

# АГРОФИЗИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ ВЛАГИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ



**ДЕНИСОВ Евгений Петрович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**ДЕНИСОВ Константин Евгеньевич**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**ПОЛЕТАЕВ Илья Сергеевич**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**ПОЛУЭКТОВ Евгений Валерьянович**, Донской государственный аграрный университет

*Отмечено первостепенное значение высоких запасов влаги в почве в весенний период в засушливых условиях Поволжья. Установлено, что на формирование высоких запасов влаги в почве влияют водно-физические свойства почвы, способы обработки и сумма осадков в осенне-зимний период. Рассмотрены агрофизические аспекты формирования запасов влаги в почве в зависимости от способов ее обработки. Показан механизм водопроницаемости влаги в глубокие горизонты и ее фильтрации при различных способах обработки почвы. Рассчитаны запасы влаги в почве в зависимости от водопроницаемости и фильтрации. Изучено влияние влагозапасов на урожайность зерновых культур.*

В Поволжье влага является важнейшим условием получения высоких урожаев зерновых культур. Почвенная влага необходима растениям для набухания и прорастания семян. В течение вегетации вода играет большую роль для роста, развития и формирования урожайности зерновых культур, в том числе яровой пшеницы. Влага нужна и для роста корневой системы. Проникновение корней в сухую почву связано с большими трудностями и энергетическими затратами, что снижает урожайность. Во влажной почве плотность не препятствует хорошему росту корней растений. От влажности почвы зависят многие химические, биологические и физико-химические процессы, доступность питательных веществ растениям [2].

В формировании запасов влаги в почве большую роль играют ее агрофизические свойства, погодные условия в осенне-зимние периоды, обработка и т.д. [1].

Цель исследований – изучение влияния различных приемов основной обработки почвы под яровой пшеницей на содержание весенних запасов влаги в ней и урожайность.

**Методика исследований.** Опыты по изучению обработки почвы осуществляли в 2012–2015 гг. на опытном поле яровой пшеницы (сорт Фаворит) Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. Схема опыта включала в себя четыре варианта:

1) вспашку плугом ПЛН-3-35 на глубину 23–25 см;

2) минимальную обработку с двумя дискованиями бороной Catros 3001 на глубину 10–12 см;

3) минимальную обработку с одним дискованием бороной Catros 3001 на глубину 10–12 см;

4) нулевая обработка, прямой посев сеялкой «Берегиня АП-421».

Площадь делянок – 250 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Норма высева – 3,5 млн всхожих семян на 1 га. Исследования проводили по общепринятым методикам [3, 4].

**Результаты исследований.** Различные приемы обработки почвы заметно влияли на ее воднофизические свойства. Сравнивая влияние энергосберегающих обработок и традиционной вспашки на аг-



рофизические свойства почвы, отмечали увеличение ценных структурных агрегатов: при минимальной и нулевой обработках в зерновом звене севооборота на 5,5–9,3 %, в травяном звене – на 3,4–3,5 %. Во втором случае структурность почвы была выше на 5,1–7,1 %. Минимализация обработки почвы улучшала ее структурное состояние. Увеличивалась и водопрочность структуры. Плотность почвы была ниже после вспашки, особенно в осенний период перед уходом в зиму, на 0,24 г/см<sup>3</sup> (23 %).

Аналогично плотности изменялась общая пористость и пористость аэрации почвы. Наибольшей они были после вспашки. Общая пористость в среднем за 6 лет при вспашке в слое 0–0,3 м была выше, чем при нулевой обработке осенью, на 9,9 %, весной – на 2,0 %, а пористость аэрации – на 15,4 и 3,8 % соответственно. Капиллярная пористость в почве была несколько больше при нулевой обработке. Различие со вспашкой составляло в среднем за 6 лет 6,4 %.

Строение пахотного слоя имело более влагосохранное состояние при минимализации обработки почвы (0,56 ед.) по сравнению со вспашкой (1,26 ед.). Особенно это сказывалось в сухие осенние периоды, когда после вспашки отмечали большие потери влаги.

