

ними. Затем по формуле рассчитывают величину выноса калия урожаем, снижающую содержание  $K_2O$  в почве на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г.

Результаты свидетельствуют о том, что по мере увеличения содержания подвижного калия в почве снижалась величина выноса  $K_2O$  урожаями. При среднем содержании  $K_2O$  в почве фона 1 – 130 мг/кг вынос калия, снизивший удельное содержание в почве  $K_2O$ , составил 88 кг/га, на фоне 2 при содержании калия 269 мг/кг – на 48 и на фоне 3 при содержании 374 мг/кг – 31 кг/га (см. табл. 5).

**Заключение.** Результаты исследований показали, что влияние на снижение содержания подвижного калия оказывала исходная обеспеченность почв  $K_2O$ . Наиболее высокий вынос калия, который снижает его содержание на 10 мг/кг, или 1 мг/100 г получен при низкой обеспеченности  $K_2O$ . Этот показатель уменьшался по мере увеличения его содержания в почвах. В выборке с положительным балансом калия получены величины затрат калийных удобрений на увеличение в почве  $K_2O$ , которые оказались близки к ранее разработанным.

Таким образом, полученные результаты представляют собой более совершенную нормативно-справочную информацию, которая может использоваться при научно обоснованном прогнозировании динамики содержания

$K_2O$  на дерново-подзолистых почвах в зависимости от интенсивности применения калийсодержащих удобрений.

*Литература*

1. Шафран С.А., Ермаков А.А., Виноградова С.Б., Семенова А.И. Изменение плодородия почв Нечерноземной зоны за 50-летний период // Агрохимический вестник. – 2021. – №5. – С. 3-8.
2. Сычев В.Г., Шафран С.А., Духанина Т.М. Научные основы и методика определения доз питательных веществ и прогнозирования экономической эффективности применения минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2020. – 152 с.
3. Шафран С.А. Научные основы и современные методы определения доз применения минеральных удобрений. – М.: ВНИИА, 2022. – 236 с.
4. Шафран С.А., Кирпичников Н.А., Ермаков А.А., Семенова А.И. Динамика содержания подвижного фосфора в почвах Нечерноземной зоны и его регулирование // Агрохимия. – 2021. – № 5. – С.14-20.
5. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. Практическое руководство. – М.: Ледум, 2000. – 185 с.
6. Сычев В.Г. Основные ресурсы урожайности сельскохозяйственных культур и их взаимосвязь. – М.: ЦИНАО, 2003. – 228 с.
7. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур. – М.: ВНИИА, 2016. – 96 с.
8. Постников А.В., Шафран С.А. Временные нормативы затрат удобрений на проведение работ по комплексному агрохимическому окультуриванию полей. – М.: ВНИИПТИХИМ, 1982. – 10 с.
9. Результаты исследований в длительных опытах с удобрениями по зонам страны. Вып. II. Труды ВИАУ. – М., 1982.

#### INFLUENCE OF THE SUPPLY OF SOD-PODZOLIC SOILS WITH MOBILE POTASSIUM AND THE INTENSITY OF THE APPLICATION OF POTASSIUM FERTILIZERS ON THE DYNAMICS OF $K_2O$ CONTENT

S.A. Shafran, I.V. Iyushenko

*FGBNU "All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"*

*127434, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31, [shafran38@mail.ru](mailto:shafran38@mail.ru)*

*Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31a, Moscow, 127434, Russia*

*The work presents the dynamics of the content of mobile potassium in the arable land of regions with a predominance of sod-podzolic soils of the Non-Chernozem zone over a 50-year period. Since 1991, the use of potassium-containing fertilizers has constantly decreased, the removal of potassium has become much higher than its supply into the soil, which led to a decrease in the content of mobile potassium. As of January 1, 2021, the weighted average content of mobile potassium decreased in 17 regions of the Non-Black Earth Zone, in which the area of sod-podzolic soils accounts for more than 66% of the arable area. Due to soil degradation by agrochemical properties, the standard yield of grain crops without application of fertilizers decreased by 4.4-4.8 c/ha or by 13-23%. The impact of soil agrochemical properties on potassium removal by crops reducing its specific content is also considered.*

УДК: 631.425.4:631.445.25:631.5(571.12)

DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.03

## СОСТОЯНИЕ ВОДОПРОЧНОСТИ СТРУКТУРНО-АГРЕГАТНОГО СОСТАВА ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМАХ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ

**Н.В. Перфильев, д.с.-х.н., О.А. Вьюшина,**

**Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра СО РАН, e-mail: [vyushina63@mail.ru](mailto:vyushina63@mail.ru)**

