



Научная статья

УДК: 631.62 : 631.51

doi: 10.55186/25876740\_2022\_65\_5\_541

## НОВЫЙ СПОСОБ ЩЕЛЕНИЯ ОСУШАЕМЫХ ПОЧВ

Ю. И. Митрофанов, М.В. Гуляев, Л.В. Пугачева, Н.К. Первушина

Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва, Россия

**Аннотация.** Цель настоящей работы — показать эффективность новой технологии щеления почв, влияние ее на урожайность культур и продуктивность севооборота на осушаемых землях. Опыты проводились в 2012–2021 гг. на экспериментальном участке Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (ВНИИМЗ), расположенном на объекте мелиорации «Губино» в Тверской области. Технология объемного щеления в опытах предусматривала формирование широких щелей (16 см) на глубину 45–50 см с заполнением подпахотной части (30–50 см) измельченной соломой, растительными остатками в смеси с гумусовым слоем. Щеление осуществлялось специально разработанным орудием. Почвы дерново-подзолистые окультуренные легкосуглинистые глееватые, осушаемые закрытым гончарным дренажем, сформированные на морене и маломощном двучлене. Установлено, что при объемном щелении почвы эффективность этого приема агро-мелиорации существенно повышается. По обобщенным за период исследований данным под влиянием объемного щеления урожайность отдельных полевых культур повысилась на 5,8–24,1%. Эффективными оказались оба способа щеления, как поперек, так и вдоль расположения дренажных линий. На овсе и яровой пшенице действие способов щеления было равнозначным, на озимых культурах и многолетних травах более эффективным было щеление поперек дренажа. Анализ структуры урожая показал, что прибавки урожая зерновых культур сформировались за счет всех элементов продуктивности. Основной прирост урожая у зерновых культур был получен от увеличения количества продуктивных стеблей — 52,5–74,5%. Объемное щеление, в отличие от обычного, обладает длительным сроком действия. Положительное влияние щеления на урожайность полевых культур, при обоих способах его проведения, наблюдалось в течение 7 лет. Среднегодовая продуктивность пашни в шестипольном плодосменном севообороте при проведении объемного щеления в паровом поле увеличилась с 5,26 до 6,07 т/га кормовых единиц или на 15,4%.

**Ключевые слова:** осушаемые земли, почва, объемное щеление, урожайность, севооборот, структура урожая

Original article

## A NEW WAY OF SPLITTING DRAINED SOILS

Yu. I. Mitrofanov, M.V. Gulyaev, L.V. Pugacheva, N.K. Pervushina

Federal Research Centre Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia

**Abstract.** The purpose of this work is to show the effectiveness of the new technology of soil splitting, its impact on crop yields and the productivity of crop rotation on drained lands. The experiments were carried out in 2012–2021, at the experimental site of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands (VNIIMZ), located at the Gubino reclamation facility in the Tver region. The volumetric slotting technology in the experiments provided for the formation of wide slots (16 cm) to a depth of 45–50 cm with filling the subarable part (30–50 cm) with chopped straw, plant residues mixed with a humus layer. The splitting was carried out with a specially designed tool. The soils are cultivated soddy-podzolic, light loamy, gleyic, drained by closed pottery drainage, formed on a moraine and a thin binomial. It has been established that with volumetric slotting of the soil, the effectiveness of this method of agromelioration increases significantly. According to the data summarized over the period of research, under the influence of volumetric slotting, the yield of individual field crops increased by 5.8–24.1%. Both methods of slotting proved to be effective, both across and along the location of the drainage lines. On oats and spring wheat, the action of slotting methods was equivalent, on winter crops and perennial grasses, slotting across the drainage was more effective. Analysis of the structure of the crop showed that the increase in the yield of grain crops was formed due to all elements of productivity. The main yield increase in grain crops was obtained from an increase in the number of productive stems — 52.5–74.5%. Volumetric cracking, in contrast to the usual one, has a long period of action. The positive effect of slotting on the yield of field crops, with both methods of its implementation, was observed for 7 years. The average annual productivity of arable land in a six-field crop rotation during volumetric slotting in a fallow field increased from 5.26 to 6.07 t/ha of fodder units, or by 15.4%.

**Keywords:** drained lands, soil, volumetric slotting, productivity, crop rotation, crop structure

**Введение.** Плодородие почвы формируется под влиянием целого комплекса факторов — агрохимических, агрофизических и биологических [1,2,3]. Одним из основных технологических факторов, обеспечивающих высокую продуктивность культур, возможность реализации биологического потенциала современных сортов, безусловно, является нормированное применение минеральных удобрений. Этот фактор особенно важен в Нечерноземной зоне России с дерново-подзолистыми почвами, отличающимися невысоким естественным плодородием [4,5]. При интенсивных технологиях выращивания зерновых культур и высоком уровне их урожайности (5,0–6,0 т/га) долевое участие минеральных удобрений в суммарном приросте урожая зерновых культур на переувлажняемых землях, после их осушения, оценивается в 79,9–80,0%.