Для накопления значительных запасов влаги к моменту посева большое значение имеет процесс просачивания воды в почву в осенне-зимний период. Для чернозема южного, как и других почв, состояние полной влагоемкости – явление краткосрочное. Из верхних горизонтов в глубокие слои почвы вода быстро уходит нисходящим током. Стеkanie ее под влиянием силы тяжести при заполнении всех пор происходит по закону Дарси, по которому скорость стекания гравитационной влаги определяется при полной влагоемкости. Гранулометрический состав, микро- и макроструктура, плотность, пористость и размеры пор получают отражение через коэффициент, характеризующий фильтрующее качество почвы. Для большинства почв состояние полной влагоемкости быстро исчезает, и формула Дарси становится неприменимой. Перемещение воды в почве до влажности разрыва капил-

ляров регулируется движением корней к влажным слоям и влаги по капиллярам в зону иссушения.

Вода в почве находится в непрерывном движении до степени влажности разрыва капилляров. Поток гравитационной влаги через почву разделяется на две стадии: впитывания, когда идет процесс заполнения крупных и свободных пор водой, и фильтрации, когда вода идет по порам, заполненным водой. Нисходящий поток гравитационной влаги идет со скоростью, описанной уравнением Дарси. И.С. Васильев, пользуясь формулой Дарси, определил скорость фильтрации воды в почву. В этом случае имеем модифицированный закон Дарси, который описывает движение воды в ненасыщенной влагой почве, где коэффициент пропорциональности дает коэффициент влагопроводности и зависит от активной пористости [5].

Активная пористость – это пористость аэрации (некапиллярные поры) и капиллярная пористость, за вычетом связанной воды. Капиллярная пористость играет важную роль в проникновении воды в почву, так как пористость аэрации при уплотнении почвы быстро уменьшается. Поэтому мы рассматривали значения общей пористости, пористости аэрации и капиллярной пористости при различных обработках почвы и влияние их на формирование запасов и продуктивной влаги. Запасы продуктивной влаги в почве хорошо коррелировали с пористостью аэрации и капиллярной пористостью. Очевидно, что капиллярная пористость играла большую роль в накоплении влаги в почве.

Изменения запасов влаги в почве объясняются данными водопроницаемости и фильтрации по вариантам опыта, полученными в течение вегетации (табл.1). Наибольшую водопроницаемость (58–106 мм/ч) отмечали при вспашке за первый час от начала впитывания. Скорость впитывания влаги за 4 ч при этом составила 0,089 и 0,139 мм/ч, а фильтрации за 38 ч – 0,010–0,015 мм/ч.

На варианте с минимальной обработкой почвы уже с осени пахотный слой быстро уплотняется и приобретает равновесное состояние. Водопроницаемость ее падает с 58–106 до 16–24 мм/ч.

**Водопроницаемость и фильтрация влаги в почву по вариантам опыта  
в течение вегетации пшеницы**

Вариант опыта	Водопроницаемость, мм/ч	Скорость фильтрации, мм/ч		
		за 4 ч	за 13 ч	за 38 ч
1. Вспашка	58–106	0,089–0,139	0,017–0,087	0,010–0,015
2. Минимальная обработка (два дискования)	16–24	0,077	0,020	0,010
3. Минимальная обработка (одно дискование)	19	–	–	–
4. Нулевая обработка	16–18	0,102	0,042	0,036

Резкое снижение водопроницаемости при длительной поверхностной обработке почвы дискованием приводит к распылению структурных агрегатов до микроагрегатов и механических частиц, которые кальматируют капиллярные поры, снижая не только водопроницаемость, но и фильтрацию. Водопроницаемость снижалась по сравнению со вспашкой в 3,0–3,5 раза, а фильтрация – в 1,5 раза. Это заметно снижало весенние запасы влаги в почве, которые с осени определяются водопроницаемостью, а в течение зимы и весны фильтрацией влаги в глубокие слои.