**625501, Россия, Тюменский район, п. Московский, ул. Бурлаки, 2, Тюмень, тел. 8(3452)764-344**

Цель проведенных исследований в НИИСХ Северного Зауралья – филиале ТюмНЦ СО РАН – установить влияние длительного воздействия различных систем основной обработки на состояние водопрочной структуры темно-серой лесной почвы. В стационарном опыте в период 1988-2019 г. в зернопаровом севообороте: 1 – пар; 2 – озимая рожь; 3 – яровая пшеница; 4 – зернобобовые; 5 – яровой ячмень исследовали динамику изменения структурно-агрегатного состава водопрочной структуры почвы по отвальной, безотвальной, комбинированной, плоскорезной и поверхностной системам основной обработки. Установлено, что темно-серая лесная почва, обладая хорошими исходными показателями структуры, показала высокую устойчивость ее агрегатного состояния и водопрочности к длительному агротехническому воздействию при возделывании зерновых. За 6 ротаций зернопарового севооборота содержание водопрочных агрономически ценных агрегатов >5-0,25 мм увеличилось по изучаемым систе-

мам обработки в слое почвы 0-20 см на 9,1-24,1%, в слое 0-30 см на 5,6-16,8%. В целом при благоприятном воздействии изучаемых систем основной обработки на содержание водопрочных агрегатов, наиболее высокие значения содержания водопрочных агрономически ценных агрегатов отмечены по безотвальной, дифференцированной системам основной обработки, по которым в слое 0-20 и 0-30 см их было больше, соответственно слоям, на 9,0-15,0 и 11,2-13,7%, чем по отвальной системе обработки. По показателю критерия водопрочности (ПКВ) лучшие результаты в слое почвы 0-30 см получены по поверхностной – 0,405 ед., плоскорезной – 0,294 и отвальной – 0,293 ед. системам основной обработки. За 30-летний период величина ПКВ увеличивалась в сравнении с исходным состоянием на 39-183%.

**Ключевые слова:** водопрочная структура почвы, система основной обработки, критерий водопрочности, темно-серая лесная почва.

Для цитирования: Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Состояние водопрочности структурно-агрегатного состава темно-серой лесной почвы при различных системах основной обработки// Плодородие. – 2023. – №3. – С. 13-18. DOI: 10.25680/S19948603.2023.132.03.

Общепризнано, что агрофизические свойства почв в значительной степени определяют возможности реализации урожаем почвенного плодородия, обуславливают состояние обеспеченности влагой, сложение почвы, биологический и питательный режимы [1]. Структурно-агрегатный состав почвы, в свою очередь, являясь одним из важных показателей агрофизических свойств в значительной степени определяет их состояние [2, 3].

Особую ценность с агрономической точки зрения представляет мелкокомковатая и зернистая структура (0,25-10,0 мм). Уменьшение содержания этих агрегатов, увеличение глыбистости ведут к ухудшению агрофизических свойств почвы, снижению продуктивности сельскохозяйственных культур [4]. Одним из основных факторов, способных оказать влияние на оптимизацию сложения почвы, водного режима, ее структурного состояния и водопрочности агрегатов, является основная обработка почвы [5].

Вместе с тем, обобщение результатов научных исследований по влиянию агротехники зерновых культур, системы основной обработки почвы на её агрофизические свойства показало, что в настоящее время объем исследований по структуре почвы в 36% полевых опытов, особенно по водопрочности структурных агрегатов (в 15,7% опытов), является недостаточным для выявления закономерностей изменения структурно-агрегатного состава в зависимости от способа обработки почвы [1].

Действительно, имеющиеся в научной литературе данные о влиянии обработки почвы на изменение ее структуры, водопрочности зачастую неоднозначны. Есть данные о положительном влиянии минимизации основной обработки на структуру почвы и водопрочность агрегатов [6], а также о преимуществе классической системы основной обработки [7, 8].

В этой связи, для темно-серых лесных почв Северного Зауралья изучение влияния длительного воздействия различных систем основной обработки на состояние водопрочной структуры имеет значительную актуальность.

**Цель исследований** – установить влияние длительного воздействия систем основной обработки темно-серой лесной почвы на состояние её водопрочной структуры в Северном Зауралье.