На осушаемых почвах, кроме агрохимических, одним из основных факторов, определяющих плодородие и особенности земледелия: направление сельскохозяйственного использования, состав возделываемых культур, структура посевов и др., является их мелиоративное состояние по водному режиму. Большое значение имеет регулирование и оптимизация водно-воздушного режима почв [6,7,8]. Применение агро-мелиоративных приемов, улучшающих состояние водно-воздушного режима осушаемых почв, особенно в избыточно влажные годы, существенно повышает продуктивность культур, прежде всего требовательных к условиям аэрации [7,8,9]. По характеру влияния на водный режим и формирование водных потоков агро-мелиоративные приемы подразделяются на 2 основные группы: приемы, направленные на

усиление поверхностного и внутрипочвенного стока по пахотному слою почвы и приемы, направленные на усиление внутрипочвенного стока по пахотному и подпахотному слоям почвы, на увеличение ее водовместимости и водопроницаемости, улучшение работы дренажа. Во второй группе эффективными приемами являются глубокое мелиоративное рыхление с кротованием и щелением почвы [9,10,11]. Основными недостатками этих приемов являются кратковременность действия и необходимость практически ежегодного или периодического возобновления обработок, особенно щеления, а также имеющиеся агроэкологические ограничения по их применению.

Следует отметить, что интерес к агро-мелиоративным приемам воздействия на почву будет возрастать, особенно к приемам двухстороннего



действия, что связано, как с общими проблемами земледелия и изменениями климата, так и с физическим старением мелиоративных систем и снижением их влияния на состояние водного и водно-воздушного режимов корнеобитаемого слоя почвы. Особый интерес будут представлять приемы, обладающие длительным положительным действием на эффективное плодородие осушаемых почв и высокой возможностью их по адаптации к агроэкологическому состоянию осушаемых земель [12, 13, 14].

**Цель исследований.** Цель настоящей работы — показать влияние объемного щелевания осушаемых минеральных почв на структуру урожая, урожайность культур и длительность его действия на продуктивность полевого севооборота.

**Материалы и методы.** Первые опыты с щелеванием почвы отделом мелиоративного земледелия Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель (ВНИИМЗ), были проведены в 1978-1987 гг. на объекте «Кузьминское болото — 2». В опыте изучалось прямое действие и длительность действия щелевания и мелиоративного рыхления на продуктивность культур полевого севооборота. Схема опыта включала, кроме контроля — ежегодной вспашки на глубину 20-22 см (под все культуры севооборота) и вариантов с мелиоративным рыхлением, два варианта щелевания: 1) вспашка на глубину 20-22 см + однократное щелевание почвы на глубину 45-50 см под первую культуру севооборота (однолетние травы); 2) вспашка на глубину 20-22 см + щелевание на глубину 45-50 см ежегодно под все культуры севооборота. Ширина щели 50 мм, шаг щелевания 140 см. Исследования проводились в семипольных полевых плодосменном и зернотравяном севооборотах с чередованием культур: занятый пар (однолетние травы), озимая рожь, картофель (овес), ячмень, многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., озимая рожь. В зернотравяном — вместо картофеля выращивался овес. Опыт был заложен на дерново-подзолистой глееватой легкосуглинистой почве на закарбонированной морене. Пахотный слой 20-22 см подстилается сильно уплотненным слоем (22-147 см) среднего и тяжелого суглинка. Тип водного питания атмосферный. Коэффициент фильтрации с поверхности 0,29 м/сутки. Перед закладкой опыта пахотный слой характеризовался следующими показателями: содержание гумуса 2,48%, рН солевой вытяжки 6,4, гидролитическая кислотность 0,69 мг-экв/100 г почвы, сумма оснований 16,6 мг-экв/100 г почвы, содержание  $P_2O_5$  — 138 мг/кг, а  $K_2O$  — 57 мг/кг почвы. Участок осушен закрытым гончарным дренажем в 1972 г, расстояние между дренами 20 м, глубина их заложения 0,9-1,0 м.

Опыты по оценке влияния объемного щелевания почвы на урожайность полевых культур были начаты в 2011 году на экспериментальном участке Всероссийского НИИ мелиорированных земель, расположенном на объекте мелиорации «Губино» в Тверской области. Технология объемного щелевания в опытах предусматривает формирование широких щелей (160 мм) на глубину 45-50 см с заполнением подпахотной части (30-50 см) измельченной соломой, растительными остатками и гумусовым слоем (или специальным водопроницаемым материалом). Щелевание осуществляется специально разработанным орудием, представляющим собой щелерез с механизмами для подачи растительных остатков и измельченной соломы зерновых культур в

подпахотный слой почвы [15,16]. По технологии щелерез при движении по полю режущей частью создает в почве щель глубиной до 50 см и шириной 160 мм, подает ременно-планчатый транспортером измельченную солому и растительные остатки в приемный короб и проталкивает их в щель при помощи диска с лучами. Щели закрываются дисковыми заделывающими устройствами.

Теоретически повышение эффективности щелевания обеспечивается за счет увеличения объема щели и ее водовместимости, улучшения гидравлической связи пахотного слоя с дренажной сетью, а также увеличения длительности гидрологического действия щелевания за счет заполнения подпахотной части щелей специальными субстратами. По сравнению с обычным щелеванием объем щелей в подпахотной части за счет увеличения их объема увеличивается в 3-5 раз — до 250-260 м<sup>3</sup>/га. Для заполнения щели могут использоваться и другие субстраты, обладающие хорошими и устойчивыми фильтрующими свойствами, достаточной влагоемкостью, водоудерживающей и буферной способностью, особенно если они являются одновременно источником элементов питания и благоприятной средой для формирования корневых систем растений. В нашем случае учитывалось то, что субстрат должен быть дешевым и технологичным с точки зрения подачи его в подпахотную часть почвенного профиля. Оптимальные параметры щелей были установлены экспериментальным путем с учетом того, что ширина щели, с одной стороны (с гидрологической точки зрения), должна быть достаточной для создания устойчивого водорегулирующего эффекта, а с другой (технологической) — должна обеспечивать возможность решение поставленной задачи по устойчивой подаче в подпахотный слой субстратов для заполнения ими подпахотной части щели. При этом учитывалось, что возможность увеличения ширины щели имеет свои ограничения, обусловленные инженерно-техническими и энергетическими факторами. С этих точек зрения ширина щели, по возможности, должна быть минимальной. При увеличении размеров щели значительно возрастают тяговое сопротивление и затраты на щелевание, металлоемкость щелевателей и др. Минимальная ширина щели должна обеспечивать устойчивый технологический процесс по подаче растительных субстратов в ее подпахотную часть (160 мм).

