

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-49-56>

УДК 631.43: 631.459:631.48:539.217.1



УЛУЧШЕНИЕ АГРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ ГЛУБОКИМ РЫХЛЕНИЕМ

Б.С. Мирзаев¹, В.И. Балабанов², А.А. Макаров²

¹Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»; г. Ташкент, Республика Узбекистан

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова; 127434, г. Москва, Тимирязевская ул., 49, Россия

Аннотация. Цель исследований – оценка влияния глубокого рыхления усовершенствованным мелиоративным рыхлителем на изменение агрофизических свойств тяжелых почв. В работе представлены результаты исследований влияния усовершенствованной конструкции рабочего органа мелиоративного рыхлителя на главные агрофизические показатели почвы, в том числе на почвенную структуру, плотность, влажность, пористость, а также другие технологические и энергетические характеристики процесса рыхления. Рассмотрены результаты полевых исследований процесса рыхления и его эффективности на необработанных почвах естественного сложения. Установлено, что для эффективного регулирования физико-механических показателей свойств почв в зависимости от потребности растений и разработки технологии их выращивания требуется знание параметров и оптимальных значений указанных агрофизических свойств. Определено, что в результате глубокого объемного рыхления переуплотненных глеевых почв рабочим органом разработанной конструкции, на которую получен ряд патентов на изобретения, образуется однородная структура почвы, уменьшается плотность почвы до 1,2...1,3 г/см³, увеличивается пористость до 50% по глубине обрабатываемого профиля. Это способствует повышению водовместимости и запасов продуктивной влаги. Результаты экспериментов позволили оценить степень улучшения агрофизических свойств почв в результате глубокого рыхления.

Ключевые слова: агрофизические свойства почвы, глубокое рыхление почвы, объемный мелиоративный рыхлитель, плотность сложения почвы, пористость, влажность, влагоемкость, почвенная структура

Формат цитирования: Мирзаев Б.С., Балабанов В.И., Макаров А.А. Улучшение агрофизических свойств почв глубоким рыхлением // Природообустройство. 2024. № 5. С. 49-56. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-49-56>

Original article

IMPROVEMENT OF AGROPHYSICAL PROPERTIES OF SOILS BY DEEP LOOSENING

B.S. Mirzaev¹, V.I. Balabanov², A.A. Makarov²

¹National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”, Tashkent, Republic of Uzbekistan

²Russian State Agrarian University –Moscow Timiryazev Agricultural Academy; A.N. Kostyakov Institute of Land Reclamation, Water Management and Construction; 49 Timiryazevskaya str., Moscow, 127434, Russia

Abstract. The aim of the research is to assess the effect of deep loosening with an improved reclamation ripper on changes in the agrophysical properties of heavy soils. The paper presents the results of studies of the effect of the improved design of the working body of the reclamation ripper on the main agrophysical indicators of the soil, including soil structure, density, humidity, porosity, as well as other technological and energy characteristics of the loosening process. The results of field studies of the loosening process and its efficiency on uncultivated soils of natural composition are considered. It has been established that for the effective regulation of physical and mechanical indicators of soil properties depending on the needs of plants and the development of technology for their cultivation, knowledge of the parameters and optimal values of these agrophysical properties is required. It has been determined that as a result of deep volumetric loosening of over-compacted gley soils with a working body of the developed design, for which a number of patents for inventions have been obtained, a homogeneous soil structure is formed, the soil density decreases to 1.2... 1.3 g/cm³, the porosity increases to 50%

along the depth of the treated profile, which contributes to an increase in water capacity and productive moisture reserves; the results of the experiments made it possible to assess the degree of improvement in the agrophysical properties of soils as a result of deep loosening.

Keywords: agrophysical properties of soil, deep loosening of soil, volumetric reclamation ripper, density of soil composition, porosity, moisture, moisture capacity, soil structure

Format of citation: Mirzaev B.S., Balabanov V.I., Makarov A.A. Improvement of agrophysical properties of soils by deep loosening // Prirodoobustrojstvo. 2024. No. 5. P. 49-56. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-5-49-56>

Введение. Наиболее быстрым и эффективным способом формирования почвенной структуры является глубокая обработка почвы, приемы которой повышают общую пористость, увеличивая в основном объем некапиллярных пор, что в свою очередь улучшает водно-воздушные свойства и усиливает микробиологическую активность почвы. При этом вместе с образованием почвенных отдельностей происходит их разрушение, в результате изменения соотношения между твердой фазой и порами изменяется весь механизм передвижения расхода воды в почве, происходит резкое изменение условий накопления и разложения растительных остатков, характера воздухообмена, накопления гумуса, химизма минеральной части и др. Также совместно с обработкой применяют приемы регулирования водного, воздушного и теплового режимов включая мелиоративные мероприятия [1, 2].

