

## ВЛИЯНИЕ ПРИЕМОВ АГРОМЕЛИОРАЦИИ И ДРЕНАЖА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР

Юрий Иванович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук  
Максим Владимирович Гуляев, кандидат сельскохозяйственных наук  
Наталья Константиновна Первушина  
ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», г. Москва, Россия  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

**Аннотация.** Изучена эффективность полосного рыхления на глубину 50–60 см и объемного щелевания почвы (45–50 см), их влияние на продуктивность полевых культур и агрофизические свойства осушаемых почв с разными мелиоративными системами (междренное расстояние – 18 и 28 м). Опыт проводили в 2015–2021 годах на агрополигоне «Губино» Всероссийского НИИ мелиорированных земель (Тверская область). Почва дерново-подзолистая окультуренная легкосуглинистая глееватая, осушаемая закрытым гончарным дренажем, сформированная на морене. Объемное щелевание выполняли специально разработанным орудием с заполнением подпахотной части щели измельченной соломой и растительными остатками в смеси с гумусовым слоем, мелиоративное рыхление (МР) – переоборудованным чизельным плугом. Шаг щелевания и МР – 140 см. По обобщенным данным лучшие результаты на обеих системах дренажа получены в варианте с объемным щелеванием. Мелиоративное рыхление увеличило урожайность зерновых культур в среднем за пять лет на 0,60 т/га (17,0%) и 0,79 т/га (20,7%), щелевание – 0,90 и 1,02 т/га (25,6 и 26,7%) соответственно. Дополнительный сбор зерна за пятилетний период действия МР на расчетном дренаже составил 3,0, разреженном – 3,95 т/га, а при объемном щелевании почвы – 4,5 и 5,1 т/га соответственно. На рапсе яровой лучшие результаты были получены также с разреженным дренажем и объемным щелеванием почвы. Урожайность зеленой массы в этом варианте в среднем за три года увеличилась на 3,6 т/га (19,0%) зеленой массы. Установлено, что на дерново-подзолистых легкосуглинистых глееватых почвах с атмосферным типом водного питания при проектировании мелиоративных систем для полевых севооборотов возможно применение дренажных систем с расширенными, по сравнению с расчетными, междренными расстояниями, что способствует снижению затрат на устройство дренажа. Применение агромелиоративных приемов повышает эффективность разреженного дренажа.

**Ключевые слова:** осушаемая почва, дренаж, зерновые культуры, рапс яровой, многолетние травы, мелиоративное рыхление, объемное щелевание, агрофизические свойства, урожайность, структура урожая

## INFLUENCE OF AGROMELIORATION AND DRAINAGE METHODS ON THE FIELD CROPS PRODUCTIVITY

Yu.I. Mitrofanov, *PhD in Agricultural Sciences*  
M.V. Gulyaev, *PhD in Agricultural Sciences*  
N.K. Pervushina

FRC "V.V. Dokuchaev Soil Science Institute", Moscow, Russia  
E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

**Abstract.** The effectiveness of ameliorative strip loosening to a depth of 50–60 cm and volumetric soil slotting to 45–50 cm, their influence on the productivity of field crops and agrophysical properties of drained soils with different ameliorative systems (interdrainage distance of 18 and 28 m) was studied. The experiment was carried out in the period 2015–2021, at the Gubino agricultural polygon of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (Tver Region). The soil is soddy-podzolic cultivated light loamy gleyic, drained by closed pottery drainage, formed on a moraine. Volumetric slotting was carried out with a specially designed tool with filling the subarable part of the slot with crushed straw and plant residues mixed with a humus layer. Ameliorative loosening (MR) was carried out with a converted chisel plow. The pitch of slotting and MR is 140 cm. According to the generalized data, the best results on both drainage systems were obtained in the variant with volume slotting. Ameliorative loosening increased the yield of grain crops, on average over 5 years, by 0.60 t/ha (17.0%) and 0.79 t/ha (20.7%), slotting by 0.90 and 1.02 t/ha (25.6 and 26.7%), respectively. Additional grain harvest for the five-year period of MR action on the estimated drainage was 3.0, on sparse – 3.95 t/ha, and with volumetric slotting of the soil – 4.5 and 5.1 t/ha, respectively. On spring rapeseed, the best results were also obtained in the variant with sparse drainage and volumetric slotting of the soil. The increase in the yield of green mass in this variant, on average over 3 years, amounted to 3.6 t/ha of green mass, or 19.0%. It has been established that on soddy-podzolic light loamy gleyic soils with an atmospheric type of water supply, when designing ameliorative systems for field crop rotations, it is possible to use drainage systems with extended, compared to the calculated, interdrainage distances, which helps to reduce the cost of drainage. The use of land reclamation techniques increases the efficiency of sparse drainage.