**Методика.** Изучено влияние различных систем основной обработки почвы с элементами минимизации при длительном их применении (завершение 6-й ротации севооборота) на состояние водопрочности структурно-агрегатного состава почвы. Опыт заложен в стационаре на опытном поле НИИСХ Северного Зауралья – филиале ТюмНЦ СО РАН в зернопаровом севообороте: 1 – чистый пар; 2 – озимая рожь; 3 – яровая пшени-

ца; 4 – зернобобовые; 5 – яровой ячмень, развернутом во времени и пространстве. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая, содержание гумуса 4,2-5,0 %,  $pH_{\text{сол.}}$  6,0-6,4, глубина гумусного горизонта 25-27 см. Сумма поглощенных оснований в пахотном слое 18,6-25,6 мг-экв/100 г почвы. Схема опыта включала 6 вариантов системы основной обработки почвы: отвальная – вспашка на 20-22 см, безотвальная – безотвальное рыхление на 20-22 см, комбинированная – чередование вспашки и безотвального рыхления на 20-22 см; дифференцированная – в пару и после озимой ржи культивация на 12-14 см, вспашка на 20-22 см под зернобобовые, под ячмень и после него дискование на 10-12 см, плоскорезная – ежегодная обработка культиватором Смарагд-6 на 12-14 см; поверхностная – ежегодное дискование на 10-12 см. Варианты опыта заложены на удобренном фоне из расчета  $N_{40}P_{40}K_{40}$  кг д.в/га севооборотной площади. Весной общепринятая предпосевная обработка и посев сеялкой СЗП-3,6. Обработка против сорняков гербицидами общим фоном. Растительные остатки от возделываемых культур измельчали в процессе уборки и заделывали в почву при основной обработке. Отбор почвы для анализа проводили в начале опыта (1988 г.) и по завершении 6-й ротации (2019 г.) севооборота в 6-кратной повторности по слоям 0-10, 10-20, 20-30 см. Содержание водопрочных агрегатов определяли на приборе Бакшеева [9], показатель критерия водопрочности (ПКВ) – по формуле [10]:

$$ПКВ = \frac{P_c}{P_m},$$

где  $P_c$  – содержание агрегатов фракции 1,0-0,25 при сухом просеивании, %;  $P_m$  – содержание агрегатов фракции 1,0-0,25 при мокром просеивании, %.

Математическая и статистическая обработка полученных данных проведена по методике Б.А. Доспехова [11] с использованием компьютерных программ О.Д. Сорокина [12]. Метеорологические условия вегетационного периода по обеспеченности осадками и теплом оценивались по величине гидротермического коэффициента (ГТК) Г.Т. Селянинова, по которому 48,5% лет были близкими к среднегодовым, 22,5 влажные и холодные и 29% лет – засушливые.

**Результаты и их обсуждение.** Полученные данные определения водопрочности структуры свидетельствуют, что водопрочность почвы в начальный период исследований была хорошей, количество водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм в слое почвы 0-30 см составляло 63,7% (табл.) и приближалась к параметрам

(65-70%), соответствующим оптимальному содержанию водопрочных агрегатов [13].

При этом показатели водопрочности почвенных агрегатов по почвенным горизонтам были неоднозначны. Водопрочность возрастала с увеличением глубины профиля почвы от 54% в слое 0-10 см до 76,4% в слое почвы 20-30 см. Увеличение глубины слоя происходило за счет

как снижения, практически вдвое, количества агрегатов микроструктуры (менее 0,25 мм) с 46,0% в слое 0-10 см до 23,6% в слое 20-30 см, так и некоторого увеличения с глубиной горизонтов доли наиболее ценной фракции структурных отдельностей (5-1 мм) с 13,6% в слое 0-10 см до 19,6% в слое почвы 20-30 см (рис., табл.).

Структурное состояние почвы в зависимости от систем основной обработки								
№ варианта	Слой почвы, см	Содержание агрегатов (%) размером (мм)						ПКВ
		10-0,25	>10	5-0,25	5-1	1,0-0,25	<0,25	
		сухое просеивание			мокрое просеивание			
Исходное состояние, 1988 г.								
	0-20	68,6	24,7	57,3	14,9	42,4	42,7	0,200
	0-30	68,0	26,9	63,7	16,5	47,2	36,3	0,143
По завершении 6-й ротации, 2019 г.								
1	0-20	77,8	15,4	66,4	15,7	50,7	33,6	0,358
	0-30	73,2	21,7	69,3	20,2	49,1	30,7	0,293
2	0-20	67,5	29,2	81,4	58,8	22,6	18,6	0,309
	0-30	57,3	40,3	83,0	62,9	20,1	17,0	0,262
3	0-20	68,5	27,0	73,9	28,2	45,7	26,1	0,242
	0-30	63,5	32,8	77,2	33,6	43,6	22,8	0,199
4	0-20	72,8	22,4	79,7	42,4	37,3	20,3	0,284
	0-30	66,4	30,0	80,5	42,8	37,7	19,5	0,223
5	0-20	74,9	18,6	75,1	37,8	37,3	24,9	0,374
	0-30	69,8	25,4	77,1	41,3	35,8	22,9	0,294
6	0-20	69,8	25,8	75,4	50,4	25,0	24,6	0,570
	0-30	60,6	36,4	78,9	54,1	24,8	21,1	0,405
HCP <sub>05</sub>	0-20	5,1	6,9	8,7	12,1	13,2	7,4	0,069
	0-30	6,4	7,3	7,0	14,3	11,2	7,7	0,035

Примечание. ПКВ – показатель критерия водопрочности.