В 2012 году опыты с щелеванием включали 3 варианта: 1) вспашка на глубину 20-22 см (контроль); 2) щелевание на глубину 40-45 см, ширина щели 30 мм, шаг щелевания 150 см; 3) щелевание на глубину 40-45 см с заполнением подпахотной части щели гумусовым слоем, растительными остатками, ширина щели 160 мм, шаг щелевания 150 см. Участок осушен закрытым гончарным дренажем, расстояние между дренами 20 м, глубина заложения — 0,9-1,2 м. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, глееватая на маломощном двучлене. Площадь варианта обработки 600-4000 м<sup>2</sup>, учетная площадь делянки 100 м<sup>2</sup>. В 2012-2014 гг. в отдельных опытах щелевание почвы проводилось на полях после многолетних трав 3 г.п. и озимой ржи.

Осенью 2014 года исследования по щелеванию были продолжены, было заложено 3 новых стационарных опыта: два с щелеванием поперек расположения дренажа, один — с продольным щелеванием. Исследования проводились на

зерновых культурах, картофеле и многолетних травах в прямом действии и последствии на 2-7-й годы после проведения щелевания (2015-2021 гг.). В год закладки опытов на контроле основная обработка почвы состояла из дискования на глубину 6-8 см и вспашки на 20-22 см, на варианте с щелеванием технологические операции проводились в следующей последовательности: дискование на 6-8 см — объемное щелевание на глубину 45-50 см — дискование в 2 следа на 10-12 см (в направлении щелевания). Для исключения уплотнения и разрушения щелей колесами трактора движение при дисковании осуществлялось по следам, оставленным трактором при проведении щелевания. В последующие годы основная обработка почвы на всех вариантах опыта состояла из вспашки на глубину 20-22 см под все последующие культуры. Исследования велись в звене севооборота: рапс яровой, овес и полевом севообороте: рапс яровой, озимая рожь, картофель, яровая пшеница, клевер, овес. Полевые опыты были заложены на участке, осушаемом закрытым гончарным дренажем (междренное расстояние 18-28 м, глубина заложения дрен 0,9-1,2 м). Подготовка поля для щелевания почвы заключалась в измельчении соломы и обработке поверхности дисковой бороной на глубину 6-8 см. Почва дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая с атмосферным типом водного питания. Перед закладкой опыта основные показатели агрохимических свойств почвы пахотного слоя были следующие: рН<sub>KCl</sub> 5,67-5,74, содержание гумуса — 2,75-2,85%, подвижных форм фосфора — 22,4-26,4, калия — 10,4-13,4 мг, а легкогидролизуемого азота — 5,34-5,52 мг на 100 г почвы. Повторность опыта 3-4-кратная, учетная площадь делянок — 80-100 м<sup>2</sup>. Варианты размещались методом рендомизированных повторений. Все варианты обработки сравнивались на одном фоне удобрений. В опытах выращивались районированные в Тверской области сорта культур, возделывание которых осуществлялось по рекомендованным в зоне технологиям, за исключением изучаемых приемов. Учет урожая зерновых культур проводили сноповым и комбайновым способами с пересчетом на стандартную 14% влажность зерна. Достоверность приростов урожая определяли методом дисперсионного анализа [17].

**Результаты и обсуждение.** Исследования, проведенные в 1978-1987 гг. и 2011-2013 гг. показали, что обычное щелевание почвы (с шириной щели 30-50 мм), как агромелиоративный прием, и применяемые для его проведения технические средства, обладают недостаточным потенциалом мелиоративного воздействия на почву. Проявляется это в невысокой эффективности и кратковременном воздействии на продуктивность культур, а иногда и полном отсутствии эффекта. В опыте на дерново-подзолистой легкосуглинистой глееватой почве, сформированной на морене, положительное действие щелевания, при однократном его проведении (ширина щели 50 мм) в паровом поле севооборота, просматривается и математически доказывается только в первый год действия на однолетних травах (приростка урожая 14,9%). На второй год и последующих культурах севооборота эффекта от однократного щелевания почвы в севообороте не было. По другим культурам прибавки урожая от прямого действия щелевания находились в пределах 3,4-12,5%, наименьшими и недостоверными они были на овсе и картофеле — 3,4 и 4,9% (рис.1).



В опыте на дерново-подзолистых, легкосуглинистых глееватых почвах со сложной структурой почвенного покрова и неоднородной литологией, сформированных преимущественно на маломощном двучлене, эффекта от обычного щелевания (ширина щели 30 мм, глубина щелевания — 45 см, шаг щелевания — 1,4 м)

практически не было. Прибавки урожая овса и рапса в первый год действия щелевания составили 1,0-1,3%.