**Keywords:** drained soil, drainage, grain crops, spring rapeseed, perennial grasses, ameliorative loosening, volumetric slotting, agrophysical properties, productivity, crop structure

Приемы агромелиоративной обработки – важное звено адаптивных систем земледелия на осушаемых почвах и неотъемлемая часть проектов мелиора-

ции. [2, 7, 9, 12] Осушаемые земли нуждаются в более интенсивном рыхлении почвы по сравнению с обычными, применении дополнительных приемов

Таблица 1.

Гидротермические условия вегетационных периодов по годам

Период	ГТК по Селянинову						
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Май – август	1,56	1,36	2,26	1,24	1,46	2,48	0,86
Май – июль	1,92	1,20	2,78	1,49	0,87	2,73	0,77
Май	2,42	0,68	3,90	1,41	0,81	3,60	0,22

по оптимизации водно-воздушного режима и усилению водорегулирующего действия дренажа. [1, 8, 13, 14] По влиянию на водный режим агроメリоративные приемы (АП) подразделяются на две группы. Одни направлены на усиление поверхностного и внутрипочвенного стока по пахотному слою почвы, другие – внутрипочвенного стока по пахотному и подпахотному слоям почвы, увеличение ее водовместимости и водопроницаемости, улучшение работы дренажа. [4, 6, 10] Во второй группе наиболее важная роль в оптимизации водно-воздушного режима в осушаемых почвах с низкой водопрпускной способностью принадлежит глубокому мелиоративному рыхлению (МР) и щелеванию почвы на глубину до 50...60 см. [5, 11]

Цель работы – оценить эффективность и длительность влияния мелиоративного рыхления и объемного щелевания на агрофизическое состояние дренированной почвы и продуктивность полевых культур.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на экспериментальном участке Всероссийского НИИ мелиорированных земель с разными мелиоративными системами, расположенном на агрополигоне «Губино» в Тверской области.

Схема опыта: 1. Дискование на 6...8 см, вспашка – 20...22 см (контроль); 2. Дискование на 6...8 см, вспашка – 20...22 см + мелиоративное полосное рыхление – 50...60 см; 3. Дискование на 6...8 см + объемное щелевание – 45...50 см + дискование в два следа – 10...12 см.

В варианте с щелеванием для исключения уплотнения и разрушения щелей трактор, проводящий дискование, двигался по следам, оставленным трактором, выполнявшим щелевание. В последующие годы основная обработка почвы во всех вариантах опыта состояла из вспашки на глубину 20...22 см. Использовали две мелиоративные системы – с междренными расстояниями 18 и 28 м, глубина заложения дрен – 0,9...1,2 м. Начало опыта – осень 2014 года после уборки озимой ржи. Технология объемного щелевания предусматривает формирование широких щелей (16 см) на глубину 45...50 см, заполнение подпахотной их части измельченной соломой и смесью растительных остатков с гумусовым слоем. Щелевание выполняли специально разработанным, запатентованным орудием, представляющим собой щелерез с механизмами для подачи растительных остатков и измельченной соломы зерновых культур в подпахотный слой почвы, мелиоративное рыхление – переоборудованным чизельным плугом ПЧ – 2,5. Шаг рыхления и щелевания – 1,4 м.

Исследования проводили в двух севооборотах при прямом действии АП и в последствии на второй-седьмой годы на зерновых культурах (овес, яровая пшеница, озимая рожь, озимая тритикале), рапсе яровом и многолетних травах. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая с атмосферным типом водного питания, коэффициент фильтрации почвы с поверхности 0,07 м/сут. Перед закладкой опыта основные показатели агрохимиче-

ских свойств почвы пахотного слоя: рН – 5,27...5,56, содержание гумуса – 3,07...4,42%, подвижных форм фосфора – 22,0...25,1, калия – 10,9...12,1 мг/100 г почвы. Повторность опыта трех-, четырехкратная, площадь делянок – 80...100 м<sup>2</sup>. Учет урожая зерновых культур проводили сноповым и комбайновым способами с пересчетом на стандартную влажность (14%) зерна. Достоверность приростов урожая определяли методом дисперсионного анализа. [3] Характеристика погодных условий приведена в таблице 1.

