

**ГИДРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ
ПРИРОДОПОДОБНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ**
**HYDROECOLOGICAL CONSEQUENCES OF THE NATURE-LIKE TECHNOLOGIES USE
IN AGRICULTURE**

Ясинский С.В., Кашутина Е.А., Сидорова М.В.
Yasinskiy S.V., Kashutina E.A., Sidorova M.V.

Институт географии РАН, Москва, Россия
Institute of Geography, Russian Academy of Science, Moscow, Russia

E-mail: yasisergej@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются различные аспекты применения природоподобных технологий в земледелии при производстве сельскохозяйственной продукции. Под этими технологиями понимаются такие, применение которых близко к естественным процессам биосферы, протекающих в природных геосистемах. Выполнен обзор работ, в которых теоретически и практически показана неизбежность применения технологий прямого посева No-till для улучшения плодородия почвы, снижения эрозии почвы, сохранения почвенной влаги, уменьшения суммарного испарения, но при этом повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Получены оценки эффективности использования мульчи из соломы для снижения весеннего поверхностного склонового стока на основе экспериментальных работ на Курской биосферной станции Института географии РАН и динамико-стохастического моделирования процессов, обуславливающих его формирование. Показано, что для условий центральной лесостепи применение мульчи из соломы от 3 до 10 см оказывает существенное влияние на уменьшение глубины промерзания и улучшение условий впитывания талых вод, уменьшение ПВСС как главного фактора, обуславливающего эрозию почвы, оврагообразование, диффузное загрязнение водоемов и другие негативные процессы на водосборах малых рек при любых погодных условиях зимне-весенних периодов. На практике ее применение реально в процессе севооборота в пределах одного хозяйства.

Ключевые слова: природоподобные технологии, диссипативные структуры, почвенный покров, мульчирование, водный баланс, имитационное моделирование, динамико-стохастическая модель, поверхностный весенний склоновый сток, весеннее снеготаяние, глубина промерзания почвы, впитывание талых вод.

Abstract. Nature-like technologies use in production of agricultural products various aspects are considered. These are technologies whose application is close to the natural biosphere processes in natural geosystems. Reviews of works has been carried out that theoretically and practically show the inevitability of using No-till direct sowing technology to improve soil fertility, reduce soil erosion, conserve soil moisture, simultaneous evaporation, but at the same time reducing the yield of agricultural crops. The effectiveness of straw mulch using to reduce spring surface slope runoff was assessed based on experimental work at the Kursk Biosphere Station of the Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences and dynamic-stochastic modeling of its formation processes. For the conditions of the central forest-steppe, the use of straw mulch from 3 to 10 cm has a significant effect on reducing the freezing depth and improving the absorption of melt water, reducing spring surface slope runoff, as the main factor causing soil erosion, gully formation, diffuse pollution of water bodies and other negative processes in small rivers catchment areas under any weather conditions in the winter and spring periods. In practice, straw mulch use is realistic in the crop rotation process within the same farm.

Key words: Nature-like technologies, dissipative structures, soil cover, mulching, water balance, simulation modeling, dynamic-stochastic model, surface spring slope runoff, spring snowmelt, soil freezing depth, melt water absorption.

Введение. Под природоподобными технологиями понимаются такие технологии природопользования, которые были бы максимально близки к естественным процессам биосферы, минимально нарушали бы природные циклические структуры, в том числе структуры гидрологического цикла [1]. В сельском хозяйстве к таким технологиям относится система прямого посева No-till, при которой не происходит оборота пласта при выращивании сельскохозяйственных культур, длительное время почва не обрабатывается, а не ее поверхности сохраняются растительные остатки. Посев семян и заделка удобрений в почву в такой технологии производится в узкую щель, создаваемую рабочими органами сеялок. Наиболее эффективна такая технология на черноземных почвах в засушливых районах страны:

Центрально-Черноземной зоны, Северного Кавказа, Поволжья Урала, Западной и Восточной Сибири [2]. Теоретическое обоснование отказа от современной неэффективной и экологически небезопасной «серой» технологии обработки почвы и неизбежность перехода на «зеленые» природоподобные технологии раскрыты в [3, 4]. Оно основано на основе интерпретации законов экологии Б. Коммонера [5] и обобщения выводов Г. Циглера [6] и И. Пригожина [7] о сущности диссипативных структур, к которым относится и человеческое общество, которое для своего выживания должно стремиться к минимуму производства энтропии или минимума диссипации энергии.