Вместе с тем, увеличение водопрочности агрегатов в более глубоких горизонтах почвы в значительной степени объясняется также и возрастанием в них доли агрегатов размером 1,0-0,25 мм с 40,4% в слое 0-10 см до 56,8% в слое почвы 20-30 см. Это обусловило снижение ПКВ в слое 10-20 и 20-30 см, определяемого как отношение доли агрегатов фракции от 1,0-0,25 мм при сухом просеивании, к величине этого значения при мокром просеивании [14, 15]. Показатель критерия водопрочности снижался с 0,29 в слое почвы 0-10 см до 0,06 в слое почвы 20-30 см. В связи с этим величина ПКВ снижалась с увеличением глубины профиля с 0,200 в слое 0-20 см до 0,143 в слое почвы 0-30 см.

Данные о состоянии водопрочности структуры по истечении шести ротаций зернопарового севооборота при возделывании зерновых культур с применением систем основной обработки различной интенсивности показали, что темно-серая лесная почва обладает устойчивой структурой к длительному агротехническому воздействию, с высокими показателями ее водопрочности.

За 30-летний период содержание агрономически ценных агрегатов водопрочной структуры 5-0,25 мм, как по отдельным почвенным горизонтам: 0-10, 10-20, 20-30 см, так и в целом по слоям почвы 0-20 и 0-30 см, по изученным системам обработки увеличилось, как и показатели ее водопрочности. Так, в слое 0-10 см содержание данных агрегатов увеличилось с 54% при исходном состоянии до 61,5-75,7% (на 7,5-21,7%), в слое 10-20 см – с 60,6 до 71,3-87,2% (на 10,7-26,6%), в слое 20-30 см – с 76,4 до 86,9% (увеличилось до 10,5%). В слое почвы 20-30 см только по отвальной системе

обработки оно составляло 75,2% и было близко к исходному состоянию (рис.).

В целом в слое 0-20 см содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов по изучаемым вариантам увеличивалось с 57,3% при исходном состоянии до 66,4-81,4% (на 9,1-24,1%), в слое 0-30 см – с 63,7% (исходное) до 69,3-80,5% (на 5,6-16,8%) (см. табл.).

