

УДК 631.459.2: 631.432: 631.51.01

**ДИНАМИКА ЗАПАСОВ ВЛАГИ В ПОЧВЕННОМ ПРОФИЛЕ, ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ И ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЭРОДИРОВАННОСТИ И СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**

**Н.Н. Цыбулька**, кандидат сельскохозяйственных наук  
Могилевский филиал РНИУП «Институт радиологии»

Благоприятный водный режим – одно из условий получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Система обработки почвы должна обеспечивать накопление и рациональное использование влаги растениями. Установлено положительное влияние безотвальных обработок на водный режим и инфильтрационную способность почвы [1, 2]. Увеличение запасов влаги в почве при таких обработках по сравнению с традиционной вспашкой объясняется большим накоплением снега и снижением физического испарения воды из почвы благодаря пожнивным остаткам, расположенным на поверхности почвы и играющим роль мульчи, которая снижает интенсивность диффузии и конвекции газообразной влаги [3-5]. По мнению других авторов, дополнительное накопление влаги в почве при безотвальных обработках обеспечивается скоростью водопроницаемости почвы или совместным эффектом – сокращением поверхностного стока и снижением потерь влаги при испарении [6, 7]. Имеются работы [8, 9], в которых не установлено положительного действия безотвальных обработок на запасы влаги в почве.

Противоречивость данных о влиянии разных технологий основной обработки на накопление влаги в почве и влагообеспеченность растений, недостаточная изученность этого вопроса послужили основанием для проведения собственных исследований в условиях северной почвенно-эрозионной зоны (Поозерье) Беларуси на полевом опытном стационаре «Браслав», заложенном по геоморфологическому профилю (катене) от водораздельной равнины до нижней части склона. Склон северо-восточной экспозиции, выпуклый, крутизной 5-7°.

Почва опытного стационара – дерново-подзолистая легкосуглинистая, сформированная на мощных моренных суглинках. На водораздельной равнине расположена неэродированная почва, в верхней части склона – слабо- и среднеэродированные, в средней части – сильноэродированная и в нижней части склона – глееватая намывная почва.

В звене зернотравяного севооборота (озимая рожь – яровая пшеница – бобово-злаковые травы) изучали три системы основной обработки почвы. 1. Традиционная отвальная вспашка на 20-22 см – контроль. 2. Безотвальная чизельная обработка на 20-22 см. 3. Безотвальная поверхностная обработка на 10-12 см. Приемы обработки почвы повторяли из года в год по вариантам. Под зерновые культуры помимо основной обработки почвы осенью (под озимые) и весной (под яровые) по всем вариантам проводи-

лась культивация для закрытия влаги, а также после внесения минеральных удобрений. Технологические операции основной обработки почвы выполняли следующими орудиями: вспашку – плугом ПЛН-5-35; безотвальную чизельную – чизель-культиватором КЧ-5,1; безотвальную поверхностную – дисковой бороной БДТ-7.

Повторность опыта четырехкратная. Общая площадь делянки на водораздельной равнине 50 м<sup>2</sup>, на верхней, средней и нижней частях склона – 40 м<sup>2</sup>, учетной делянки – 38 и 35 м<sup>2</sup> соответственно. Влажность почвы определяли весовым методом, запасы продуктивной влаги в почве – расчетным методом [10].

Метеорологические условия в годы исследований существенно различались. Наиболее близкая к среднегодовому значению среднесуточная температура воздуха за период активной вегетации культур (май-август) была в 1997 и 1998 гг. В мае 1999 г. она была ниже среднегодовой на 2,4 °С, а в июне и июле, наоборот, выше на 4,8 и 3,0 °С соответственно. По влагообеспеченности растений наиболее благоприятным был 1997 г. с суммой осадков за май-август на уровне среднегодовой. Вегетационный период 1999 г. был очень сухим с суммой осадков за май-август всего 116 мм, или 45% по отношению к среднегодовому их значению (255 мм). В данный год в мае и июне выпало всего 8 и 15 мм осадков соответственно. По гидротермическому коэффициенту Селянинова 1997 г. был умеренно влажным (ГТК = 1,5), 1998 г. – избыточно влажным (ГТК = 1,6), 1999 г. – сухим (ГТК = 0,6).