Эти еще нетрадиционные агротехнологии характеризуются более экономичными способами обработки почвы: частичным или полным отказом от отвальной вспашки, отсутствием вертикального перемешивания пахотного слоя, минимальным нарушением почвенного покрова сельскохозяйственными машинами и обязательным мульчированием почвы (no-till или mulch tillage) с целью сохранения почвенной влаги и уменьшения эрозии почвы. Система нулевой обработки почвы (no-till – «не пахать» – отсутствие вмешательства в естественные процессы почвообразования) – современная система земледелия, при которой почва не обрабатывается, а ее поверхность укрывается специально измельченными остатками растений – мульчей. В различных регионах планеты внедряется технология прямого посева no-till и мульчирования, при этом используют мелкое, поверхностное рыхление или даже полный отказ от обработки почвы [8-10].

Приемы ведения сельского хозяйства, связанные с минимальным воздействием человека, по мнению Ю. Одума, способствуют: более эффективному использованию энергии; снижению потерь воды при орошении и почвенной эрозии; увеличению отдачи питательных веществ и снижению расхода удобрений; использованию пожнивных остатков при мульчировании почвы, силосовании или в качестве энергетических ресурсов; увеличению разнообразия культур и севооборотов; снижению нежелательной зависимости от пестицидов широкого спектра действия» [10].

При этом часто оказывается, что данная экологически более обоснованная и более природоподобная агротехнология, связанная с минимальной обработкой почвы (без несвойственного биосфере оборота пласта) в сочетании с мульчированием ее поверхности растительными остатками (заменяющими присутствующий в естественных степных экосистемах растительный войлок, уменьшающий непродуктивное испарение с почвы и ее эрозию) [10, 11]; оказывается не дороже использования агрессивной по отношению к биосфере традиционной агротехнологии, основанной на глубокой вспашке (связанной, как правило, с оборотом пласта), и применения орошения, приводящего к нарушению естественных структур гидрологического цикла [12, 13].

Обоснование применения нетрадиционных технологий земледелия, которые относительно в полной мере способствуют созданию в агрогеосистемах условий приближающих их функционирование и протекание процессов гидрологического цикла к естественным, природным геосистемам, должно основываться на научно-обоснованных оценках и прогнозе их экологической (в широком смысле) эффективности в различных почвенных условиях и гидрометеорологических воздействий. Основным методическим приемом оценки эффективности применения того или иного мелиоративного приема в земледелии является сравнительный анализ характеристик водного баланса в тот или иной период года (стока, испарения, изменения влажности почвы и др.) для геосистем с различным характером протекания гидрологических процессов – в естественных условиях и измененными в результате проведения рассматриваемого агротехнического мероприятия. В настоящее время наиболее перспективными нетрадиционными агротехнологиями в земледелии для управления гидрологическими процессами в период снеготаяния являются создание с осени в агрогеосистемах кулис из высокостебельных растений (подсолнечника, просо, горчицы и др.) и мульчирование почвы растительными остатками (соломой и др.) [10].

Мульчирование почвы растительными остатками в настоящее время рассматривается как одна из перспективных почво- и водоохраных агротехнологий земледелия, получающих все большее распространение во многих странах (США, Канада, ФРГ, Китай, Россия и др.). Научному обоснованию применения этой агротехнологии посвящено много экспериментальных исследований, в которых показана достаточно высокая эффективность их использования в увеличении урожайности сельскохозяйственных культур, улучшении структуры, плодородия и

режима влажности почвы, уменьшении непродуктивного испарения, снижении эрозии почвы в основном в теплый период года [9, 10, 14-17].