Три года погодные условия в мае были засушливыми и столько же – избыточно влажными. Засушливым по ГТК с мая по август был 2021 год, избыточно влажными – 2017 и 2020 годы, остальные – влажными.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что рыхление и объемное щелевание почвы положительно влияют на урожайность зерновых культур, но прибавка зависит в большей степени от гидротермических условий года, чем от времени применения мелиоративных приемов. У овса урожайность на расчетном дренаже (18 м) в первый год действия МР увеличилась на 0,09 т/га, разреженном (28 м) – 0,23, на четвертый – 0,52 и 1,01, пятый – 0,71 и 0,35 т/га соответственно (табл. 2). С щелеванием прибавка урожайности у овса в первый год его действия на обоих вариантах дренажа составила 0,54, в 2018 году – 0,90 и 1,42, в 2019 прибавка отсутствовала. В среднем за три года урожайность овса с МР повысилась на 0,44 т/га (расчетный дренаж) и 0,53 т/га (разреженный), с щелеванием – 0,51 и 0,65 т/га, в процентном отношении к контролю – 13,5...16,6%. Более высокая прибавка урожайности при щелевании почвы, по сравнению с МР, была получена во влажные годы с ГТК в мае-июне – 1,52 и 1,73, мае-августе – 1,56 и 1,24.

В 2019 году с засушливой первой половиной вегетационного периода (ГТК в мае-июне – 0,76, пятый год действия приемов обработки), урожайность овса увеличилась только с МР (0,35...0,71 т/га), без АП, в среднем за три года, на разреженном дренаже – 3,91, или на 0,79 т/га больше, чем на расчетном. Данное преимущество сформировалось из-за благоприятного по гидротермическим условиям 2018 года (ГТК в мае-июне – 1,52). Урожайность овса в 2018 и 2019 году на разреженном дренаже была на 1,25 и 1,01 т/га больше, чем на расчетном. С применением АП преимущество разреженного дренажа сохранилось – прибавка на их фоне от дренажа составила в среднем за три года 0,88 и 0,93 т/га. Суммарная прибавка урожайности с разреженным дренажем и МР к контролю составила 1,32 т/га, щелеванием – 1,44 т/га.

Таблица 2.

## Влияние агромелиоративных приемов на урожайность зерновых культур, т/га

Вариант	Год, культура						Среднее за пять лет	Прибавки урожая, %	
	2015 О*	2016 ОР*	2017		2018 О	2019 О			
			ЯП*	ОТ*					
Междурядное расстояние – 18м									
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 1)	2,77	4,12	4,20	3,43	2,75	3,83	3,52	100,0	
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	2,86	5,54	4,43	4,10	3,27	4,54	4,12	117,0	
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	3,31	5,56	5,04	3,80	3,65	3,94	4,42	125,6	
Среднее по дренажу	2,98	5,07	4,42	3,78	3,22	4,10	4,00	х	
Прибавка урожая, ±	МР	+0,09	+1,32	+0,23	+0,67	+0,52	+0,71	+0,60	х
	Щ	+0,54	+1,34	+0,84	+0,37	+0,90	+0,11	+0,90	х
Междурядное расстояние – 28м									
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 2)	2,89	4,14	2,37	4,73	3,76	5,08	3,82	100,0	
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	3,12	5,23	3,63	5,49	4,77	5,43	4,61	120,7	
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	3,43	5,64	3,88	5,86	5,18	5,06	4,84	126,7	
Среднее по дренажу	3,15	5,00	3,29	5,36	4,56	5,19	4,41	х	
Прибавка урожая, ±	От МР	+0,23	+1,09	+1,26	+0,76	+1,01	+0,35	+0,79	х
	От Щ	+0,54	+1,50	+1,51	+1,16	+1,42	-0,02	+1,02	х
Прибавка от дренажа (по контрольным вариантам)	+0,12	+0,02	-1,83	+1,30	+1,01	+1,25	+0,30	х	
НСР <sub>05</sub>	0,09	0,11	0,42	0,51	0,12	0,45	0,28		

Примечание. Щ – щелевание; Д – дискование; МР – мелиоративное рыление, \*О – овес, ОР – озимая рожь, ЯП – яровая пшеница, ОТ – озимая тритикале.

Аналогичное влияние АП оказали на урожайность яровой пшеницы, которую возделывали на третий год их действия (2017), с избыточно влажной первой половиной вегетационного периода (ГТК в мае–июне – 3,44, мае–августе – 2,26). На расчетном дренаже (18 м) при МР прибавка составила 0,23 т/га, щелевания – 0,84, на разреженном – 1,26 и 1,51 т/га соответственно (табл. 2). В условиях избыточного увлажнения урожайность яровой пшеницы при разреженном дренаже (без АП) была существенно ниже, чем на расчетном – на 1,83 т/га (43,6%). С применением АП различия между вариантами дренажа немного уменьшились. На фоне МР снижение урожайности с разреженным дренажем – 0,80 т/га, щелеванием – 1,14 т/га. При рассмотрении совместного действия разреженного дренажа и АП, суммарное снижение урожайности яровой пшеницы, по сравнению с контролем, составило при МР – 0,57, щелевании – 0,32 т/га. АП существенно повышали эффективность разреженного дренажа.