Известно положительное влияние глубокого рыхления пахотного и подпахотных слоев (мощностью 0,4...0,8 м) на структуру, а следовательно, на водно-воздушный, тепловой и питательный режимы почвы, и в итоге – на плодородие. Глубокое рыхление почв тяжелого механического состава как агромелиоративное мероприятие является эффективным для снижения плотности повышения урожайности сельскохозяйственных культур, улучшения дренажного стока и водно-воздушного режима почв, что подтверждено испытаниями опытных образцов рыхлителей данного типа [1, 2].

Для мелиоративного рыхления применяется большое количество рыхлителей, которые в зависимости от способа использования мощности могут иметь рабочие органы пассивного, активного или комбинированного действия, но наиболее широкое распространение получили рыхлители с пассивными рабочими органами. Из большого разнообразия данного оборудования потребительским свойствам и агромелиоративным требованиям для рыхлителей данного типа в полной мере отвечают образцы рыхлителей пассивного действия, стойки которых выполнены в виде наклонных режущих элементов, соединенных в нижней части лемехом, образуя V-образный контур.

С целью объемного рыхления во ВНИИ-ГИМ имени А.Н. Костякова было изготовлено и испытано в полевых условиях несколько модификаций V-образных рыхлителей типа РГ-0,5; РГ-0,8; РГ-1,2 как навесного оборудования к тракторам. Как показали исследования, рабочий орган V-образного рыхлителя типа РГ-0,8 в наибольшей степени отвечает агромелиоративным и конструкционным требованиям (свойствам). Однако, как показал анализ исследований, недостаточно изучено влияние его параметров и конструкции на качество рыхления, агрофизические свойства почвы и затраты энергии. исследований его использования в практических целях, а именно для проектирования и совершенствования рыхлителей данного типа, в настоящее время недостаточно [1-2].

Цель исследований: оценка влияния глубокого рыхления усовершенствованным мелиоративным рыхлителем на изменение агрофизических свойств тяжелых почв.

Методы и материалы исследований. Лабораторные исследования проводились на грунтовом канале в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, оборудованном измерительным стендом, запись усилия осуществлялась тензometricким способом. Ранее были проведены лабораторные испытания различных моделей рабочих органов известных объемных мелиоративных рыхлителей в целях совершенствования конструкции для создания равномерной структуры почвы по обрабатываемому профилю и оптимальной энергоэффективности процесса рыхления [3, 4]. На основании литературно-патентного анализа и ряда исследований были разработаны и запатентованы новые конструкции рабочих органов мелиоративных рыхлителей, имеющих криволинейные боковые стойки. Их исследования в лабораторных и полевых условиях дали положительные результаты [5-7]. С целью получения реального состояния грунта и поверхности выбывших из сельхозоборота полей были проведены обследования некоторых полей в Тверской и Московской областях. Данные территории заросли сорной, древесно-кустарниковой растительностью и мелколесьем, на тот момент в возрасте

от 3 до 5 лет. Была проведена оценка состояния поверхности и агрофизических свойств полей.

Сравнительные эксперименты нескольких наиболее перспективных конструкций рабочих органов рыхлителей объемного типа позволили достаточно объективно оценить основные эксплуатационно-технологические свойства каждого, выявить их достоинства и недостатки и принять решение о направлении совершенствования конструкции. Испытания уменьшенных моделей рабочих органов объемных рыхлителей, разработанных и изготовленных А.А. Макаровым, представлены на рисунке 1 [7, 8].

На основании проведенных лабораторных исследований моделей рабочих органов рыхлителей и с учетом анализа данных ранее полученных результатов была сконструирована опытная установка для проведения полевых экспериментов на грунтах естественного сложения [9, 10]. Проектирование опытной установки осуществлялось

с учетом параметров и конструкции рабочего органа, условий проведения экспериментов, обеспечения работоспособности установки в рабочем и транспортном положении, достаточной прочности конструкции, простоты сборки-разборки рамы и монтажа рабочего оборудования.