**Изменение запасов продуктивной влаги в почвенном профиле.** Судить об обеспеченности растений влагой возможно, исходя из градаций почвенной влаги, соответствующих различным степеням влагообеспеченности. Почвенная влага в пределах полной (ПВ) и наименьшей (НВ) влагоемкости считается легкодоступной. Категория влаги, соответствующая НВ, относится к легкодоступной для растений и характеризуется максимальным содержанием рыхло- и прочносвязной воды. В суглинистых почвах при влажности, заметно превышающей величину НВ, сильно ухудшается воздушный режим, что отрицательно сказывается на развитии сельскохозяйственных культур. Поэтому за верхний предел оптимальной влажности принята величина наименьшей влагоемкости, за нижний предел – влажность разрыва капилляров (ВРК). Резкому снижению подвижности и доступности влаги соответствует величина влажности разрыва капилляров. Влажность почвы от НВ до ВРК или от НВ до влажности завядания (ВЗ) +  $\frac{2}{3}$  диапазона активной влаги (ДАВ) соответствует слабому иссушению почвы и относится к категории среднедоступной влаги. Категория влаги от ВЗ +  $\frac{1}{3}$  ДАВ до ВЗ +  $\frac{2}{3}$  ДАВ характеризует влажность почвы, соответствующую ВРК. Эта категория влаги относится к труднодоступной для растений. Влажность почвы от ВЗ до ВЗ +  $\frac{1}{3}$  ДАВ (от ВЗ до ВРК) характеризует сильное иссушение почвы. В соответствии со степенью доступности почвенной влаги установлены градации влагообеспеченности растений в пределах влажности от НВ (легкодоступная влага) до ВЗ (недоступная влага) (табл. 1).

**Таблица 1. Влагообеспеченность растений на незероэродированной и сильноэродированной почвах**

Категории влаги	Слой почвы, см			Степень влагообеспеченности
	0-20	20-50	0-50	
Неэродированная почва				
НВ – ВРК	72-51	78-59	150-110	Оптимальная
ВРК	51-31	59-39	110-70	Пониженная
ВРК – ВЗ	31-10	39-20	70-30	Недостаточная
< ВЗ	< 10	< 20	< 30	Весьма недостаточная
Сильноэродированная почва				
НВ – ВРК	67-50	71-51	138-107	Оптимальная
ВРК	50-32	51-44	107-76	Пониженная
ВРК – ВЗ	32-15	44-30	76-45	Недостаточная
< ВЗ	< 15	< 30	< 45	Весьма недостаточная

Эродированные почвы отличались меньшим содержанием средnedоступной влаги и диапазоном активной влаги, что отразилось на влагообеспеченности растений, особенно в острозасушливые годы. Уменьшение запасов продуктивной влаги в сильноэродированных почвах склонов обусловлено ухудшением их физических свойств – структурности пахотного горизонта, высокой его плотностью, низкой пористостью и водопроницаемостью, что приводит к усилению стока талых и дождевых вод. Снижение структурности почвы способствует увеличению расходов влаги через испарение.

Замена вспашки безотвальными обработками в годы с устойчивым снеговым покровом способствовала дополнительному накоплению влаги в почве (табл. 2). Наиболее существенное приращение влаги в весенний период по отношению к осенним запасам было на чизельной обработке: по отношению к вспашке в незероэродированной почве на 17 мм, в сильноэродированной – на 21, на мелкой обработке – на 10-12 мм.