Следует предположить, что после вспашки процесс кальматации капиллярных пор идет меньше, чем при минимальной обработке почвы. В зерновом звене кальматация капиллярных пор протекает интенсивнее, чем после люцерны, видимо, вследствие высокой механической прочности и водопроницаемости структурных агрегатов.

На вариантах с прямым посевом пшеницы (без основной обработки почвы) водопроницаемость была самая низкая из всех вариантов (16–18 мм/ч), фильтрация – самая высокая. Скорость фильтрации влаги на вариантах с нулевой обработкой была выше, чем после вспашки, в 2,0–2,4 раза, после минимальной обработки – в 2,0–3,6 раза. Это можно объяснить высокой капиллярной пористостью при нулевой обработке почвы. Паровое пространство, образующееся после отмирания корней в почве, не нарушается ни обработкой почвы, ни каль-

матацией мелкими механическими частицами и коллоидами с нисходящей влагой. Таким образом, капиллярная пористость наряду с пористостью аэрации имеет большее значение в формировании весенних запасов влаги в почве.

В осенний период большую роль в формировании весенних запасов влаги в почве играет пористость аэрации и водопроницаемость. Это видно на вариантах со вспашкой. После уплотнения почвы в зимний и весенний периоды влага проникает в глубокие слои по капиллярным порам, от количества и функционирования которых также зависит величина весенних запасов влаги. Это хорошо просматривается на вариантах без обработки почвы с прямым посевом пшеницы, где, несмотря на низкую водопроницаемость, высокие запасы влаги формируются за счет хорошей капиллярной пористости, особенно во влажные годы при высоком давлении почвенной влаги (по Дарси А.) [5].

При минимальной обработке почвы наблюдали тенденцию снижения запасов влаги в почве по сравнению с другими вариантами, как в сухие годы, так и во влажные. Перед посевом яровой пшеницы запасы продуктивной влаги в годы с влажной осенью после вспашки в метровом слое составляли 144,5 мм. При двукратном дисковании они снизились до 117,0 мм, при однократном дисковании – до 121,2 мм, что на 23,3–27,5 мм (на 16,1–19,0 %) меньше, чем при вспашке.

При нулевой обработке почвы запасы влаги были близки к варианту со вспашкой



**Запасы продуктивной влаги перед посевом яровой пшеницы при различных способах обработки почвы в годы с влажной осенью, мм**

Слой почвы, м	Вариант опыта			
	глубокая вспашка (контроль)	минимальная обработка, два дискования	минимальная обработка, одно дискование	нулевая обработка
0–0,5	73,8	69,0	70,2	77,4
0,5–1,0	70,7	48,0	51,0	59,4
0–1,0	144,5	117,0	121,2	136,8
Отклонение от контроля, мм				
0–0,5	–	–4,8	–3,6	3,6
0,5–1,0	–	–22,7	–19,7	–11,3
0–1,0	–	–27,5	–23,3	–7,7
Отклонение от контроля, %				
0–0,5	–	6,5	4,9	4,9
0,5–1,0	–	32,1	27,9	16,0
0–1,0	–	19,0	16,1	5,3
Слой 0–0,5		$HCP_{05} 0,236$	$F_{факт} 2634,3$	$F_{теор} 3,86$
Слой 0,5–1,0		$HCP_{05} 0,302$	$F_{факт} 11619,0$	$F_{теор} 3,86$
Слой 0–1,0		$HCP_{05} 0,523$	$F_{факт} 3696,3$	$F_{теор} 2,51$

и составляли 136,8 мм (табл. 2). Особенно большое различие между энергосберегающими обработками почвы и вспашкой отмечали во втором полуметровом слое 0,5–1,0 м. Различие составляло по вариантам 19,7–22,7 мм (32,1–27,9 %). В верхнем полуметровом слое различие по вариантам с дискованиями и вспашкой было значительно меньше и составляло 3,6–4,8 мм (4,9–6,5 %). При нулевой обработке различие со вспашкой составляло 3,6 мм (4,9 %) в слое 0–0,5 м; 11,3 мм (16,0 %) во втором полуметре (0,5–1,0 м) и в метровом слое почвы 7,7 мм (5,3 %).