Первые результаты в опытах с объемным щелеванием были получены в 2012 году. Предшественниками рапса и овса были многолетние травы третьего года пользования и озимая

рожь. Щелевание было проведено первым рабочим образом щелевателя с дисковыми рабочими органами для подачи в щель измельченной дернины. Прибавка ярового рапса в первый год действия щелевания составила 26,8%, овса — 10,0-13,2%. Высокая эффективность щелевания сохранилась на второй год действия — урожайность рапса ярового под влиянием щелевания увеличилась на 19,2%, овса — на 13,1, озимой тритикале — на 27,6, картофеля на 6,3% (табл. 1). Положительное действие щелевания в этом опыте проявилось на четвертый год после его проведения — урожайность яровой пшеницы на фоне щелевания была выше, по сравнению с контролем, на 0,75 т/га или 21,4%.

В 2015 году исследования были продолжены с новым вариантом щелевателя. По отношению к дренажу щелевание выполнялось двумя способами — в двух опытах поперек расположения дренажных линий, в третьем — вдоль, с выходом на засыпку коллекторной линии.

Проведенные опыты показали, что объемное щелевание, в отличие от обычного, обладает длительным положительным воздействием на состояние почвы и продуктивность растений. Положительное влияние щелевания на урожайность полевых культур, при обоих способах его проведения, наблюдалось в течение 7 лет. На рапсе прибавки урожая при щелевании почвы поперек расположения дрен в первый год действия составили 17,9%, на второй — 7,9, на третий — 14,5, на четвертый — 13,6%. За 4 года действия поперечного щелевания было получено дополнительно с 1 га 9,2 т зеленой массы рапса ярового, при продольном щелевании — 4,9 т. На овсе суммарная прибавка урожая за 5 лет при поперечном щелевании составила 2,96 т/га (в среднем 0,59 т/га за год), по годам она колебалась от 0,24 т (5-й год действия) до 1,08 т (4-й год). При продольном щелевании суммарный прирост урожая овса за 3 года (2015, 2017, 2018 гг.) составил 2,14 т/га — 0,71 т за год.

При поперечном щелевании эти показатели за указанные 3 года составили соответственно — 2,36 и 0,79 т/га, оба способа щелевания по влиянию на урожайность овса были практически равнозначными. На яровой пшенице прибавки урожая по способам щелевания были также практически одинаковыми — 26,4 и 25,0%, на озимых культурах и многолетних травах преимущество было за поперечным щелеванием (табл.2).

В целом за 2012-2021 гг. в среднем по способам щелевания урожайность рапса ярового под влиянием объемного щелевания почвы за все годы проведения опытов (в среднем за 6 лет) увеличилась на 2,3 т/га, овса (в среднем за 8 лет) — на 0,53, яровой пшеницы — на 0,74, озимой тритикале — на 0,82, озимой ржи — на 1,03, картофеля — на 2,2, многолетних трав — на 2,7- 4,9 т/га. Относительный уровень прибавок урожая, по сравнению с контролем, по отдельным культурам составил 5,8-24,1%, в т.ч. урожайность яровых зерновых культур под влиянием щелевания увеличилась на 15,1-19,3%, озимых зерновых — на 18,7-24,1%, картофеля — на 7,8%, многолетних трав — на 5,8-14,4% (рис. 2).

Анализ структуры урожая показал, что в биологическом урожае прибавки урожая (16,6-29,6%) при щелевании почвы сформировались за счет всех основных элементов продуктивности зерновых культур: количества продуктивных стеблей, числа зерен в колосе (метелке), массы 1000 зерен. Количество продуктивных

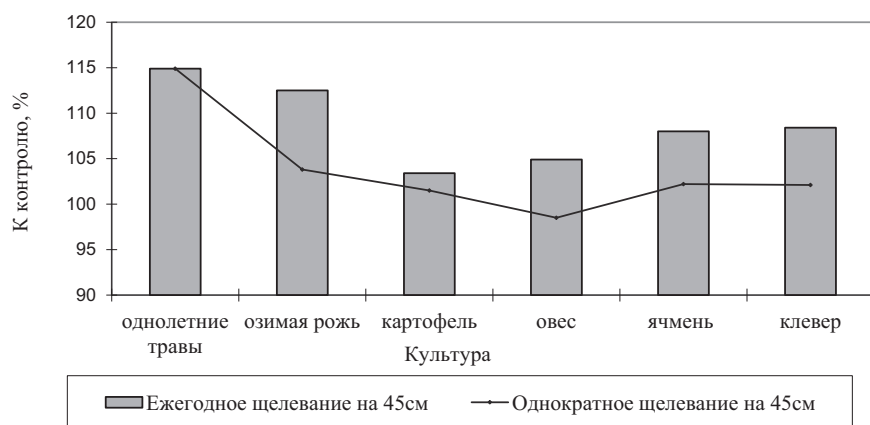


Рисунок 1. Влияние щелевания почвы на урожайность полевых культур (прибавки урожая, в % к контролю)  
Figure 1. Influence of soil slitting on the yield of field crops (yield increase, in % of control)

Таблица 1. Влияние объемного щелевания на урожайность (т/га) культур, 2012-2015 гг.  
Table 1. Effect of volumetric cracking on yield (t/ha) crops, 2012-2015