Эффективность безотвальных обработок в накоплении влаги в почвах обусловлена наличием в поверхностном слое стерневых остатков, создающих благоприятные условия для накопления и равномерного распределения снега и аккумуляирования влаги в период снеготаяния. Наиболее эффективны такие обработки в случаях, когда почва с осени слабо увлажнена.

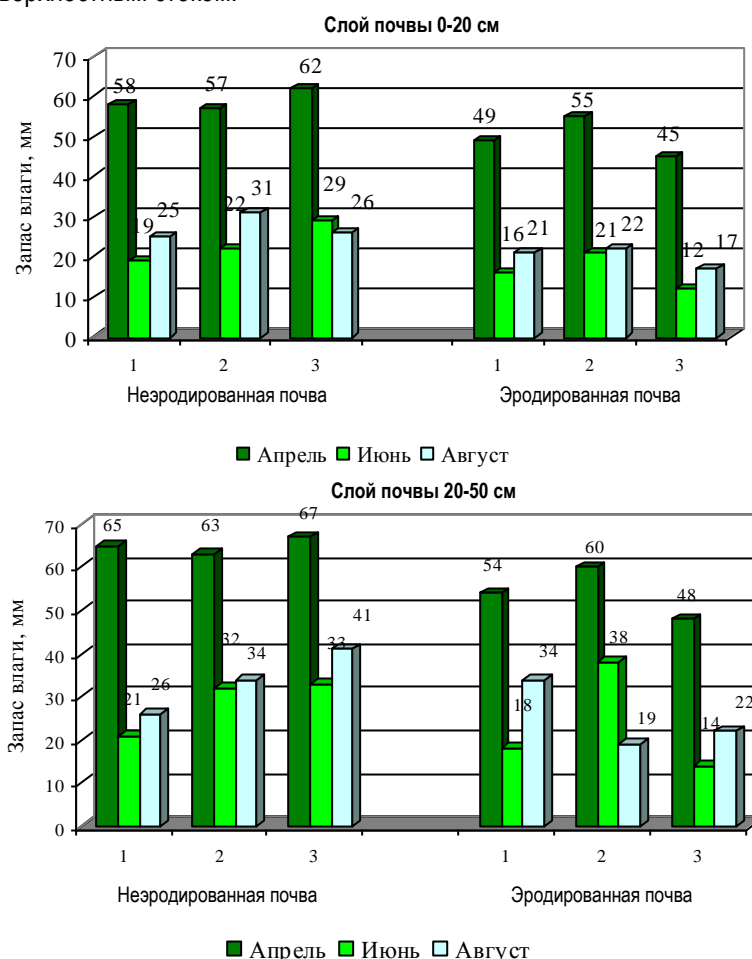
**Таблица 2. Приращение общего запаса влаги (мм) за осенне-зимне-весенний период в зависимости от способов обработки почвы**

Способ обработки	Ранневесенний период			Осенний период			Приращение, мм		
	слой почвы, см								
	0-20	20-50	0-50	0-20	20-50	0-50	0-20	20-50	0-50
Неэродированная почва									
Отвальная вспашка	61	75	136	59	75	134	2	0	+2
Безотвальная чизельная	68	83	151	55	77	132	13	6	+19
Поверхностная дисковая	72	87	159	64	81	145	8	6	+14
Сильноэродированная почва									
Отвальная вспашка	64	84	148	65	85	150	-1	-1	-2
Безотвальная чизельная	70	90	160	65	76	141	5	14	+19
Поверхностная дисковая	60	78	138	54	76	130	6	2	+8

Содержание влаги в течение вегетации зависело от эродированности почвы и способов обработки. Влагообеспеченность озимой ржи в начале весеннего развития была на уровне оптимальной, однако запасы влаги на неэродированной почве были выше, чем на эродированных, в пахотном слое на 2-17, в подпахотном (20-50 см) – на 3-19 мм (рис. 1).