Дискование значительно распыляет почву и снижает не только пористость аэрации, но и капиллярную пористость. Этим объясняется снижение запасов влаги в почве на вариантах с обработкой ее дисковой бороной.

В годы с сухой осенью погодные условия характеризовались малым количеством осадков, высокой температурой воздуха, следовательно и большими потерями запасов влаги по крупным порам из глубоких слоев почвы. Большие потери влаги в сухую осень в эти годы не компенсиро-

вались осенне-зимними осадками. Поэтому запасы влаги в почве после вспашки в метровом слое составляли 124,2 мм, по сравнению с предыдущим годом меньше на 20,3 мм. На вариантах с дискованием это различие возросло до 20,5–27,7 мм. Запасы продуктивной влаги в слое 0–1,0 м при минимальной обработке с двумя дискованиями равнялись 96,6 мм, а с одним дискованием – 93,5 мм. При нулевой обработке почвы это значение составило 100,2 мм, меньше, чем в годы с влажной осенью, на 36,6 мм (табл. 3).

В годы с засушливой осенью запасы влаги в метровом слое почвы были меньше на вариантах с дискованиями на 27,6–30,7 мм (на 22,2–24,7 %) по сравнению с контролем. Причем в слое 0–0,5 м различие составило 12,4–12,5 мм (17,0–17,1 %); в слое 0,5–1,0 м – 14,4–17,4 мм (28,6–34,5 %).

При нулевой обработке почвы (прямой посев) запасы влаги в верхнем полуметре составляли 58,2 мм, что меньше по сравнению с контролем на 14,8 мм (на 20,2 %). Во втором полуметре это различие составило 8,4 мм (16,7 %). В метровом слое почвы запасы влаги на этом варианте не превышали



**Запасы продуктивной влаги перед посевом яровой пшеницы при различных способах обработки почвы в годы с засушливой осенью, мм**

Слой почвы, м	Вариант опыта			
	глубокая вспашка (контроль)	минимальная обработка, два дискования	минимальная обработка, одно дискование	нулевая обработка
0–0,5	73,0	60,6	60,5	58,2
0,5–1,0	50,4	36,0	33,0	42,0
0–1,0	124,2	96,6	93,5	100,2
Отклонение от контроля, мм				
0–0,5	–	–12,4	–12,5	–14,8
0,5–1,0	–	–14,4	–17,4	–8,4
0–1,0	–	–27,6	–30,7	–24,0
Отклонение от контроля, %				
0–0,5	–	17,0	17,1	20,2
0,5–1,0	–	28,6	34,5	16,7
0–1,0	–	22,2	24,7	19,3
Слой 0–0,5	$HCP_{05}$ 0,149	$F_{факт}$ 20740,1	$F_{теор}$ 3,86	
Слой 0,5–1,0	$HCP_{05}$ 0,252	$F_{факт}$ 9521,5	$F_{теор}$ 3,86	
Слой 0–1,0	$HCP_{05}$ 0,563	$F_{факт}$ 5241,6	$F_{теор}$ 2,51	

Таблица 4

**Урожайность яровой пшеницы, т/га**

Вариант опыта	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	В среднем	
					т/га	%
1. Вспашка	1,10	0,60	2,64	1,44	1,44	100
2. Минимальная обработка (два дискования)	0,99	0,53	2,31	1,30	1,28	88,8
3. Минимальная обработка (одно дискование)	0,91	0,46	2,36	1,26	1,24	86,1
4. Нулевая обработка	0,88	0,44	2,48	1,27	1,26	87,5
$HCP_{05}$	0,097		$F_{факт} = 15,35$	$F_{теор} = 3,38$		

100,2 мм, на 24 мм (на 19,3 %) меньше, чем при вспашке.