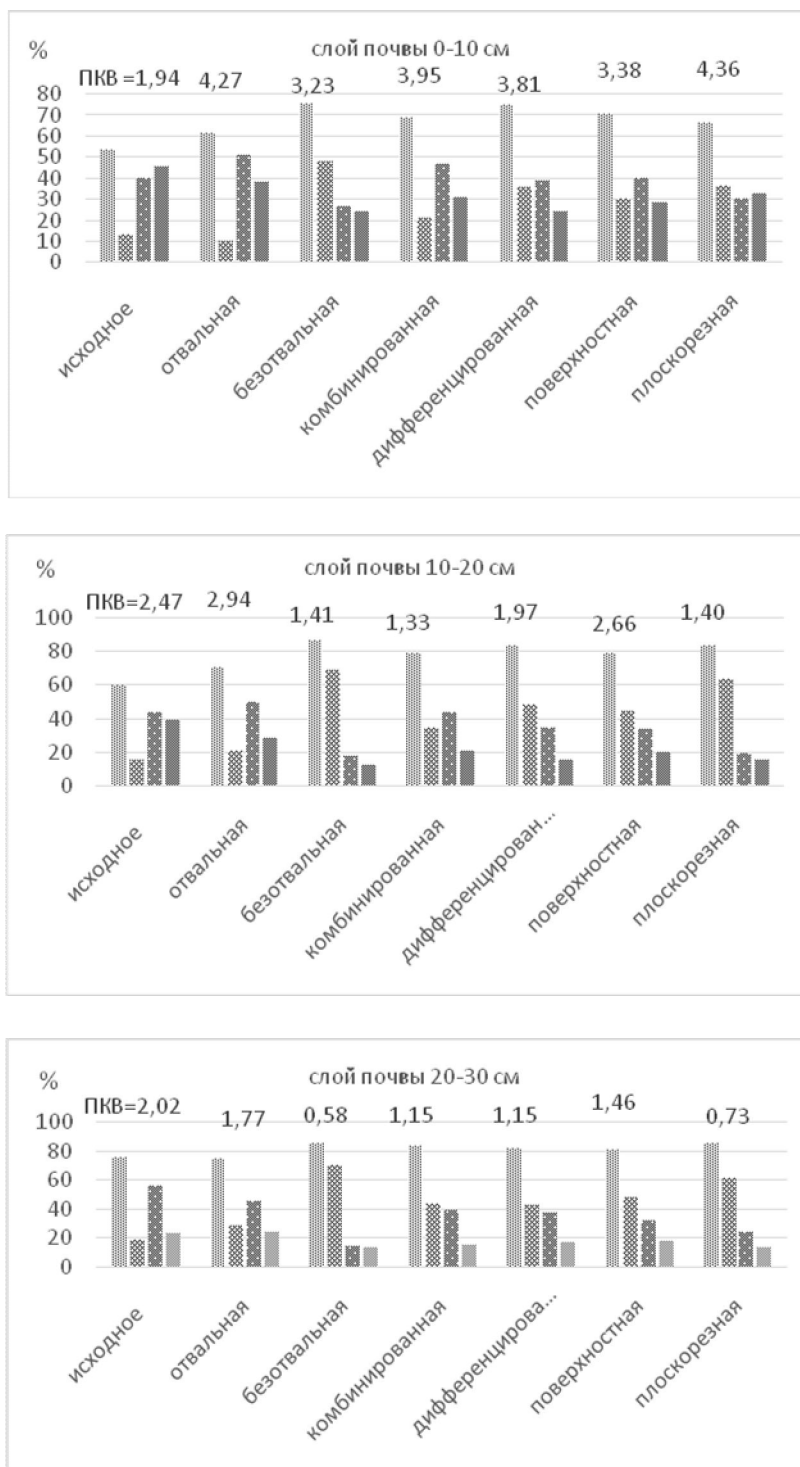
Об увеличении водопрочности агрегатов за исследуемый период можно судить также по данным определения показателя критерия водопрочности агрегатов (ПКВ). Так, в слое почвы 0-10 см с 0,29 при исходном состоянии он возрастал до 0,36-0,53 – на 0,07-0,24 ед., или на 24,1-82,8%. В слое почвы 10-20 см с 0,12 до 0,12-0,67 – на 0,55 ед., в слое 20-30 см с 0,06 до 0,07-0,14 (на 0,01-0,08 ед.) (см. рис.).

В целом в 0-20 см слое почвы величина ПКВ с исходного значения увеличилась на 0,04-0,37 ед., или на 16,7-18,5%, в слое 0-30 см – на 0,05-0,26 ед., или на 35,7-185,7%. В слое почвы 0-20 см при достаточно высоком содержании водопрочных агрономически ценных агрегатов (5-0,25 мм) по всем изучаемым системам обработки, самое высокое содержание данной структуры было по безотвальной, дифференцированной и поверхностной системам обработки – на 9,0-15,0% выше, чем по отвальной системе обработки. По другим ресурсосберегающим системам обработки, комбинированной и плоскорезной содержание этой структуры было также высоким – 73,9-75,1% и незначительно уступало варианту дифференцированной и поверхностной системам обработки. Однако, качество водопрочной структуры по этим системам уступало вариантам безотвальной, дифференцированной и поверхностной системам обра-

ботки, содержание наиболее ценной водопрочной структуры (5-1 мм) было на них ниже на 14,2-30,6%.

По показателю критерия водопрочности 0-20 см слоя почвы лучшие результаты получены по поверхностной

– 0,570, плоскорезной – 0,373 и отвальной системам обработки – 0,358, по которым отмечено его увеличение за 30-летний период на 0,157-0,370, или на 78-187% в сравнении с исходным состоянием.



■ – >5-0,25 мм; ■ – 5-1 мм; ■ – 1-0,25 мм; ■ – >0,25.

Рис. Содержание фракций водопрочных агрегатов (%) и показатель критерия водопрочности (ПКВ) по горизонтам почвы (см)

С возрастом глубины профиля почвы до 30 см по изучаемым вариантам систем обработки наблюдалось некоторое увеличение по сравнению со слоем почвы 0-20 см содержания водопрочной структуры 5-0,25 мм. Это объясняется увеличением, особенно в вариантах ресурсосберегающих систем обработки, доли глыбистой (более 10 мм) фракции в слое 10-30 см в сравнении с исходным состоянием на 25,5-85,5% (см. табл.).