Материалы и методы. Оценка гидрологической эффектности мульчирования почвы растительными остатками из соломы в период весеннего снеготаяния была проведена путем имитационного моделирования процессов формирования поверхностного весеннего склонового стока с использованием динамико-стохастической модели (ДСМ), разработанной на основе многолетних экспериментальных наблюдений на водобалансовых объектах Курской биосферной станции Института географии РАН [18]. В этой модели рассчитывается динамика схода снежного покрова, впитывания воды в мерзлую почву, стекания воды по склону и осуществляется учет стохастического характера снежного покрова и тесно связанной с ним глубины промерзания почвы – основных факторов, обуславливающих процесс впитывания и образования талого стока на склонах. Влияние осеннего мульчирования почвы соломой с применением ДСМ на изменение структуры водного баланса в период снеготаяния исследовалось на примере воднобалансовых объектов КБС ИГРАН, за период 1979-1985 гг. (рисунок 1).

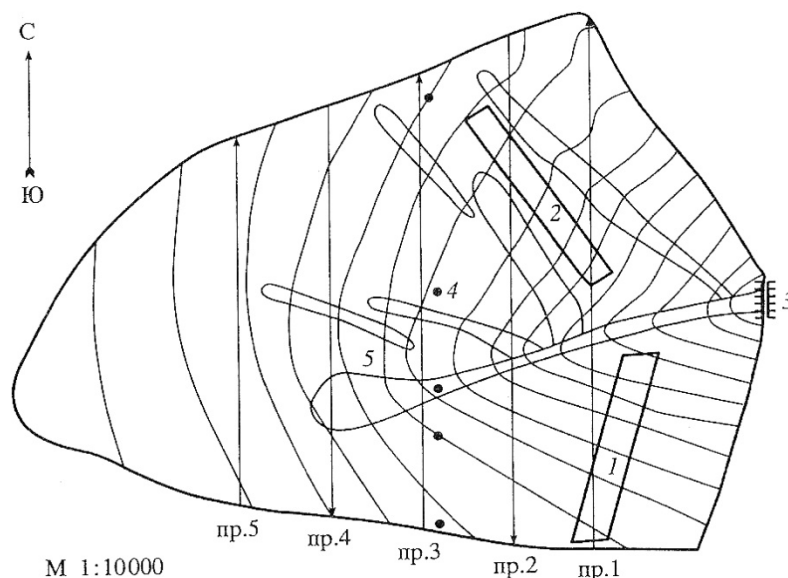


Рисунок 1. Схема экспериментального водосбора КБС ИГРАН – лога Панинского:

1 – стоковая площадка на склоне северной экспозиции; 2 – стоковая площадка на склоне южной экспозиции; 3 – бетонно-земляная плотина с тонкостенным водосливом; 4 – постоянные точки размещения на водосборе комплекса приборов для измерения характеристик снежного покрова, глубины промерзания, температуры и влажности почвы; 5 – тальвег, ложбины стока; пр. 1 – пр.5 – профили постоянных маршрутов снегомерных съемок поперек склонов на начало снеготаяния, горизонтали через 2 м.

В эти же годы и в том же районе Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии РАСХН (ВНИИЗ и ЗПЭ) осуществлял крупномасштабный эксперимент на большом числе стоковых площадок по изучению влияния различных агротехнических приемов обработки почвы на изменение поверхностного весеннего склонового стока (ПВСС), эрозии почвы и обуславливающих их факторов. Одним из таких приемов являлось мульчирование с осени одной из стоковых площадок. Результаты этих исследований в значительной степени обобщены М.М. Ломакиным [19]. В этой работе приведена информация о ПВСС и обуславливающих его формирования факторах, практически аналогичная той, которая получена для объектов КБС ИГРАН, что позволило создать единую базу данных для 56 годопунктов. Длина склона на объектах КБС ИГРАН составляла 200 м, на объектах ВНИИЗ и ЗПЭ – 170 м. Водосбор «Панинский» был представлен в виде большой стоковой площадки с длиной склона – 450 м. Для каждого из объектов имелась экспериментально полученная информация о максимальных снегозапасах, глубине промерзания, влажности почвы W_0 и объеме ПВСС. Для объектов КБС ИГРАН имелись также данные об изменении высоты снежного покрова (по декадам) в течение холодного периода и суточной водоотдаче из снега в период снеготаяния, полученные путем наблюдений по постоянным снегомерным рейкам, а также об ежедневных значениях ПВСС