Год проведения опыта	Год действия щелевания	Культура	Вариант опыта		К контролю:	
			Вспашка на 20-22см (контроль)	Щелевание на 40-45 см + вспашка на 20-22см	+	%
2012, 2014	1-й	Рапс яровой	9,7	12,5	+2,6	126,8
		Овес -2012	3,93	4,45	+0,52	113,2
		Овес -2014	4,40	4,84	+0,44	110,0
2013	2-й	Рапс яровой	19,2	22,9	+3,7	119,2
		Овес	3,25	3,68	+0,43	113,1
		Озимая тритикале	4,19	5,35	+1,16	127,6
		Картофель	25,4	27,0	+1,6	106,3
2015	4-й	Яровая пшеница	3,51	4,26	+0,75	121,4

Таблица 2. Влияние способов щелевания на урожайность (т/га) культур, 2015-2021гг.  
Table 2. Influence of slotting methods on crop yield (t/ha), 2015-2021

Год действия щелевания	Культура	Способ щелевания							
		Поперек направления дрен				По направлению дрен			
		Конт-роль	Щелевание	К контролю:		Конт-роль	Щелевание	К контролю:	
		±	%			±	%		
1-й, 2015	Рапс яровой	15,6	18,4	+2,8	117,9	15,5	19,4	+3,9	125,2
	Овес	2,67	3,24	+0,57	121,3	3,62	4,11	+0,49	113,5
2-й, 2016	Рапс яровой	22,7	24,5	+1,8	107,9	23,0	25,0	+2,0	108,7
	Озимая рожь	4,13	5,60	+1,47	135,6	4,41	4,99	+0,58	113,2
	Овес	2,91	3,27	+0,36	112,4	-	-	-	-
3-й, 2017	Рапс яровой	15,2	17,4	+2,2	114,5	15,3	16,0	+0,70	104,6
	Овес	3,05	3,76	+0,71	123,2	3,10	3,38	+0,28	109,0
	Яровая пшеница	3,29	4,16	+0,87	126,4	3,88	4,85	+0,97	125,0
4-й, 2018	Озимая тритикале	4,08	4,64	+0,56	113,5	5,09	5,45	+0,36	107,2
	Рапс яровой	17,6	20,0	+2,4	113,6	16,6	14,9	-1,7	89,7
	Овес	3,41	4,49	+1,08	131,7	3,72	5,09	+1,37	136,8
5-й, 2019	Овес	3,80	4,04	+0,24	106,3	-	-	-	-
6-й, 2020	Мн.травы 1 г.п.	34,7	38,7	+4,0	111,5	33,6	39,4	+5,8	117,3
7-й, 2021	Мн.травы 2 г.п.	47,9	45,5	-2,4	95,0	45,0	52,7	+7,7	117,1

Примечание: Контроль — основная обработка вспашка на 20-22см, щелевание на 45-50 см под первую культуру + дискование на 10-12 см, вспашка на 20-22см под все последующие культуры. Средневзвешенная НСР<sub>05</sub> т/га — для рапса ярового — 1,5, овса — 0,10, озимой ржи — 0,60, озимой тритикале — 0,34, яровой пшеницы — 0,74.





стеблей под влиянием щелевания по культурам (в среднем по годам и способам щелевания) увеличилось на 30-60 стеблей (9,1-15,9%), число зерен в колосе — на 1,0-2,4 шт. (2,0-7,3%), масса 1000 зерен — на 0,7-1,8 грамма (2,0-5,1%), масса зерна в колосе — на 0,09-0,14 грамма (5,7-12,7%) (табл.3).

Основной прирост урожая при применении объемного щелевания у всех культур был получен за счет увеличения количества продуктивных стеблей — 52,5-74,5%, в т.ч. у овса — 52,5%, яровой пшеницы — 56,8, озимой тритикале — 65,4 и озимой ржи — 74,5% (табл.4).

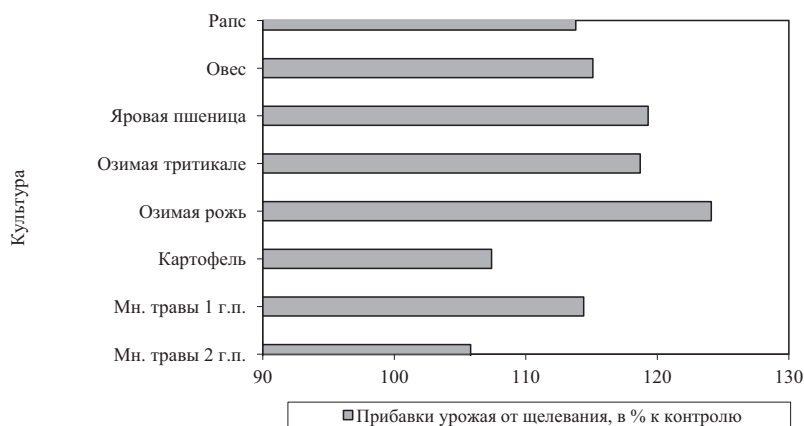


Рисунок 2. Влияние объемного щелевания осушаемой почвы на урожайность полевых культур, в % к контролю, среднее по годам (2012-2021 гг.) и способам щелевания  
Figure 2. Influence of volumetric slotting of drained soil on the yield of field crops, in % of control, average by years (2012-2021) and slotting methods

Таблица 3. Влияние щелевания почвы на структуру урожая зерновых культур, 2015-2021 гг. (среднее по годам и способам щелевания)  
Table 3. Influence of soil cracking on the structure of grain crops, 2015-2021 (average for years and methods of slotting)