По результатам сухого просеивания в слое почвы 10-20 см содержание агрегатов более 10 мм с 23,5% при отвальной системе по ресурсосберегающим системам увеличивалось до 41,0%, в слое почвы 20-30 см, соответственно, с 34,3 до 39,1-62,4%.

По всем вариантам ресурсосберегающих систем обработки содержание водопрочной структуры в слое почвы 0-30 см было высоким и выше, чем по отвальной

системе. Это также объясняется более ее высоким, чем по отвальной системе, содержанием по ним фракции агрегатов более 10 мм, в особенности в слое 20-30 см (на 10,3-23,3%), которые при мокром просеивании, распадаясь на мелкие агрегаты, пополняли содержание агрономически ценной фракции водопрочной структуры. Самые высокие значения водопрочной структуры в слое 0-30 см обеспечивали безотвальная (83%) и дифференцированная (80,5%) системы обработки. Содержание агрегатов 5-0,25 мм на них было выше, чем по отвальной системе обработки на 11,2-13,7%. В то же время, показатель критерия водопрочности свидетельствует, что наиболее благоприятное соотношение содержания агрегатов (1,0-0,25 мм) при сухом и мокром просеивании почвы в среднем и по 0-20, и по 0-30 см слоям было по поверхностной, соответственно слоям, 0,570 и 0,405, плоскорезной 0,374 и 0,294, а также по отвальной – 0,358 и 0,293 системам обработки. За 30-летний период величина ПКВ 0-30 см слоя почвы увеличивалась в сравнении с исходным состоянием (0,143) на 0,056-0,262 ед., или на 39-183%.

Вместе с тем, увеличение водопрочности агрегатов в более глубоких горизонтах почвы в значительной степени объясняется также и возрастанием в них доли агрегатов размером 1,0-0,25 мм с 40,4% в слое 0-10 см до 56,8% в слое почвы 20-30 см. Это обусловило снижение ПКВ в слое 10-20 и 20-30 см, определяемого как отношение доли агрегатов фракции от 1,0-0,25 мм при сухом просеивании, к величине этого значения при мокром просеивании [14, 15]. Показатель критерия водопрочности снижался с 0,29 в слое почвы 0-10 см до 0,06 в слое почвы 20-30 см. В связи с этим величина ПКВ снижалась с увеличением глубины профиля с 0,200 в слое 0-20 см до 0,143 в слое почвы 0-30 см.

Данные о состоянии водопрочности структуры по истечении шести ротаций зернопарового севооборота при возделывании зерновых культур с применением систем основной обработки различной интенсивности показали, что темно-серая лесная почва обладает устойчивой структурой к длительному агротехническому воздействию, с высокими показателями ее водопрочности.

За 30-летний период содержание агрономически ценных агрегатов водопрочной структуры 5-0,25 мм, как по отдельным почвенным горизонтам: 0-10, 10-20, 20-30 см, так и в целом по слоям почвы 0-20 и 0-30 см, по изученным системам обработки увеличилось, как и показатели ее водопрочности. Так, в слое 0-10 см содержание данных агрегатов увеличилось с 54% при исходном состоянии до 61,5-75,7% (на 7,5-21,7%), в слое 10-20 см – с 60,6 до 71,3-87,2% (на 10,7-26,6%), в слое 20-30 см – с 76,4 до 86,9% (увеличилось до 10,5%). В слое почвы 20-30 см только по отвальной системе обработки оно составляло 75,2% и было близко к исходному состоянию (рис.).

В целом в слое 0-20 см содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов по изучаемым вариантам увеличивалось с 57,3% при исходном состоянии до 66,4-81,4% (на 9,1-24,1%), в слое 0-30 см – с 63,7% (исходное) до 69,3-80,5% (на 5,6-16,8%) (см. табл.).

Об увеличении водопрочности агрегатов за исследуемый период можно судить также по данным определения показателя критерия водопрочности агрегатов. Так, в слое почвы 0-10 см с 0,29 при исходном состоянии он возростал до 0,36-0,53 – на 0,07-0,24 ед., или на 24,1-82,8%. В слое почвы 10-20 см с 0,12 до 0,12-0,67 –

на 0,55 ед., в слое 20-30 см с 0,06 до 0,07-0,14 (на 0,01-0,08 ед.) (см. рис.).