(гидрограф). Данные о метеорологических характеристиках были получены на метеостанции «Петринка», расположенной в нескольких километрах от рассматриваемых экспериментальных объектов. Это средние декадные значения температуры воздуха за холодный период, а также ежедневные данные о температуре воздуха и осадках в период снеготаяния.

Поскольку все экспериментальные объекты были расположены вблизи друг от друга, эти метеорологические характеристики за каждый год принимались одними и теми же для всех объектов, за исключением декадных значений высоты снежного покрова. Для каждого из объектов ВНИИЗ и ЗПЭ значение этой характеристики рассчитывалось путем использования поправочных коэффициентов, полученных для каждого года наблюдений, как отношение между значениями высоты снега на объектах КБС ИГРАН и на всех остальных на момент установления максимальных снегозапасов. В каждый год общими для всех объектов являлись также значения пористости почвы $n_0=0,60$ и коэффициентов теплопроводности снега (λ_1), мерзлой (λ_2) и талой (λ_3) почвы при расчете глубины ее промерзания. Что касается коэффициента фильтрации талой почвы K_0 , то для черноземов мощных, тяжелосуглинистых, на примере которых разрабатывалась ДСМ, он был определен экспериментально только для пашни и косимой целины и оказался равным соответственно 2,4 мм/мин и 13,3 мм/мин [20]. Для других видов подстилающей поверхности значения этого важнейшего гидрофизического параметра почвы были неизвестны и были определены по результатам оптимизации. Рассмотрим, используя ДСМ, как изменится водный баланс склонов в предположении, что на каждый из рассматриваемых экспериментальных объектов с осени расположен слой мульчи из соломы различной высоты [21]. Помимо значений W_0 и K_0 , для указанных типов подстилающей поверхности было проведено также осреднение длины склонов, декадных значений высоты снежного покрова и измеренных значений ПВСС.

Результаты исследований и их обсуждение. Для всех типов подстилающей поверхности были проведены расчеты влияния изменения высоты мульчи из соломы на изменение глубины промерзания, слоя и коэффициента ПВСС, и в целом элементов водного баланса. При высоте мульчи от 0 до 10 см, расчетный шаг составлял 1 см, при высоте от 10 до 20 см – 2 см. На *рисунке 2* приведены графики изменения глубины промерзания почвы от высоты мульчи $\xi = f(\delta_m)$ за все годы наблюдений для 1 и 3 типов поверхностей. Приведенные графики свидетельствуют о следующем: в зависимости от ее высоты мульча из соломы в два-три раза может уменьшить глубину промерзания почвы и соответственно улучшить условия для впитывания талых вод во все годы, для всех видов подстилающей поверхности; в морозные, суровые (1983-1984, 1984-1985 гг.) и мягкие зимы влияние мульчи проявляется по-разному. В первом случае, даже наличие 20 см слоя мульчи не обеспечивает сохранение почвы в талом состоянии, а, следовательно, в эти годы создаются условия для образования «запирающего» слоя и повышенного ПВСС.