Культура	Вариант	Количество продуктивных стеблей шт / м <sup>2</sup>	Число зерен в колосе (метелке), шт.	Масса 1000 зерен, г	Масса зерна в колосе (метелке), г	Биологическая урожайность, т/га
Овес	Контроль	330	38,2	33,4	1,27	4,19
	Щелевание	360	40,6	34,1	1,38	4,97
	к контролю	±	+30	+2,4	+0,7	+0,78
	%	109,1	106,3	102,1	108,7	118,6
Яровая пшеница	Контроль	402	31,6	34,9	1,10	4,42
	Щелевание	462	33,9	36,7	1,24	5,73
	к контролю	±	+60	+2,3	+1,8	+0,14
	%	114,9	107,3	105,1	112,7	129,6
Озимая рожь	Контроль	315	50,5	30,7	1,55	4,88
	Щелевание	365	51,5	31,7	1,64	5,98
	к контролю	±	+50	+1,0	+1,0	+0,09
	%	115,9	102,0	103,2	105,8	122,5
Озимая тритикале	Контроль	340	43,0	40,7	1,75	5,95
	Щелевание	375	44,5	41,5	1,85	6,94
	к контролю	±	+35	+1,5	+0,8	+0,10
	%	110,3	103,5	102,0	105,7	116,6

Таблица 4. Долевое участие структурных элементов продуктивности в формировании урожая зерновых культур при щелевании почвы (среднее по годам и способам щелевания)  
Table 4. The share of structural elements of productivity in the formation of grain crop yields in the case of soil splitting (average by years and methods of splitting)

Культура	Прибавка биологического урожая от щелевания, г/м <sup>2</sup>	Долевое участие в формировании прибавки урожая (в %) отдельных структурных элементов продуктивности, в т.ч.:			
		количества продуктивных стеблей	массы зерна в колосе (метелке)	в том числе:	
				количества зерен в колосе	массы 1000 зерен
Овес	78	52,5	47,5	38,3	9,2
Яровая пшеница	131	56,8	43,2	29,8	13,4
Озимая рожь	110	74,5	25,5	10,7	14,8
Озимая тритикале	99	65,4	34,6	23,5	11,1

Наиболее значительное влияние щелевания на увеличение продуктивного стеблестоя наблюдалось на озимых культурах. Количество продуктивных стеблей при щелевании увеличивалось за счет лучшей сохранности растений. На фоне щелевания сохранность растений в посевах озимой ржи была выше на 9,5%, у озимой тритикале — на 21,2%, у овса — на 18,0%. Продуктивная кустистость на варианте с щелеванием, при лучшей сохранности растений, была равной с контролем или несколько меньше.

За счет увеличения массы зерна в колосе (метелке) сформировалось 25,5-47,5% общей прибавки урожая, наиболее значительное участие колоса в формировании прироста урожая наблюдалось у яровых зерновых культур. Связано это, прежде всего, с увеличением озерненности колоса (метелки) на варианте с щелеванием почвы. Доля количества зерен в колосе (метелке), как элемента продуктивности, в увеличении урожая культур составила (в % от общей прибавки) от 10,7% у ржи до 38,3% у овса. За счет увеличения массы 1000 зерен формировалось 9,2-14,8% прибавки урожая — влияние щелевания на этот элемент продуктивности посевов было, в целом, менее значительным. Положительное влияние объемного щелевания почвы проявилось и в биометрических показателях посевов: на варианте с щелеванием площадь листьев в фазу кущения была, по сравнению с контролем, больше на 14,6%, в фазу выметывания — на 33,8-33,8%.

Реальная эффективность объемного щелевания почвы определяется по суммарному приросту продуктивности всех культур за полный срок его действия. Расчеты показали, что средневзвешенная продуктивность шестипольного плодосменного севооборота, при разовом проведении объемного щелевания в паровом поле, увеличилась с 5,26 (на контроле) до 6,07 т/га севооборотной площади или на 15,4%.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что при использовании для щелевания глееватой легкосуглинистой дренированной почвы технологии объемного щелевания на глубину 45-50 см с формированием широких щелей (160 мм) и заполнением щелей измельченной соломой и растительными остатками в смеси с гумусовым слоем эффективность этого приема агрономии существенно повышается.

По обобщенным за 2012-2021 гг. данным объемное щелевание повышает урожайность отдельных полевых культур на 5,8-24,1%. Эффективными оказались оба способа щелевания, как поперек, так и вдоль расположения дренажных линий. На овсе и яровой пшенице действие способов щелевания было равнозначным, на озимых культурах и многолетних травах более эффективным было щелевание поперек дренажа. Анализ структуры урожая показал, что прибавки урожая зерновых культур сформировались за счет всех основных элементов продуктивности зерновых культур. Основной прирост урожая у всех культур был получен за счет увеличения количества продуктивных стеблей — 52,5-74,5%.

Наиболее значительное влияние щелевания на продуктивный стеблестой наблюдалось на озимых культурах, на продуктивность колоса у яровых зерновых культур. Объемное щелевание, в отличие от обычного, обладает длительным воздействием на состояние почвы и продуктивности растений. Положительное влияние щелевания на урожайность полевых культур, при обоих способах его проведения,



наблюдалось в течение 7 лет. Среднегодовая продуктивность пашни в шестипольном плодосменном севообороте, при проведении объемного щелевания в паровом поле, увеличилась с 5,26 до 6,07 т/га кормовых единиц или на 15,4%.

