основы разработки энергосберегающих почвообрабатывающих машин : дис. ... д-ра техн. наук. Челябинск, 1999. 356 с.
8. Кожухов А. А. Исследование функциональных процессов в водопоглощающей щели с целью совершенствования технических средств и повышения качества технологии вертикального мульчирования почвы : дис. ... канд. техн. наук. Зерноград, 1982. 184 с.
6. Shikula N. K. Soil-protective wasteless processing of fields. M. : Znanie, 1990. 62 p.
7. Kapov S. N. Mechanical and technological basis for the development of energy-saving soil tillage machines: dissertation of doctor of technical sciences. Chelyabinsk, 1999. 356 p.
8. Kojukhov A. A. Investigation of functional processes in the water-gap with a view to improving technical means and improving the quality of the technology of vertical soil mulching : dissertation of candidate of technical sciences. Zernograd, 1982. 184 p.