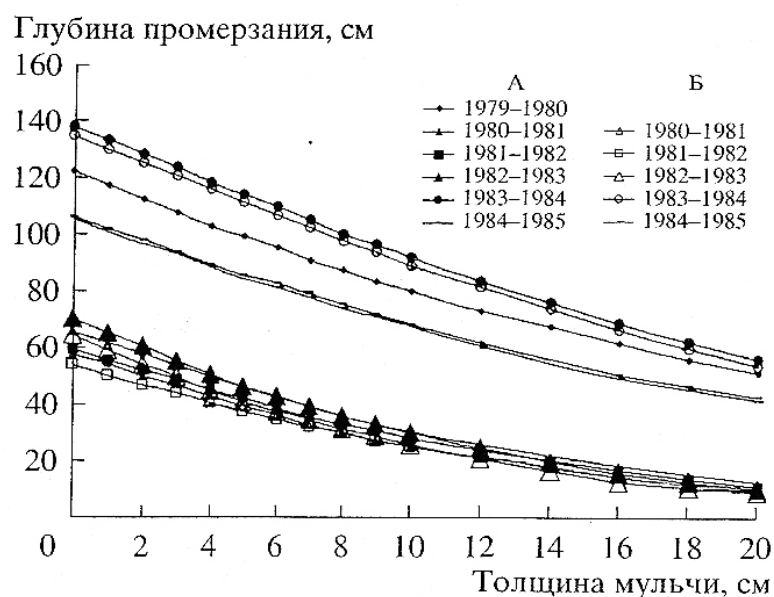


Рисунок 2. Зависимость глубины промерзания от слоя мульчи из соломы: А – тип поверхности 1 (зяблевая пахота), Б – тип поверхности 3 (уплотненная почва).

Во втором случае наличие слоя мульчи уже в 12 см приводит к тому, что почва к началу снеготаяния является талой, «запирающий» слой не образуется, и можно ожидать практически полного поглощения талой воды почвой без образования ПВСС. Зависимости $\xi = f(\delta_m)$ хорошо аппроксимируются выражениями типа:

$$\xi = \xi_0 \exp(-b\delta_m), \quad (1)$$

где: ξ_0 - глубина промерзания почвы в естественных условиях; b – параметр.

В практических приложениях для данного типа почв можно рекомендовать следующие значения параметра b : для мягких зим 0,1, для морозных 0,05. На рисунках 3 и 4 приведены зависимости изменения ПВСС и его коэффициента (η) от высоты мульчи.

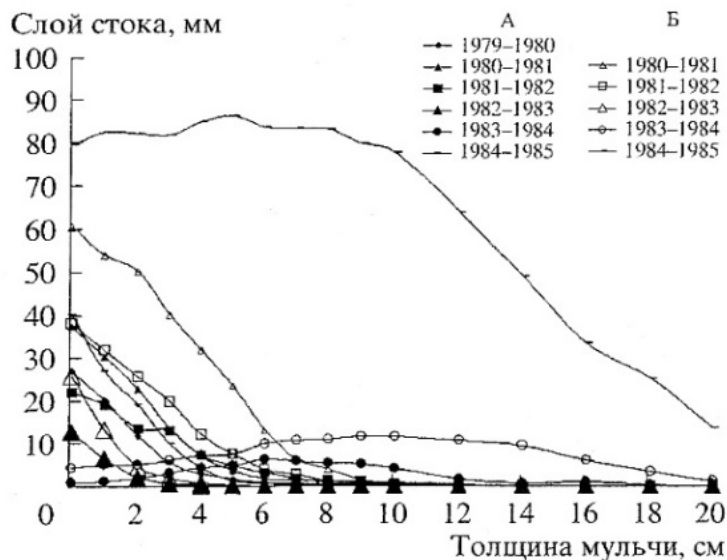


Рисунок 3. Зависимость весеннего склонового стока от мощности слоя мульчи из соломы (см).