На неэродированной почве наиболее высокий запас влаги в слое 0-20 см был на мелкой обработке – 62 мм, меньше на вспашке и чизельной обработке – 58 и 57 мм соответственно. По нашему мнению, это обусловлено снижением физического испарения воды из почвы при мелкой обработке, благодаря стерневым остаткам, и уменьшением водопроницаемости почвы. Различия между обработками в запасах влаги в слое 20-50 см составили – 2-4 мм.

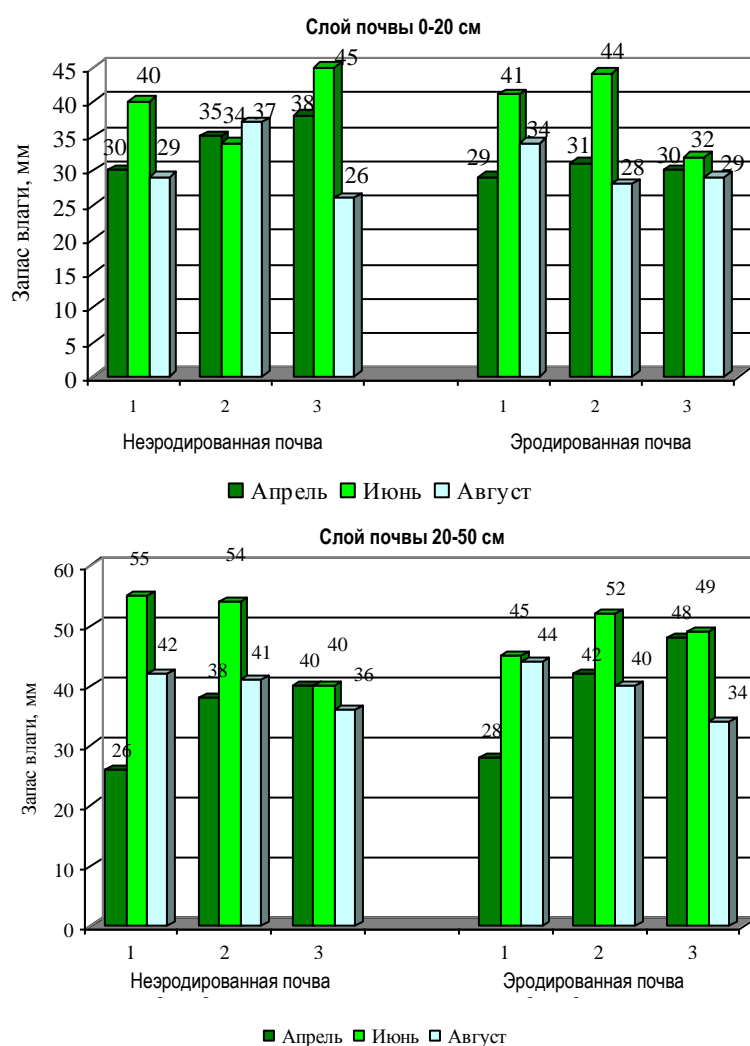
Эродированная почва более высоким весенним запасом влаги отличалась на чизельной обработке – 55 и 60 мм соответственно в слое 0-20 и 20-50 см, что обусловлено меньшим поверхностным стоком.



**Рис. 1. Динамика запасов продуктивной влаги в почве под озимой рожью в зависимости от способов основной обработки.**  
 1 – отвальная вспашка; 2 – безотвальная чизельная; 3 – поверхностная дисковая

Дефицит осадков и усиленное потребление влаги озимой рожью от фазы выхода в трубку до колошения привели к резкому снижению влаги в почве: на незеродированной и эродированной почвах соответственно на фоне вспашки на 62 и 67%, чизельной – 56 и 60, мелкой обработки – на 52 и 68%. Влагообеспеченность озимой ржи к уборке была недостаточной – запасы продуктивной влаги на всех обработках соответствовали уровню от ВРК до ВЗ.