На озимых культурах исследования проводили в 2016 году (рожь) и 2017 (тритикале). Значительное влияние на урожайность АП оказали в варианте с разреженным дренажем. На расчетном дренаже прибавка урожайности от МР составила 0,67 т/га, щелевания – 0,37, на разреженном – 0,76 и 1,16 т/га соответственно (табл. 2). В отличие от яровой пшеницы более высокая урожайность озимой тритикале получена в варианте с разреженным дренажем. Без АП урожайность на разреженном дренаже была выше на 1,30 т/га (37,9%), на фоне МР – 1,39, щелевания – 2,06 т/га. При замене расчетного дренажа на разреженный в комплексе с АП, суммарное повышение урожайности озимой тритикале, по сравнению с контролем, при МР – 2,06, щелевании – 2,43 т/га. При выра-

щивании озимой тритикале АП создавали благоприятные условия для эффективного применения разреженного дренажа. Озимую рожь возделывали на второй год (2016) их действия, который характеризовался благоприятными для ржи погодными условиями (ГТК в мае–июне – 1,08, мае–августе – 1,36) и варианты дренажа на урожайность влияния не оказали. Приемы обработки почвы были эффективными на обоих вариантах дренажа. На расчетном дренаже прибавка урожайности от МР составила 1,32 т/га, щелевания – 1,34, на разреженном – 1,09 и 1,50 т/га соответственно.

По обобщенным данным лучшие результаты на обоих системах дренажа были получены в варианте с объемным щелеванием почвы. Увеличение урожайности, в среднем по зерновым культурам (за пятилетний период), при МР на расчетном дренаже составило 0,60 т/га (17,0%), на разреженном – 0,79 (20,7%), при щелевании оно было выше – 0,90 и 1,02 т/га (25,6 и 26,7%). Лучшие результаты по всем культурам, за исключением яровой пшеницы, были получены с разреженным дренажем и с объемным щелеванием почвы – урожайность, по сравнению с контролем, была выше на 1,32 т/га (37,5%). На разреженном дренаже с МР урожайность, в среднем по зерновым культурам, по отношению к контролю, также была существенно выше – на 1,09 т/га (30,9%). Суммарный за пять лет дополнительный сбор зерна при мелиоративном рылении почвы на расчетном дренаже составил 3,0 т/га, на разреженном – 3,95, объемном щелевании почвы – 4,5 и 5,1 т/га соответственно.

Анализ влияния АП и интенсивности дренирования почвы на структурные элементы растений зерновых культур показал, что увеличение продуктивности посевов овса связано в основном с повышением продуктивности метелки. Урожайность

Таблица 3.

Структура урожая зерновых культур при разных приемах агромелиоративной обработки почвы

Вариант	Количество стеблей с колосом (метелка), шт./м <sup>2</sup>			Число зерен в колосе (метелка), шт.			Масса 1000 зерен, г		
	Междреннее расстояние, м								
	18	28	среднее	18	28	среднее	18	28	среднее
Овес, среднее за 2015, 2018, 2019 годы									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	363	407	385	34,1	34,5	34,3	34,2	34,0	34,1
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	366	421	393	(35,7)	35,8	35,8	37,4	35,7	36,5
Д + Щ + Дискование в два следа на 10...12 см	388	419	403	37,8	35,7	36,8	36,4	37,5	37,0
Яровая пшеница, 2017									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	444	273	358	31	32	31,5	34,0	33,9	34,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	508	332	420	34	35	34,5	33,8	37,6	35,7
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	540	349	445	38	36	37,0	34,4	36,8	35,6
Озимая рожь, 2016									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	300	320	310	51	55	53,0	30,7	31,7	31,2
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	353	420	386	54	56	55,0	32,3	32,5	32,4
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	378	388	383	53	56	54,5	32,9	32,5	32,7
Озимая тритикале, 2017									
Д + Вспашка. на 20...22 см (контроль)	325	353	339	48	49	48,5	48,7	47,5	48,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	383	404	394	48	49	48,5	47,8	47,6	47,7
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	365	400	382	46	51	48,5	49,1	47,2	48,2

Примечание. Щ – шелевание, Д – дискование, МР – мелиоративное рыхление.