В целом в 0-20 см слое почвы величина ПКВ с исходного значения увеличилась на 0,04-0,37 ед., или на 16,7-18,5%, в слое 0-30 см – на 0,05-0,26 ед., или на 35,7-185,7%. В слое почвы 0-20 см при достаточно высоком содержании водопрочных агрономически ценных агрегатов (5-0,25 мм) по всем изучаемым системам обработки, самое высокое содержание данной структуры было по безотвальной, дифференцированной и поверхностной системам обработки – на 9,0-15,0% выше, чем по отвальной системе обработки. По другим ресурсосберегающим системам обработки, комбинированной и плоскорезной содержание этой структуры было также высоким – 73,9-75,1% и незначительно уступало варианту дифференцированной и поверхностной системам обработки. Однако, качество водопрочной структуры по этим системам уступало вариантам безотвальной, дифференцированной и поверхностной системам обработки, содержание наиболее ценной водопрочной структуры (5-1 мм) было на них ниже на 14,2-30,6%.

По показателю критерия водопрочности 0-20 см слоя почвы лучшие результаты получены по поверхностной – 0,570, плоскорезной – 0,373 и отвальной системам обработки – 0,358, по которым отмечено его увеличение за 30-летний период на 0,157-0,370, или на 78-187% в сравнении с исходным состоянием.

С возрастанием глубины профиля почвы до 30 см по изучаемым вариантам систем обработки наблюдалось некоторое увеличение по сравнению со слоем почвы 0-20 см содержания водопрочной структуры 5-0,25 мм. Это объясняется увеличением, особенно в вариантах ресурсосберегающих систем обработки, доли глыбистой (более 10 мм) фракции в слое 10-30 см в сравнении с исходным состоянием на 25,5-85,5% (см. табл.).

По результатам сухого просеивания в слое почвы 10-20 см содержание агрегатов более 10 мм с 23,5% при отвальной системе по ресурсосберегающим системам увеличивалось до 41,0%, в слое почвы 20-30 см, соответственно, с 34,3 до 39,1-62,4%.

По всем вариантам ресурсосберегающих систем обработки содержание водопрочной структуры в слое почвы 0-30 см было высоким и выше, чем по отвальной системе. Это также объясняется более высоким, чем по отвальной системе, содержанием по ним фракции агрегатов более 10 мм, в особенности в слое 20-30 см (на 10,3-23,3%), которые при мокром просеивании, распадаясь на мелкие агрегаты, пополняли содержание агрономически ценной фракции водопрочной структуры. Самые высокие значения водопрочной структуры в слое 0-30 см обеспечивали безотвальная (83%) и дифференцированная (80,5%) системы обработки. Содержание агрегатов 5-0,25 мм на них было выше, чем по отвальной системе обработки на 11,2-13,7%. В то же время, показатель критерия водопрочности свидетельствует, что наиболее благоприятное соотношение содержания агрегатов (1,0-0,25 мм) при сухом и мокром просеивании почвы в среднем и по 0-20, и по 0-30 см слоям было по поверхностной, соответственно слоям, 0,570 и 0,405, плоскорезной 0,374 и 0,294, а также по отвальной – 0,358 и 0,293 системам обработки. За 30-летний период величина ПКВ 0-30 см слоя почвы увеличивалась в сравнении с исходным состоянием (0,143) на 0,056-0,262 ед., или на 39-183%.

**Выводы.** 1. Темно-серая лесная почва, обладая хорошими исходными показателями структуры почвы, показала высокую устойчивость ее структурно-агрегатного состояния и водопрочности к длительному агротехническому воздействию при возделывании зерновых. За шесть ротаций зернопарового севооборота содержание водопрочных агрономически ценных агрегатов >5-0,25 мм увеличивалось по изучаемым системам обработки в слое почвы 0-20 см на 9,1-24,1%, в слое 0-30 см на 5,6-16,8%.

2. При в целом благоприятном воздействии изучаемых систем основной обработки на содержание водопрочных агрегатов, наиболее высокие значения содержания водопрочных агрономически ценных агрегатов обеспечивались по безотвальной, дифференцированной системам основной обработки, по которым в слоях 0-20 и 0-30 см их было больше, соответственно слоям, на 9,0-15,0 и 11,2-13,7%, чем по отвальной системе обработки.

3. По критерию водопрочности лучшие результаты в слое почвы 0-30 см получены по поверхностной – 0,405 ед., плоскорезной – 0,294 и отвальной – 0,293 ед. системам основной обработки. За 30-летний период величина ПКВ увеличивалась в сравнении с исходным состоянием на 39-183%.