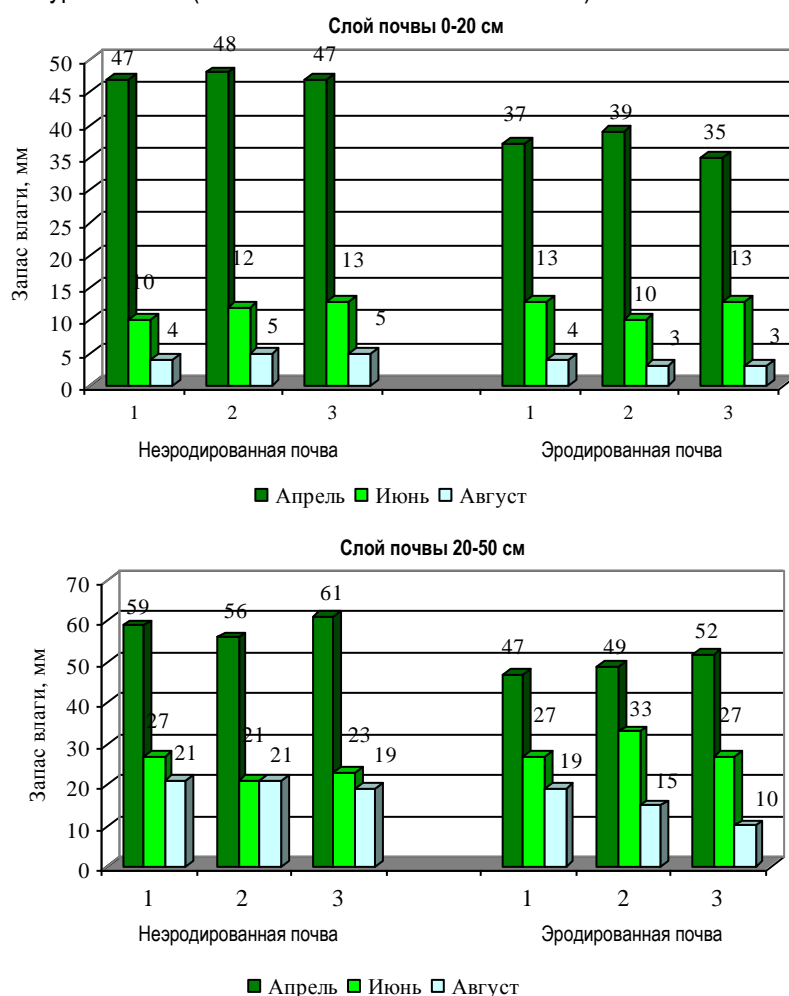
При севе яровой пшеницы по всем обработкам наблюдался дефицит влаги в пахотном слое (рис. 2). Запасы продуктивной влаги составили 30-38 мм на незеродированной почве и 29-31 мм – на эродированной. На фоне безотвальных обработок они были



**Рис. 2. Динамика запасов продуктивной влаги в почве под яровой пшеницей в зависимости от способов основной обработки. 1-отвальная вспашка; 2 – безотвальная чизельная обработка; 3 – поверхностная дисковая обработка**

выше, чем по вспашке, в слое 0-20 см на незэродированной почве на 5-8 мм, на эродированной – на 1-2 мм, в слое 20-50 см – на 12-14 мм на незэродированной и на 14-20 мм – на эродированной почве. Запасы влаги по вспашке соответствовали уровню недостаточной влагообеспеченности (ВРК – В3), а по безотвальной обработке – пониженной (в пределах ВРК).

Запасы влаги в почве под многолетними травами в весенний период практически не зависели от способа обработки под предшественник (рис. 3). Более существенные различия отмечены между степенью эродированности почвы. В сильноэродированной почве запасы влаги были ниже, чем в незэродированной, в слое 0-20 см на 9-12 мм, в слое 20-50 см – на 7-12 мм. В целом влагообеспеченность трав в весенний период соответствовала уровню ВРК (пониженная влагообеспеченность).