овса формировалась в среднем за три года: на расчетном дренаже при плотности продуктивного стеблестоя – 363...388 шт./м<sup>2</sup>, озерненности метелки – 34,1...37,8 шт., массе 1000 зерен – 34,2...37,4 г, массе зерна в метелке – 1,16...1,37 г; на разреженном – 407...421 шт./м<sup>2</sup>, 34,5...35,8 шт., 34,0...37,5 г соответственно (табл. 3). Масса зерна в метелке с АП по сравнению с контролем увеличилась на 12,8...16,2%, в том числе из-за увеличения озерненности – на 4,4...7,2%, массы 1000 зерен – 7,3...8,5%. Долевое участие количества продуктивных стеблей в повышении урожайности под влиянием АП при МР – 16,2, с шелеванием – 26,0%, массы зерна в метелке – 83,8 и 73,1%. Более высокая урожайность

овса на разреженном дренаже получена из-за большего количества стеблей с метелкой.

У яровой пшеницы в варианте с разреженным дренажем произошло снижение продуктивности, так как уменьшилась плотность продуктивного стеблестоя – на 34,7...38,5% по сравнению с расчетным. Приемы АП оказали влияние как на продуктивный стеблестой яровой пшеницы, так и массу зерна в колосе. Количество стеблей с колосом под влиянием МР увеличилось на расчетном дренаже на 64 шт./м<sup>2</sup>, разреженном – 59, шелевания – 96 и 76 шт./м<sup>2</sup>. Масса зерна в колосе увеличилась на 0,10...0,23 и 0,26...0,24 г соответственно. Долевое участие стеблей с колосом в приросте уро-

Таблица 4.

Урожайность рапса ярового в зависимости от приемов обработки почвы, т/га зеленой массы, предшественник овес

Прием обработки (фактор В)	Год			Среднее за три года	Прибавка урожайности	
	2015 – *первый	2016 – второй	2018 – четвертый		±	%
Междреннее расстояние – 18 м (фактор А)						
Д + Вспашка на 2...22 см (контроль 1)	19,1	14,8	13,1	15,7	–	
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	19,0	14,3	17,7	17,0	+1,3	108,3
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	17,7	15,9	18,5	17,4	+1,7	110,8
Прибавка урожая, ±	От МР	–0,1	+1,1	+4,6		
	От Щ	–1,4	–0,5	+5,4		
Междреннее расстояние – 28 м (фактор А)						
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 2)	17,6	20,6	18,6	18,9	–	100,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	20,8	15,0	19,9	18,6	–0,3	98,4
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	22,4	23,8	21,3	22,5	+3,6	119,0
Прибавка урожая, ±	От МР	+3,2	–5,6	+1,3		
	От Щ	+4,8	+3,2	+2,7		

Примечание. \*Год действия АП, НСР<sub>05</sub> по фактору А – 0,478 (2015 г.), 0, 500 (2016 г.), 0,494 (2018 г.); по фактору В – 0,586, 0, 612, 0,606 соответственно.

жая по вариантам обработки почвы составило 58,1 и 55,4%, массы зерна в колосе – 41,9 и 44,6%.

Увеличение урожайности озимых культур под влиянием АП произошло из-за большего количества продуктивных стеблей на 1 м<sup>2</sup> – на 73...77 шт. у озимой ржи и 34...65 шт. – озимой тритикале. Долевое участие продуктивного стеблестоя в прибавках урожая по культурам составило соответственно 77,0...77,4% и 73,3...88,1%. Рапс яровой выращивали в первый, второй и четвертый годы действия приемов обработки почвы. Наиболее высокая и устойчивая урожайность зеленой массы (21,3...23,8 т/га) получена в варианте с разреженным дренажем и объемным щелеванием почвы, прибавка по годам – 2,7...4,8 т/га (табл. 4).

Самое большое увеличение урожайности было в первый год действия – 4,8 т/га зеленой массы (27,2%), на второй год щелевание увеличило урожайность на 3,2 т/га (15,5%), четвертый – 2,7 (14,5%). В среднем за три года урожайность рапса под влиянием щелевания на разреженном дренаже увеличилась на 3,6 т/га зеленой массы (19,0%). Эффективность МР на рапсе существенно ниже, чем щелевания, прибавка урожая получена только на расчетном дренаже (8,3%). Без АП урожайность рапса в среднем за три года более высокой была на разреженном дренаже – 18,9 т/га, на 3,2 т (20,4%) больше, чем на расчетном. С применением объемного щелевания почвы преимущество разреженного дренажа сохранилось. При совместном действии разреженного дренажа и объемного щелевания суммарное увеличение урожайности по сравнению с контролем – 6,8 т/га (43,3%). Эффективность щелевания по урожайности зеленой массы рапса на разреженном дренаже по сравнению с расчетным была выше почти в два раза.

Исследования на многолетних травах первого года пользования (г.п.) проводили в условиях избыточно влажного 2020 года, продуктивность их (шестой год действия АП) на разреженном дренаже была существенно ниже, чем на расчетном. Без АП она на расчетном дренаже составила 40,0 т/га зеленой массы, разреженном – 32,5, на 18,8% меньше (табл. 5).