#### Литература

1. Поляков Д.Г. Обработка почвы и прямой посев: агрофизические свойства черноземов и урожайность полевых культур // Земледелие. – 2021. – № 2. – С. 37-43. DOI: 10.24411/0044-3913-2021-10208
2. Еремина Д.В., Груздева Н.А., Еремин Д.И. Сравнительная оценка структурно-агрегатного состава темно-серых лесных почв лесостепной зоны Зауралья // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 12. – С. 57-63. DOI: 10.36718/1819-4036-2019-12-57-63
3. Polakowski C., Sochan A., Ryżak M., Beczek M., Mazur R., Majewska K., Turski M., Bieganski A. Measurement of soil dry aggregate size

- distribution using the laser diffraction method // Soil and Tillage Research. 2021. Vol. 211, 105023 <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105023>
4. Мамонтов В.Г., Байбеков Р.Ф., Лазарев В.И., Юдин С.А., Цветков С.А., Таллер Е.Б. Изменение структурного состояния чернозема типичного Курской области под влиянием бессменных пара и озимой пшеницы // Земледелие. – 2019. – № 1. – С. 7-10. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10102.
5. Дубовик Е. В., Дубовик Д. В., Шумаков А. В. Влияние приемов основной обработки почвы на макроструктуру чернозема типичного // Почвоведение. – 2021. – №10. – С. 1195-1206. DOI: 10.31857/S0032180X21100051
6. Антонов В.Г. Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21(6). – С. 733-742. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742>
7. Ивченко В.К., Полосина В.А., Штеле А.А. Влияние приемов основной обработки почвы на агрофизические показатели чернозема выщелоченного Красноярской степи // Вестник КрасГАУ. – 2019. – № 7. – С. 50-58. EDN: ODBOFN
8. Романов В.Н., Ивченко В.К., Ильченко И.О., Луганцева М.В. Влияние приемов основной обработки почвы в севообороте на динамику влажности и агрофизические свойства чернозема выщелоченного // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 5. – С. 32-34. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10508>
9. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.
10. Самофалова Ираида Алексеевна. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне // Земледелие. – 2019. – № 1. – С. 24-28.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1985. – 351 с.
12. Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. – Краснодар: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. – 162 с.
13. Кауричев И.С. Практикум по почвоведению. – М.: Изд-во Колос, 1980. – 272 с.
14. Михеева И. В. Изменение вероятностных распределений фракций гранулометрического состава каштановых почв Кулундинской степи под воздействием природных и антропогенных факторов // Почвоведение. – 2010. – № 12. – С. 1456-1467. EDN: NBSNUT
15. Самофалова И.А. Влияние способов основной обработки на структурно-агрегатный состав дерново-подзолистой почвы в Нечерноземной зоне // Земледелие. – 2019. – № 1. – С.24-28. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10107

#### CONDITION OF WATER HOLDING CAPACITY OF STRUCTURAL-AGGREGATE COMPOSITION OF DARK-GREY FOREST SOIL UNDER DIFFERENT SYSTEMS OF MAIN TILLAGE

N. V. Perfilov, O. A. Vyushina,

Scientific Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region – Branch of Federal State Institutions  
Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.  
2, Burlaki street, Moskovskiy, Tyumen district, Tyumen region, 625501,  
e-mail:vyushina63@mail.ru

The aim of the studies conducted in the Research Institute of Agricultural Machinery of the Northern Trans-Ural Region, a branch of Tyumen Scientific Center of the SB RAS, was to establish the effect of long-term exposure to different systems of main tillage on the condition of the watertight structure of dark gray forest soil (Luvic Reti Greyzem Phaeozem (Loamic, Aric)) in the Northern Trans-Ural region. In a stationary experiment in the period 1988-2019 in a cereal fallow rotation: fallow, winter rye, spring wheat, leguminous crops, spring barley, the dynamics of changes in the structural-aggregate composition of water-soil structure by the ploughed, unsprung, combined, flat-cut and surface systems of main tillage were studied. It is established that the dark gray forest soil, having good initial indicators of soil structure showed high stability of its structural and aggregate state and water resistance to long-term agrotechnical effects during the cultivation of cereals. For the period of 6 rotations of grain and steam crop rotation the content of water resistant agronomically valuable aggregates >5-0.25 mm increased by 9.1-24.1% in the layer 0-20 cm and by 5.6-16.8% in the layer 0-30 cm according to the studied systems of tillage. With generally favorable impact of the studied systems of basic tillage on the content of water-weight aggregates, the highest values of water-weight agronomically valuable aggregates were provided by no-till, differentiated systems of basic tillage, for which in the layer 0-20 cm and 0-30 cm, respectively, there were more layers by 9.0-15.0% and 11.2-13.7% than for the mouldboard system of tillage. The best results in terms of water holding capacity criterion (PKV) in the 0-30 cm layer were obtained for surface tillage – 0.405, flat tillage – 0.294 and mouldboard tillage – 0.293 units. During the 30-year period the value of PCV increased in comparison with the initial state by 39-183%.

Keywords: water-permeable soil structure, main tillage system, water-permeability criterion.