**Рис. 3. Динамика запасов продуктивной влаги в почве под многолетними травами в зависимости от способов основной обработки.**  
 1- отвальная вспашка; 2 – безотвальная чизельная обработка;  
 3 – поверхностная дисковая обработка

Дефицит осадков на фоне высоких среднесуточных температур воздуха (15,5-22,1°C) привел к резкому иссушению почвы и снижению запасов продуктивной влаги в почвенном профиле к началу первого укоса трав до величины острой недостаточной влагообеспеченности – ниже уровня ВЗ. Дальнейшее повышение температуры воздуха и острый недостаток осадков привели к сильному иссушению почвы. Влажность пахотных горизонтов неэродированной и эродированных почв в начале августа находилась на уровне максимальной гигроскопичности (2,67-5,05%). В почве находилась только прочно-связанная влага, недоступная растениям.

**Водопотребление сельскохозяйственных культур.** Главным источником влаги для сельскохозяйственных культур являются осадки, выпадающие в течение вегетационного периода. Это наиболее существенно можно определить по общим расходам влаги из почвы под различными культурами. Как показали наши исследования, степень эродированности почв и способы ее обработки оказали неоднозначное влияние на общие расходы влаги.

Под озимой рожью общий расход влаги колебался на неэродированной почве от 346 до 353 мм, на сильноэродированной почве – от 339 до 365 мм (табл. 3). При безотвальной чизельной и мелкой дисковой обработках почвы этот показатель был выше на 1-7 мм на неэродированной почве и на 6-25 мм – на сильноэродированной.

**Таблица 3. Расход влаги из почвы под возделываемыми культурами при разных способах основной обработки**

Показатели	Неэродированная почва			Сильноэродированная почва		
	В	Ч	Д	В	Ч	Д
Озимая рожь						
Запас влаги (слой 0-50 см), мм: апрель	106	121	129	103	115	93
август	51	65	67	55	41	39
Расход влаги, мм	55	56	62	48	74	54
Осадки, мм	291	291	291	291	291	291
Общий расход влаги, мм	346	347	353	339	365	345
Доля осадков в общем расходе влаги, %	84	84	82	86	80	84
Яровая пшеница						
Запас влаги (слой 0-50 см), мм: апрель	56	73	78	57	73	73
июль	71	78	62	78	68	63
Расход влаги, мм	+ 15	+5	16	+21	5	10
Осадки, мм	261	261	261	261	261	261
Общий расход влаги, мм	246	256	277	240	266	271
Доля осадков в общем расходе влаги, %	100	100	94	100	98	98
Многолетние травы						
Запас влаги (слой 0-50 см), мм: апрель	106	104	108	84	88	87
июнь	25	26	24	23	18	13
Расход влаги, мм	81	78	84	61	70	74
Осадки, мм	10	10	10	10	10	10
Общий расход влаги, мм	91	88	94	71	80	84
Доля осадков в общем расходе влаги, %	11	11	11	14	12,5	12

Примечание: В – отвальная вспашка; Ч – безотвальная чизельная обработка; Д – поверхностная дисковая обработка.

Данные общих расходов влаги свидетельствуют, что основным (80-86%) источником ее для растений являются осадки в годы с достаточным их выпадением, а роль почвенной влаги в формировании урожая снижается. При замене отвальной вспашки безотвальными обработками наблюдалась тенденция к снижению доли осадков в расходе влаги за период вегетации озимой ржи.

Под яровой пшеницей общий расход влаги колебался на незэродированной и сильноэродированной почвах от 240 до 277 мм. Как и на озимой ржи, на яровой пшенице при безотвальных обработках почвы этот показатель был выше, чем на отвальной вспашке. В варианте с чизельной обработкой превышение составило на незэродированной почве 10, на сильноэродированной – 14 мм, на поверхностной дисковой обработке – 31 мм на обеих почвах. На долю осадков приходилось от 94 до 100% от общего расхода влаги. При безотвальных обработках наблюдалась тенденция снижения доли осадков от общего расхода влаги за вегетационный период яровой пшеницы.