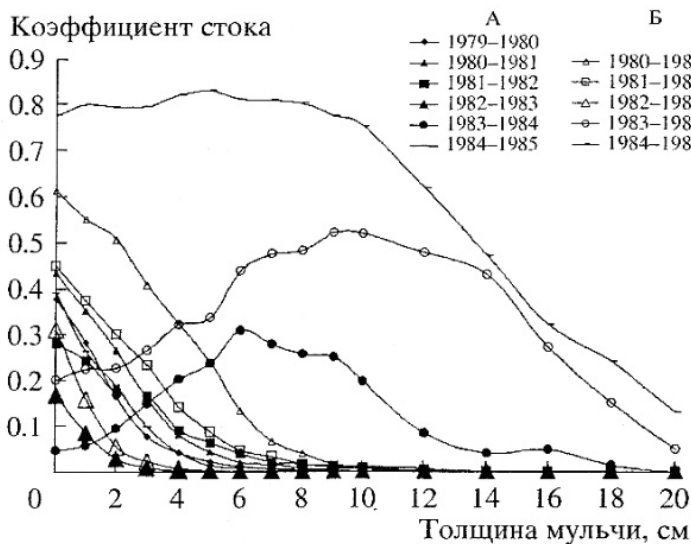


Рисунок 4. Зависимость коэффициента весеннего склонового стока от слоя мульчи из соломы.

Так же, как и для глубины промерзания, уменьшение ПВСС и его коэффициента под влиянием мульчи проявляется во всех случаях, но различно в морозные и теплые зимы. В теплые зимы высота мульчи в 8–10 см полностью ликвидирует ПВСС, в холодные зимы с этих высот начинается его заметное снижение и только при высоте 18–20 см может образоваться слой ПВСС менее 25 мм – критического значения, при котором он весь поглощается почвой [22].

Зависимости коэффициента ПВСС (η) от высоты мульчи (δ_m) $\eta = f(\delta_m)$ могут быть аппроксимированы степенными функциями:

$$\eta = a(\delta_m + 1)^{-m} - 1, \quad (2)$$

где a и m – параметры.

Для морозных зим и подстилающей поверхности 1-ого типа (зябь): $a = 1,8$, $m = 0,19$, с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,9$, для подстилающей поверхности 3-ого типа (все остальные виды агросистем) в эти годы: $a = 4,6$, $m = 0,45$, с $R^2 = 0,86$; для лет с мягкими зимами и для подстилающей поверхности 1-ого типа: $a = 1,2$, $m = 0,1$ с $R^2 = 0,82$, для подстилающей поверхности 3-его типа: $a = 1,6$, $m = 0,13$, с $R^2 = 0,83$.

В таблице 1 приведена структура водного баланса склонов малых водосборов в районе исследований для 1 и 3 типов подстилающей поверхности с естественными условиями формирования ПВСС ($\delta_m = 0$) и измененными в результате использования мульчи из соломы.

Таблица 1

Компоненты расчетного водного баланса на склонах при разной толщине мульчи

Слой мульчи, см	Тип поверхности 1 (без механической обработки почвы)					Тип поверхности 3 (с механической обработкой почвы)				
	снегозапасы+осадки периода снеготаяния, мм	сток, мм/% от снегозапасов	инфильтрация, мм/% от снегозапасов	уменьшение стока под влиянием мульчи, ΔY_1 , мм	увеличение инфильтрации под влиянием мульчи, мм	снегозапасы+осадки периода снеготаяния, мм	сток, мм/% от снегозапасов	инфильтрация, мм/% от снегозапасов	уменьшение стока под влиянием мульчи, ΔY_3 , мм	увеличение инфильтрации под влиянием мульчи, мм
1979/80										
0	72	27/37	45/63	0	0					
3	72	5/7	66/93	22	22					
6	72	1/1	71/99	26	26					
1980/81										
				0	0				0	0
4	86	7/9	79/91	30	0	86	37/43	49/57	29	28
6	86	2/3	84/97	36	36	98	13/13	85/87	48	47
7	86	1/1	85/99	36	36	98	6/6	92/94	55	54
9	86	0/0	86/100	37	37	98	1/1	97/99	59	59
1981/82										
0	79	22/28	57/72	0	0	85	38/45	47/55	0	0
6	79	3/4	76/96	19	19	85	4/5	81/95	34	34
7	79	2/3	77/97	21	20	85	3/4	82/96	35	35
10	79	1/1	78/99	22	22	85	0/0	85/100	38	38
1982/83										
0	76	13/	63/	0	0	84	26/41	58/59	0	0
2	76	2/3	73/97	11	10	84	5/5	79/95	21	21
4	76	0/0	75/100	12	12	84	1/1	83/99	25	25
1983/84										
0	21	1/1	20/99	0	0	22	4/18	18/84	0	0
6	21	6/30	14/70	-5	-6	22	10/45	12/55	-5	-5
10	21	4/20	16/80	-3	-3	22	12/55	10/45	-7	-7
14	21	1/1	20/99	0	0	22	10/45	12/55	-5	-5
20	21	0/0	21/100	1	1	22	1/1	21/99	3	4
1984/85										
0	103	40/39	63/41	0	0	103	80/78	23/22	0	0
5	103	2/1	102/99	39	40	103	86/84	18/16	-6	-5
8	103	0/0	103/103	40	40	103	83/81	20/19	-3	-3
20	103	0/0	103/103	40	40	103	14/14	90/86	67	68