**Список источников**

1. Кирушин В.И. Концепция развития земледелия в Нечерноземье. СПб.: ООО «Квадро», 2020. 276 с.
2. Лошаков В.Г. Эффективность совместного использования севооборота и удобрений // Плодородие. 2016. № 2. С. 37-41.
3. Рекомендации по проектированию интегрированного применения средств химизации в ресурсосберегающих технологиях адаптивно — ландшафтного земледелия, под ред. А.Л. Иванова, Л.М. Державина. М.: Росинформтех, 2010. 464 с.
4. Kiryushin V.I. (2019). The Management of Soil Fertility and Productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems // Eurasian Soil Science. No. 52(9), pp.1137-1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
5. Лыскова И.В. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерновоподзолистой почвы, урожайность и качество зерновых культур // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 6 (61). С. 35-40.
6. Моисеев К.Г. К оценке физического состояния дерново-подзолистых почв // Агрофизика. 2011. № 1. С. 38-43.
7. Митрофанов Ю.И. Агрофизические основы повышения продуктивности осушаемых почв. Монография. Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2017. 196 с.
8. Митрофанов Ю.И., Гуляев М.В., Кухарина В.Н., Лукьянов С.А. Влияние предшественников и приемов основной обработки на урожайность зернофуражных культур на осушаемых землях // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 6(61). С. 25-30.
9. Гулюк Г.Г., Шуравилин А.В. Влияние глубокого рыхления на плодородие осушаемых почв (на примере Яхромской поймы) // Мелиорация и водное хозяйство. 2003. № 1. С. 22-23.
10. Рекомендации по выполнению агроメリоративных мероприятий на мелиорированных и автоморфных минеральных почвах связанного гранулометрического состава. Минск, 2010. 50 с.
11. Турецкий Р.Л. и др. Глубокое рыхление и щелевание эродированных, уплотненных и временно переувлажняемых почв. Минск. 1988. 18с.
12. Башняк И.М., Башняк С.Е. Исследование технологии предпосевного щелевания почвы и обоснование конструкции щелевателя // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2018. № 2-3 (28). С. 62-69.
13. Вишняков В.А., Дробышев А.П. Влияние технологий щелевания черноземов выщелоченных на динамику влаги в условиях неустойчивого увлажнения на Алтае // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 3(125). С. 34-39.
14. Чекусов М.С., Юшкевич Л.В., Кем А.А., Голованов Д.А. Совершенствование комплекса машин и орудий

**Информация об авторах:**

**Митрофанов Юрий Иванович**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом мелиоративного земледелия, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0994-6743>, 2016vniimz-noo@list.ru

**Гуляев Максим Владимирович**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5916-7778>, 2016vniimz-noo@list.ru

**Пугачева Людмила Васильевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6231-9488>, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

**Первушина Наталья Константиновна**, младший научный сотрудник отдела мелиоративного земледелия, ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0618-4405>, 2016vniimz-noo@list.ru

**Information about the authors:**

**Yury I. Mitrofanov**, candidate of agricultural sciences, leading researcher, head of the department of ameliorative agriculture, Federal Research Centre Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0994-6743>, 2016vniimz-noo@list.ru

**Maxim V. Gulyaev**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of ameliorative agriculture, Federal Research Centre Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5916-7778>, 2016vniimz-noo@list.ru

**Ludmila V. Pugacheva**, candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of ameliorative agriculture, Federal Research Centre Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6231-9488>, 2016vniimz-noo@list.ru

**Natalya K. Pervushina**, junior researcher of the department of ameliorative agriculture, Federal Research Centre Dokuchaev Soil Science Institute, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0618-4405>, 2016vniimz-noo@list.ru

в засушливом земледелии Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. С.13-16.

15. Патент № 132302 Российская Федерация, МПК А01В 13/16 (2006.01). Устройство для объемного щелевания с одновременным заполнением щели соломой / Ю.И. Митрофанов, В.Ф. Симонов, В.А. Котельников; заявитель и патентообладатель (ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии). — № 2013122177/13; заявл. 14.05.2013; опубл. 20.09.2013, Бюллетень № 26.
16. Патент № 153090 Российская Федерация, МПК А01В 13/16 (2006.01) Агрегат для объемного щелевания с одновременным заполнением щели соломой / Ю.И. Митрофанов, В.Ф. Симонов, С.А. Лукьянов, А.Е. Артемьев, М.В. Гуляев; заявитель и патентообладатель (ФГБНУ ВНИИМЗ). — № 2015109098/13, 16.03.2015; заявл. 16.03.2015; опубл. 10.07.2015, Бюллетень № 19.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.