В острозасушливый вегетационный период 1999 г. при возделывании многолетних трав большая часть влаги поглощалась растениями для формирования урожая из почвенных запасов. Доля осадков составила всего 11% на незэродированной и 12-14% на сильноэродированной почве. Общий расход влаги под травами на незэродированной почве был на 8-20 мм больше, чем на сильноэродированной. Четкой закономерности между обработками почвы не прослеживалось.

Если в умеренно влажном (ГТК=1,5) 1997 г. общий расход влаги под озимой рожью принять за 100%, то в избыточно влажном (ГТК=1,6) 1998 г. под яровой пшеницей (культурой более короткого вегетационного периода) он составил 74%, а в сухом (ГТК=0,6) 1999 г. под травами – всего 22-26%.

Водопотребление возделываемых культур изменялось по годам в зависимости от их биологических особенностей, погодных условий и обработки почвы. На формирование единицы урожая озимой ржи на незэродированной и эродированной почвах использовалось примерно одинаковое количество влаги – 8,2-9,3 мм на 1 ц. При возделывании яровой пшеницы наблюдалось увеличение коэффициентов водопотребления на эродированной почве на 0,9-1,3 мм на 1 ц (табл. 4).

Водопотребление растений озимой ржи и яровой пшеницы в вариантах с безотвальными обработками было несколько выше, чем по отвальной вспашке, особенно при возделывании яровой пшеницы.

В водопотреблении многолетних трав проявлялась следующая зависимость. Коэффициенты водопотребления были выше на 0,5-1,2 единицы на эродированной почве и при безотвальных способах основной обработки почвы под покровную культуру, особенно по поверхностной дисковой обработке.

Таким образом, в годы с достаточным увлажнением основным источником влаги (на 80% и более) для растений являются осадки, а роль почвенной влаги незначитель-



**Таблица 4. Влияние основной обработки почвы на коэффициенты водопотребления культур**

Почва	Обработка почвы	Возделываемые культуры		
		озимая рожь	яровая пшеница	бобово-злаковые травы
<i>Общий расход влаги за вегетацию, мм</i>				
Неэродированная	Отвальная вспашка	346	246	91
	Безотвальная чизельная	347	256	88
	Поверхностная дисковая	353	277	94
Сильноэродированная	Отвальная вспашка	339	240	71
	Безотвальная чизельная	365	266	80
	Поверхностная дисковая	345	271	84
<i>Урожайность, ц/га</i>				
Неэродированная	Отвальная вспашка	42,2	40,0	51,2
	Безотвальная чизельная	42,4	38,7	51,7
	Поверхностная дисковая	42,1	38,1	47,6
Сильноэродированная	Отвальная вспашка	40,9	33,2	30,4
	Безотвальная чизельная	40,8	33,5	32,7
	Поверхностная дисковая	40,6	33,0	26,0
<i>Водопотребление, мм на 1 ц</i>				
Неэродированная	Отвальная вспашка	8,2	6,2	1,8
	Безотвальная чизельная	8,2	6,6	1,7
	Поверхностная дисковая	9,3	7,3	2,0
Сильноэродированная	Отвальная вспашка	8,3	7,2	2,3
	Безотвальная чизельная	8,9	7,9	2,4
	Поверхностная дисковая	8,5	8,2	3,2

ная. В острозасушливые годы доля продуктивной влаги почвы может составлять 86-89%.

Общий расход влаги при безотвальных обработках выше по сравнению с отвальной вспашкой на неэродированной почве на 2-13 мм, на сильноэродированной – на 16-20 мм. На формирование единицы урожая зерновых культур и трав на эродированной почве по сравнению с неэродированной затрачивается большее количество влаги, особенно при безотвальных обработках почвы.