На обоих вариантах дренажа небольшое положительное влияние АП на урожайность трав первого г.п. было только в варианте с щелеванием (5,0...7,1%). МР на расчетном дренаже привело к существенному снижению урожайности трав. Прослеживается прямая связь продуктивности трав первого г.п. с уровнем урожайности покровной культуры. Продуктивность клевера, преобладающего в структуре травостоя, формировалась под влиянием агроэкологических условий первого года его жизни под покровом овса, в данном случае в условиях засушливой первой половины вегетации 2019 года (ГТК за май–июнь – 0,76). В варианте с разреженным дренажем, с более высоким в 2019 году уровнем урожайности овса, чем на расчетном, эти условия для клевера были хуже с МР. На травах второго г.п. (седьмой год действия АП) с преобладанием в травостое злакового компонента, в условиях засушливого 2021 года, существенно влияния агромелиоративных приемов обработки почвы и дренажа на их продуктивность не наблю-

**Таблица 5.**  
**Влияние дренажа и агромелиоративных приемов на урожайность клеверотимофеечной смеси, т/га зеленой массы**

Прием обработки (фактор В)	Клеверотимофеечная смесь			К контролю:	
	2020 г., первый г.п.	2021 г., второй г.п.	в среднем за два года	±	%
Междреннее расстояние – 18 м (фактор А)					
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 1)	40,0	46,7	43,3	–	100,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	31,0	45,1	38,1	–5,2	88,0
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	42,0	43,5	42,7	–0,6	98,6
Среднее по дренажу	37,7	45,1	41,4		
Междреннее расстояние – 28 м (фактор А)					
Д + Вспашка на 20...22 см (контроль 2)	32,5	45,0	38,7	–	100,0
Д + Вспашка на 20...22 см + МР	30,5	42,0	36,3	–2,4	93,8
Д + Щ + Д в два следа на 10...12 см	34,8	43,6	39,2	+0,5	101,3
Среднее по дренажу	32,6	43,6	38,1		

*Примечание.* НСР<sub>05</sub> т/га: для первого г.п. – по фактору А – 0,49, В – 0,60; для второго г.п. – по фактору А – 1,00, В – 1,21.

дали. В среднем за два года пользования травами различия в урожайности зеленой массы клеверотимофеечной смеси между вариантом с щелеванием почвы и контролем были незначительные.

Различия в продуктивности культуры стали результатом неодинакового агрофизического состояния почвы на изучаемых вариантах. Наблюдения за режимом влажности почвы под зерновыми культурами показали, что за исключением 2019 года влажность почвы в наиболее ответственный для формирования урожая период вегетации (май–июнь) соответствовала оптимальным значениям. Влажность почвы в среднем за четыре года – 63,8...73,8% НВ. В засушливом 2019 году под овсом с подсевом трав она понижалась до 35,8...55,7%, на разреженном дренаже на контроле и варианте с МР была более высокой, чем на расчетном – в пахотном слое на 5,4 и 5,3%, подпахотном – 6,5...9,5%. Щелевание почвы нивелировало ее влажность по вариантам дренажа. В среднем за четыре года влажность в слое 0...20 см на контроле составила 68,6%, с щелеванием – 64,2, в слое 20...40 см – 79,3 и 76,5, с МР в пахотном слое была близкой к контролю. Лучшие условия по аэрации почвы (май–июнь) были с объемным щелеванием. В среднем за четыре года коэффициент аэрации (соотношение воды и воздуха в почве) в слое 0...20 см под зерновыми культурами составил 0,80...1,06, что соответствует оптимальным значениям этого критерия, 20...40 см – 0,72...0,88. При обработке с щелеванием коэффициент аэрации по сравнению с контролем и вариантом с МР в слое 0...20 см был больше на 17,8 и 23,2%, 20...40 см – 6,8 и 22,2%.

Влияние АП на агрофизическое состояние почвы проявилось на многолетних травах на шестой и седьмой годы после их проведения. Плотность сложения и общая пористость почвы также изменялись в зависимости от сроков использования травостоя и междренного расстояния мелиоративных систем. На травах первого г.п. плотность почвы в пахотном слое составляла в среднем по

двум вариантам дренажа — 1,34...1,41, второго — 1,39...1,46 г/см<sup>3</sup>. Приемы обработки оказали практически равное влияние на плотность сложения почвы. В среднем за два года рыхление и щелевание снижали ее в пахотном слое на 0,06...0,07, на глубине 20...40 см — 0,02...0,03 г/см<sup>3</sup>. На разреженном дренаже плотность почвы в пахотном слое была выше, чем на расчетном на 0,03...0,04 г/см<sup>3</sup>. В подпахотном слое влияния дренажа на плотность сложения почвы не наблюдали, при этом на травах второго года пользования, по сравнению с первым, она увеличилась на 0,05...0,06 г/см<sup>3</sup> и составила 1,50...1,53 г/см<sup>3</sup>.