**References**

1. Kiryushin V.I. (2020). *Kontseptsiya razvitiya zemledeliya v Nечernozem'ye* [The concept of the development of agriculture in the Non-Chernozem region]. Saint Petersburg: ООО «Квадро», 276 p.
2. Loshakov V.G. (2016). *Effektivnost' sovmejnogo ispol'zovaniya sevooborota i udobreniy* [Efficiency of joint use of crop rotation and fertilizers]. *Plodorodiyе* [Fertility], no. 2, pp.37-41.
3. *Rekomendatsii po proyektirovaniyu integrirrovannogo primeneniya sredstv khimizatsii v resursoberegayushchikh tekhnologiyakh adaptivno — landschaftnogo zemledeliya*, pod red. A.L. Ivanova, L.M. Derzhavina (2010) / [Recommendations for the design of the integrated use of chemicals in resource-saving technologies of adaptive-landscape farming, under. ed. A.L. Ivanova, L.M. Derzhavin]. Moscow: Rosinformtekh, 464 p.
4. Kiryushin V.I. (2019). The Management of Soil Fertility and Productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems. *Eurasian Soil Science*. 52(9):1137-1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068
5. Lyskova I.V. (2017). *Vliyaniye mineral'nykh udobreniy na plodorodiyе der-novo-podzolistoy pochvy, urozhaynost' i kachestvo zernovykh kul'tur* [Influence of mineral fertilizers on the fertility of sod-podzolic soil, productivity and quality of grain crops]. *Agramaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian science of Euro-North-East], no. (61), pp.35-40.
6. Moiseyev K.G. (2011). *K otsenke fizicheskogo sostoyaniya der-novo-podzolistykh pochv* [The concept]. *Agrofizika* [Agrophysics], no.1, pp.38-43.
7. Mitrofanov YU.I. (2017). *Agrofizicheskiye osnovy povysheniya produktivnosti osushayemykh pochv*. Monografiya [Agrophysical bases for increasing the productivity of drained soils]. Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 196 p.
8. Mitrofanov YU.I., Gulyayev M.V., Kukharina V.N., Luk'yanov S.A. (2017). *Vliyaniye predshestvennikov i priyemov osnovnoy obrabotki na urozhay-nost' zernofurazhnykh kul'tur na osushayemykh zemlyakh* [Influence of predecessors and methods of basic processing on the yield of grain forage

crops on drained lands]. *Agramaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agrarian science of the Euro-North-East.], no. 6(61), pp. 25-30.

9. Gulyuk G.G., Shuravilin A.V. (2003). *Vliyaniye glubokogo rykhleniya na plodo-radiye osushayemykh pochv (na primere Yakhromskoy поймы)* [Influence of deep loosening on the fertility of drained soils (on the example of the Yakhromskaya floodplain)]. *Melioratsiya i vodnoye khozyaystvo* [Melioration and water management], no.1, pp. 22-23.
10. *Rekomendatsii po vypolneniyu agromeliorativnykh meropriyatiy na meliorirovannykh i avtomorfnykh mineral'nykh pochvakh svyaznogo granulometricheskogo sostava* (2010). [Recommendations for the implementation of agro-reclamation measures on reclaimed and automorphic mineral soils of cohesive granulometric composition]. *Minsk*, 50 p.
11. Turetskiy R.L. i drugiye. (1988). *Glubokoye rykhleniye i shchelevaniye erodiro-vannykh, uplotnennykh i vremenno pereuvlazhnyayemykh pochv* [Deep loosening and slotting of eroded, compacted and temporarily waterlogged soils]. *Minsk*. 18 p.
12. Bashnyak I.M., Bashnyak S.Ye. (2018). *Issledovaniye tekhnologii predpo-livnogo shchelevaniya pochvy i obosnovaniye konstruksii shchelevaniya* [Investigation of the technology of pre-irrigation slotting of the soil and substantiation of the design of the slotter]. *Vestnik donskogo gosudarstvennogo agramago universiteta* [Bulletin of the Don State Agrarian University], no. 2-3 (28), pp. 62-69.
13. Vishnyakov V.A., Drobyshev A.P. (2015). *Vliyaniye tekhnologiy shchelevaniya-niya chernozemov vyshchelochennykh na dinamiku vlagi v usloviyakh neustoychivogo uvlazhneniya na Altaе* [Influence of technologies of slotting of leached chernozems on moisture dynamics in conditions of unstable moistening in Altai]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agramago universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University], no. 3(125), pp. 34-39.
14. Chekusov M.S., Yushkevich L.V., Kem A.A., Golovanov D.A. (2016). *Sovershenstvovaniye kompleksa mashin i orudiy v zasushlivom zemledelii Zapadnoy Sibiri* [Improving the complex of machines and tools in the arid agriculture of Western Siberia]. *Zemledeliye* [Agriculture], no. 3, pp.13-16.
15. Патент № 132302 Rossiyskaya Federatsiya, МПК А01В 13/16 (2006.01). *Ustroystvo dlya ob'yemnogo shchelevaniya s odnovremennym zapolneniyem shcheli solomoy* [Device for volumetric slotting with simultaneous filling of the slot with straw] / YU.I. Mitrofanov, V.F. Simonov, V.A. Kotel'nikov; заявитель / патентообладатель (ГНУ ВНИИМЗ Россельхозакадемии). — No. 2013122177/13; заявл. 14.05.2013; опубл. 20.09.2013, billyuten' No. 26.
16. Патент № 153090 Rossiyskaya Federatsiya, МПК А01В 13/16 (2006.01) *Agre-gat dlya ob'yemnogo shchelevaniya s odnovremennym zapolneniyem shcheli solomoy* [Unit for bulk slotting with simultaneous filling of the slot with straw] / YU.I. Mitrofanov, V.F. Simonov, S.A. Luk'yanov, A.Ye. Artem'yev, M.V. Gulyayev; заявитель / патентообладатель (ФГБНУ ВНИИМЗ). — No. 2015109098/13, 16.03.2015; заявл. 16.03.2015; опубл. 10.07.2015, billyuten' No. 19.
17. Dospekhov B.A. (1979). *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Moscow: Kolos, 416 p.