Анализ приведенных данных позволяет прийти к следующим заключениям: 1) в естественных условиях, несмотря на высокие снегозапасы, ПВСС на зяби выше критического значения в 25 мм образовывался 3 раза из 5, в то время как в агросистемах с «уплотненной» почвой – во все эти годы; 2) слой мульчи из соломы высотой в среднем 5-10 см обеспечивает полное поглощение талых вод на всех видах подстилающей поверхности во все годы и только в

очень морозные годы на «уплотненной» почве его высота должна составлять 15-18 см; 3) модельные расчеты по оценке эффективности различных почвозащитных агротехнологий по улучшению гидрологического режима малых водосборов в период снеготаяния по сравнению с зяблевой пахотой, показали, что в отдельные годы их применение оказывает заметное влияние на уменьшение ПВСС и увеличение инфильтрации талых вод в почву. Однако могут быть годы, когда влияние регулирующей емкости зяблевой пахоты будет преобладать над эффектом уменьшения водопроницаемости почвы при использовании этих агроприемов, как в условиях естественного залегания снежного покрова, так и при использовании мульчи из соломы.

Отметим, что, поскольку в работе рассматривается вариант природных условий центральной лесостепи, когда основное пополнение почвенных влагозапасов происходит за счет весеннего снеготаяния, то полученные в ней результаты (в частности, методика оценки эффективности улучшения гидрологического режима водосборов) применимы, в первую очередь, именно к таким районам. Кроме того, поскольку в работе используется ряд эмпирических функций, полученных в условиях степной и лесостепной зоны Европейской части России, то указанная методика применима для условий, характерных для аналогичных им регионов

Выводы. В целом результаты массовых расчетов изменения водного баланса склонов малых водосборов Центральной лесостепи для агросистем с разным видом подстилающей поверхности с использованием ДСМ в естественных условиях протекания гидрологических процессов и под влиянием регулирующего воздействия мульчи из соломы в период снеготаяния, позволили сделать следующие выводы.

1) Мульчирование с осени почвы растительными остатками (соломой) является в гидрологическом отношении весьма эффективной агротехнологией. Ее применение оказывает существенное влияние на уменьшение глубины промерзания и улучшение условий впитывания талых вод, уменьшение ПВСС, как главного фактора, обуславливающего эрозию почвы, оврагообразование, диффузное загрязнение водоемов и другие негативные процессы на водосборах малых рек. На практике ее применение реально в процессе севооборота в пределах одного хозяйства.