Значительное влияние на влажность почвы под многолетними травами оказывали варианты дренажа. Приемы обработки способствовали некоторому ее повышению на расчетном дренаже и снижению на разреженном, прежде всего в варианте с мелиоративным рыхлением. При мелиоративном рыхлении в среднем за два года различие во влажности почвы (в% от НВ) между вариантами дренажа составило 5,4%, при щелевании — 9,7, на контроле — 13,1%. Изменения влажности почвы в подпахотном и пахотном слоях под травами в зависимости от дренажа и приемов обработки почвы были одинаковыми. Анализ соотношения в почве воды и воздуха по коэффициенту аэрации (Каэр) показал, что этот критерий зависит от мелиоративных систем, приемов обработки и метеоусловий вегетационного периода. В основные фазы вегетации трав он соответствовал недостаточному увлажнению почвы для трав и условиям излишней аэрации пахотного слоя. Вариант с разреженным дренажем характеризовался более низким соотношением воды и воздуха. В среднем по вариантам опыта за два года на расчетном дренаже по периодам вегетации на единицу объема воды в почве приходилось 1,36...1,83 единиц объема воздуха (1,57 в среднем по трем определениям), на разреженном — 0,91...1,13 (1,04). В вариантах с обработками в первой половине вегетации трав преимущество было за щелеванием, во второй — мелиоративным рыхлением. В среднем за вегетацию (по вариантам дренажа) Каэр на контроле составил 1,12, при щелевании и мелиоративном рыхлении — 1,37. Приемы обработки увеличивали параметры этого критерия на разреженном дренаже — на 0,35...0,49, расчетном — 0,15...0,27.

**Выводы.** Установлено, что на дерново-подзолистых легкосуглинистых глееватых почвах с атмосферным типом водного питания при проектировании мелиоративных систем для полевых севооборотов возможно применение дренажа с расширенными параметрами междренних расстояний, по сравнению с расчетными, что будет способствовать снижению затрат на его устройство. Мелиоративное полосное рыхление на глубину 50...60 см и объемное щелевание почвы (45...50 см) с формированием широких щелей (16 см) и заполнением их измельченной соломой и растительными остатками в смеси с гумусовым слоем — агро-мелиоративные приемы длительного действия. Их влияние на агрофизическое состояние почвы проявилось на шестой-седьмой годы их действия на многолетних травах. По обобщенным данным лучшие результаты

на обеих системах дренажа были получены в варианте с объемным щелеванием почвы. Увеличение урожайности в среднем по зерновым культурам (за пятилетний период) при МР на расчетном дренаже — 0,60 т/га (17,0%), разреженном — 0,79 (20,7%), при щелевании соответственно — 0,90 и 1,02 т/га (25,6 и 26,7%). Суммарное повышение урожайности от оптимизации параметров дренажа и объемного щелевания почвы в среднем по зерновым культурам — 1,32 т/га (37,5%), при МР — 1,09 т/га (30,9%). Дополнительный сбор зерна за пятилетний срок действия мелиоративного рыхления на расчетном дренаже составил 3,0, разреженном — 3,95 т/га, при объемном щелевании почвы — 4,5 и 5,1 т/га соответственно. Применение на дренированных землях мелиоративного рыхления и объемного щелевания почвы — существенный фактор повышения эффективности разреженного дренажа. Прибавка урожая зерновых культур формировалась с участием всех основных элементов продуктивности. На рапсе яровом лучшие результаты были получены также в варианте с разреженным дренажем и объемным щелеванием почвы. Урожайность зеленой массы в среднем за три года увеличилась на 3,6 т/га (19,0%), в первый год действия — 4,8 т/га (27,2%). На многолетних травах небольшое положительное влияние АП на урожайность трав первого г.п. на обеих мелиоративных системах отмечено только в варианте с объемным щелеванием почвы (5,0 и 7,1%).

#### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
2. Гулюк Г.Г. Эффективное развитие мелиоративного комплекса // Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 2. С. 2-6.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
4. Железова С.В., Мельников А.В., Беленков А.И. Урожайность озимой пшеницы и ярового ячменя на дерново-подзолистой почве при длительном применении традиционной и ресурсосберегающей обработки // Кормопроизводство. 2019. № 10. С. 14–19. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.41825.
5. Зайдельман Ф.Р. Глубокое мелиоративное рыхление почв: состояние проблемы, итоги исследований, перспективы применения и деградационные изменения // Почвоведение. 2016. № 9. С. 1131–1146.
6. Кизяев Б.М., Мамаев З.М., Першина, О.Ф. Агро-мелиоративные мероприятия на минеральных переувлажненных землях. М.; ВНИИА, 2013. 140 с.
7. Киришин В.И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2022. № 2. С. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
8. Киришин В.И., Киришин С.В. Агротехнологии. СПб.: Изд-во «Лань», 2021. 464 с.
9. Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв. Монография. Изд-во: LAP Lambert Academic Publishing, Германия, 2017. 196 с.
10. Митрофанов Ю.И. Адаптивный подход к агро-мелиоративным технологиям на осушаемых землях // Мелиорация и водное хозяйство. 2013. № 4. С. 25–28.

11. Михайлин А.А. Глубокое рыление мелиорируемых земель как способ повышения продуктивности сельскохозяйственных культур // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 4 (08). С. 20–31.
12. Bauer V.P., Podvoisky G.L., Kotova N.E. Adaptation Strategies of the U.S. Companies to the Digitalization of Production // The world of new economy. 2018. Vol. 12. No. 2. P. 78–89. DOI: 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89.
13. Trifuntova I.B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. Article 012041. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/W12041/pdf> (дата обращения: 18.01.2023). DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.
14. Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition / M. van Agtmaal, A.L. Straathof, A. Termorshuizen, et al. // Soil Biol. Biochem. 2018. Vol. 117. P. 164–174. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.11.015
15. eneniya i degradacionnye izmeneniya // Pochvovedenie. 2016. № 9. S. 1131–1146.
6. Kizyaev B.M., Mamaev Z.M., Pershina O.F. Agromeliorativnye meropriyatiya na mineral'nyh pereuvlazhnennykh zemlyah. M.; VNIIA, 2013. 140 s.
7. Kiryushin V.I. Sistema nauchno-innovacionnogo obespecheniya tekhnologij adaptivno-landshaftnogo zemledeliya // Zemledelie. 2022. № 2. S. 3–7. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-2-3-7.
8. Kiryushin V.I., Kiryushin S.V. Agrotekhnologii. SPb.: Izdvo "Lan", 2021. 464 s.
9. Mitrofanov Yu.I. Agrofizicheskie osnovy povysheniya produktivnosti osushaemykh pochv. Monografiya. Izd-vo: LAP Lambert Academic Publishing, Germaniya, 2017. 196 s.
10. Mitrofanov Yu.I. Adaptivnyj podhod k agromeliorativnym tekhnologiyam na osushaemykh zemlyah // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2013. № 4. S. 25–28.
11. Mihajlin A.A. Glubokoe ryhlenie melioriruemykh zemel' kak sposob povysheniya produktivnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2012. № 4 (08). S. 20–31.
12. Bauer V.P., Podvoisky G.L., Kotova N.E. Adaptation Strategies of the U.S. Companies to the Digitalization of Production // The world of new economy. 2018. Vol. 12. No. 2. P. 78–89. DOI: 10.26794/2220-6469-2018-12-2-78-89.
13. Trifuntova I.B. Ecological variability of the quality of oats varieties depending on vegetation conditions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 547. Article 012041. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/547/W12041/pdf> (data obrashcheniya: 18.01.2023). DOI: 10.1088/1755-1315/547/1/012041.
14. Volatile-mediated suppression of plant pathogens is related to soil properties and microbial community composition / M. van Agtmaal, A.L. Straathof, A. Termorshuizen, et al. // Soil Biol. Biochem. 2018. Vol. 117. P. 164–174. DOI: 10.1016/j.soilbio.2017.11.015.

#### REFERENCES

1. Bajbekov R.F. Prirodopodobnye tekhnologii osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya // Zemledelie. 2018. № 2. S. 5–8. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201.
2. Gulyuk G.G. Effektivnoe razvitie meliorativnogo kompleksa // Melioraciya i vodnoe hozyajstvo. 2022. № 2. S. 2–6.
3. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1979. 416 s.
4. Zhelezova S.V., Mel'nikov A.V., Belenkov A.I. Urozhajnost' ozimoy pshenicy i yarovogo yachmenya na dernovo-podzolistoj pochve pri dlitel'nom primenenii tradicionnoj i resursosberegayushchej obrabotki // Kormoproizvodstvo. 2019. № 10. S. 14–19. DOI: 10.25685/KRM.2019.2019.41825.
5. Zajdel'man F.R. Glubokoe meliorativnoe ryhlenie pochv: sostoyanie problemy, itogi issledovaniy, perspektivy prim-

*Поступила в редакцию 06.03.2023*

*Принята к публикации 20.03.2023*