В сухие годы наибольшее количество влаги в метровом слое почвы было после вспашки. Во влажные годы это различие сглаживалось в пользу предшественников. При этом величина запасов влаги в метровом слое почвы на вариантах с пря-

мым посевом была равноценна вариантам со вспашкой. Таким образом, на весенние запасы влаги в почве влияли погодные условия (осадки и температура), особенно за осенний период, и обработка почвы. Роль предшественников часто превосходила значение обработки почвы в накоплении влаги в почве.



Значительные запасы влаги в почве при вспашке способствовали формированию высокой урожайности. Уменьшение влаги в почве в весенний период снижало урожайность на 11,2–13,9 % (табл. 4).

**Выводы.** В ходе исследований установлено, что при выращивании яровой пшеницы энергозатраты на 1 га на вариантах со вспашкой выше, чем при двойном дисковании, на 20,8–24,3 %, при одном дисковании – на 28,0–33,0 %, при нулевой обработке – на 37,4–43,9 %. Самая низкая энергетическая эффективность отмечена после вспашки; коэффициент энергетической эффективности не превышал 2,04–2,39 ед. При минимальной обработке почвы он колебался от 2,79 до 2,93, а при нулевой обработке – от 2,83 до 2,86 ед.

Расчет экономической эффективности подтвердил результаты энергетической эффективности.

Если уровень рентабельности при вспашке составил 11–31 %, то при минимальных обработках он возрос до 48–50 % и 46–53 %, а при нулевой обработке – до 46–54 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данилов А.Н., Летуций А.В. Роль удобрений и обработки почвы в формировании агрохимических и водно-физических свойств черноземов Правобережья Саратовской области // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2013. – № 12. – С. 5–8.

2. Денисов Е.П., Солодовников А.П. Эффективность энергосберегающих обработок почвы при возделывании яровой пшеницы // Нива Поволжья. – 2011. – № 3(20). – С. 21–25.

3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1987. – 351 с.

4. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. – Л.: Гидрометеоздат, 1965. – 663 с.

5. Шеин Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. – Ростов н/Д.: Феникс, 2006. – 399 с.

**Денисов Евгений Петрович**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Денисов Константин Евгеньевич**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Полетаев Илья Сергеевич**, аспирант кафедры «Земледелие, мелиорация и агрохимия», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1.

Тел.: (8453) 26-16-28.

**Полуэктов Евгений Валерьянович**, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Кадастр и мониторинг земель», Донской государственный аграрный университет. Россия.

346493, Ростовская обл., Октябрьский р-н, пос. Персиановский.

Тел.: (86360) 3-61-50.

**Ключевые слова:** агрофизические аспекты; запасы влаги; способы обработки почвы; водопроницаемость; фильтрация.

#### AGROPHYSICAL ASPECTS OF MOISTURE RESERVES FORMATION AT VARIOUS TILLAGE WAYS

**Denisov Evgeniy Petrovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Agriculture, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Denisov Konstantin Evgenievich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Agriculture, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Poletaev Ilya Sergeevich**, Post-graduate Student of the chair "Agriculture, Amelioration and Agrochemistry", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Poluektov Evgeniy Valeryanovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the chair "Cadastral and Land Monitoring", Don State Agrarian University. Russia.

**Keywords:** agrophysical aspects; moisture reserves; methods of tillage; water permeability; filtration.

*It is mentioned an utmost importance of high moisture reserves in the soil in the spring in the arid conditions of the Southeast and the Volga region. It was found out that water and physical soil properties, tillage methods and rainfall amount in the autumn-winter period influences the formation of high moisture reserves in the soil. They are regarded agrophysical aspects of formation of moisture reserves in the soil, depending on the way it is processed. It is given the mechanism of moisture permeability in the deep horizons and its filtering for different tillage methods. They are calculated moisture reserves in the soil, depending on the moisture permeability and filtration. The effect of moisture reserves in the yield of grain crops is studied.*