2) Влияние мульчи из соломы на формирование ПВСС в разные по погодным условиям зимнее – весенние периоды проявляется неодинаково. Однако, в среднем, слой соломенной мульчи 5-10 см практически всегда обеспечивает полное поглощение талых вод почвой и увеличение влажности почвы на всех видах агросистем и даже в самые морозные зимы способен приблизить величину ПВСС к критическому значению, при котором происходит его полное поглощение почвой.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института географии РАН FMWS-2024-0007 (численное моделирование влияния мульчирования на формирование весеннего поверхностного склонового стока в зоне лесостепи) и программы Приоритет-2030 N20180180 (теоретические основы применения природоподобных технологий).

Список литературы

1. Гусев Е.М. Формирование режима и ресурсов почвенных вод в зимне-весенний период. М.: Наука, 1993. 158 с.
2. Иванов А.Л., Кулинцев В.В., Дридегер В.К., Белобров В.П. Освоение технологии прямого посева на чернозёмах России // Сельскохозяйственный журнал. 2021. №2(4). С. 18-36.
3. Гусев Е.М. Неизбежность и перспективы использования человечеством стратегии «зеленого земледелия» // Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 3(80). С. 3-10.
4. Гусев Е.М. Эволюция технологий в земледелии: от «серых» до «зеленых» // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 1(82). С. 3-12.
5. Коммонер Б. Замыкающийся круг. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 274 с.
6. Циглер Г. Экстремальные принципы термодинамики необратимых процессов и механика сплошной среды. М.: Мир, 1966. 136 с.
7. Пригожин И. Введение в термодинамику неравновесных процессов. М.: Издательство иностранной литературы, 1960. 127 с.
8. Hall A., Dorai K. The greening of agriculture. Agricultural innovation and sustainable growth. 2010. Link Limited, Brighton, United Kingdom. 60 p.
9. Ален Х.П. Прямой посев и минимальная обработка почвы. М.: Агропромиздат, 1985. 205 с.
10. Сельскохозяйственные экосистемы / Ред. Л.О. Карпачевский. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.

11. Гусев Е.М. Ресурсы почвенных вод и экология наземного растительного покрова. Концепции, эксперимент, расчеты. Palmarium Academic Publishing: Saarbrücken. 2012. 116 с.
12. Гусев Е.М., Джоган Л.Я. Влияние различных агротехнологий на формирование водного режима, урожайность, эколого-энергетическую и экономическую эффективность посевов пшеницы в степной и лесостепной зонах Русской равнины // Природообустройство. 2018. № 3. С. 81-87.
13. Gusev Y.M., Dzhogan L.Y., Nasonova O.N. Modelling the impact of mulching the soil with plant remains on water regime formation, crop yield and energy costs in agricultural ecosystems // Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences. 2018. Vol. 376. P. 77-82.
14. Будаговский А.И., Григорьева Н.И. Пути повышения эффективности использования ресурсов почвенных вод // Водные ресурсы. 1991. № 1. С. 131.
15. Джекс Д.В., Бринд У.Д., Смит С.Н. Мульчирование. М.: Изд-во иностран. литературы, 1958. 218 с.
16. Кумани М.В. Способы регулирования почвенно-эрозионных процессов и гидрологического режима агроландшафтов Центрально-Черноземной зоны: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Курск, 2003. 49 с.
17. Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.Г. Почвозащитное земледелие. Киев: Урожай, 1988. 254 с.
18. Ясинский С.В., Гусев Е.М. Динамико-стохастическое моделирование процессов формирования весеннего склонового стока на малых водосборах // Почвоведение. 2003. № 7. С. 847-861.
19. Ломакин М.М. Мульчирующая обработка почвы на склонах. М.: Агропромиздат, 1988. 183 с.
20. Ясинский С.В. Пространственная неравномерность коэффициента фильтрации почвы на пашне и целине в центральной лесостепи // Метеорология и гидрология. 1982. № 10. С. 113-115.
21. Ясинский С.В., Гусев Е.М., Кашутина Е.А. Эффективность агроприемов в управлении гидрологическими процессами на малых водосборах в период весеннего снеготаяния // Почвоведение. 2008. № 3. С. 321-329.
22. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях. Курск: Издательский центр ЮМЭКС, 2000. 105 с.