Эродированная почва в связи с ухудшением физического состояния характеризуется более низким содержанием средnedоступной влаги и диапазоном активной влаги, что отражается на влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, особенно в острозасушливые годы. Запасы продуктивной влаги на неэродированной почве на 2-31 мм выше, чем на сильноэродированной, в зависимости от условий года.

Механические обработки почвы оказывают влияние на накопление продуктивной влаги в почвенном профиле в весенний период, а в процессе вегетации сельскохозяйственных культур действие их незначительное. Безотвальные чизельная и поверхностная дисковая обработки благодаря наличию в поверхностном слое почвы стерневых остатков способствуют дополнительному накоплению влаги в весенний период в пахотном слое в среднем 2-6 мм.

**Литература**

1. Шевченко И.П. Влияние способов обработки почвы и удобрений на противозерозионную устойчивость чернозема типичного и продуктивность культур: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Киев, 1989. – 26 с.
2. Шикун Н.К., Гнатенко А.Ф. Воспроизводство плодородия черноземов при почвозащитных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы / Сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1989. – С. 214-221.
3. Рамазанов Р.Я., Акатьев А.П., Ишмуратов В.И. Агрофизические свойства и режим влажности эродированных типичных карбонатных черноземов// Повышение плодородия эродированных почв. – Уфа: БФАН СССР, 1982. – С. 31-41.
4. Лысенко А.К., Науменко М.Д. Влияние обработки на агрофизические свойства, засоренность, плодородие почвы и продуктивность льно-картофельного севооборота // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы / Сб. науч. тр. ВНИИЗиЗПЭ. – Курск, 1989. – С. 188-194.
5. Митина Н.П. Совершенствование технологии обработки почвы при возделывании озимой и яровой пшеницы в условиях ЦЧО: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Курск, 1992. – 22 с.
6. Гуляка М.И. Основная обработка дерново-подзолистой супесчаной почвы под сельскохозяйственные культуры в свекловичном севообороте: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Жодино, 1992. – 21 с.
7. Гужев П.В. Почвозащитные способы основной обработки почвы под овес на склоновых землях БССР: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Жодино, 1990. – 25 с.
8. Корнилов И.М. Эффективность обработки почвы и органических удобрений на эродированных черноземах юго-востока Центрально-черноземной зоны: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Белгород, 1994. – 22 с.
9. Герасимов М.Н. Динамика эффективного плодородия черноземных почв при различных способах основной обработки на склонах: Автореф. дисс. ... канд. с.-х. наук. – Воронеж, 1989. – 22 с.
10. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

**Summary**

***Tsybulka N. Changes of moisture stores in a soil profile, moisture provision, and water consumption of farm crops depending on erodibility and methods of soil tillage***

The influence of the basic cultivation of derno-podzolic soils having a different degree erodibility on changes of moisture stores in a soil and water consumption of farm crops is investigated. It is established that the available moisture stores in non-eroded soil exceed those in strong-eroded soil by 2...31 mm depending on conditions of year. Tillage influences the contents of the available moisture in a soil profile in the spring season but during crop vegetation period their action is insignificant. Due to presence of crop residues in surface layer of soil, nonmoldboard cultivation promotes to additional accumulation of a moisture in the spring season in arable layer by 2...6 mm on the average.

In years of sufficient humidification, the basic source of moisture (80 % and more) for plants is precipitation, and role of soil moisture is minor. In hard-dry years, the fraction of available moisture can be equal to 86-89 %. Under a non-moldboard cultivation in comparison with a moldboard plowing, the overall moisture consumption is higher by 2...13 mm on non-eroded soil and 16...20 mm on strong-eroded. To produce a unit of yield of cereal and grass crops, moisture is consumed on eroded soil more than on non-eroded soil, especially under a non-moldboard cultivation.