Рабочий орган мелиоративного объемного рыхлителя является сварной конструкцией, включающей в себя верхнюю раму и рыхлящий периметр, в нижней части которой установлен рыхлящий элемент, имеющий форму широкого зуба (рис. 2). Боковые стойки для рыхления почвы выполнены в виде сегмента параболы, включающей в себя 3 полосы криволинейной формы: передняя режущая часть, торцевая соединительная часть и часть, образующая задний угол.

Боковые стойки разработанного рыхлителя в верхней части прикреплены к раме и развернуты таким образом, что передняя кромка имеет входной контур, больший, чем выходной,



Рис. 1. Модели объемного мелиоративного рыхлителя (слева).
Фрагменты проведения лабораторных исследований на грунтовом канале (справа)
Fig. 1. Models of a volumetric reclamation ripper (left). Fragments of laboratory research
on a soil channel (right)



Рис. 2. Рабочий орган с параболическими стойками опытного образца
мелиоративного рыхлителя
Fig. 2. Working body with parabolic racks of the experimental reclamation ripper

образуемый задними кромками. Эти особенности конструкции позволяют осуществлять резание, отделяя грунт от массива. Далее, проходя между боковыми стойками, грунт испытывает дополнительную деформацию и сжатие за счет разности площадей входного и выходного сечений.

На основе проведенных исследований были приняты такие значения параметров рабочего органа рыхлителя: угол резания зуба рыхлителя = 35°; угол наклона стоек = 90°; угол резания стоек = 18°. Боковые рыхлящие стойки выполнены в форме параболы типа $Y = 0,001 \cdot X^{2,2}$.

Опытная установка представляла собой прицепной агрегат к трактору МТЗ-1523 (общий вид представлен на рисунке 3). Установка рабочего органа на заданную глубину осуществляется при помощи ручной лебедки. Для исключения отрыва опорных колес в процессе рыхления

от действия усилия сопротивления на рабочем органе предусмотрено место для установки противовеса. На кронштейнах по краям рамы установлены подшипниковые узлы со свободно вращающимися пневматическими колесами.

При проведении полевых исследований отобраны участки полей длиной 10 м и шириной 1,5 м, где был предварительно удален дерновый слой почвы толщиной около 0,15...0,2 м, а затем сформирован прямик для возможного заглубления исследуемого рабочего органа.

Рыхление опытных участков полей по полосам проводилось в Московской и Тверской областях (рис. 4 а).

При проведении исследований выполнялись поперечные разрезы участка рыхления и осуществлялся забор почвенных проб на разной глубине до рыхления и после него с интервалом

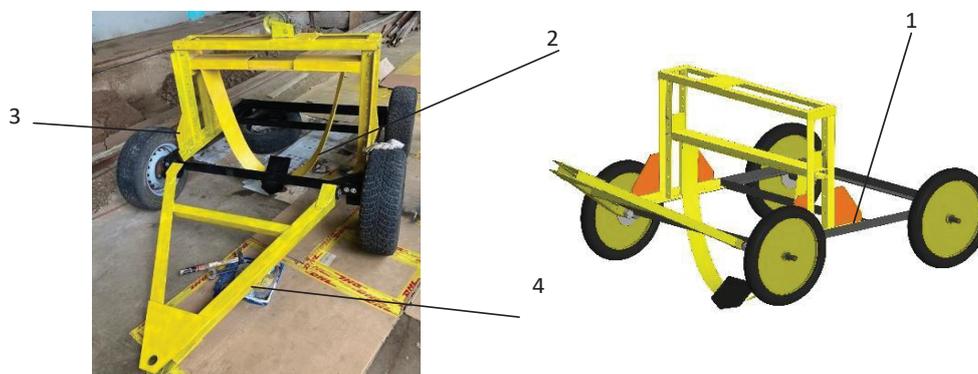


Рис. 3. Опытная установка:

1 – рама; 2 – объемный рыхлитель; 3 – боковые направляющие для изменения глубины и крепления рыхлителя; 4 – дышло для сцепки с трактором

Fig. 3. Pilot installation:

1 – frame; 2 – volumetric ripper; 3 – side guides for changing the depth and fastening of the ripper; 4 – drawbar for coupling to the tractor



а)

б)

Рис. 4. Порядок проведения полевых исследований:

а) порядок выполнения опыта; б) пробы грунта до рыхления и после него

Fig. 4. Procedure for conducting field research:

a) procedure for performing the experiment; b) soil samples before and after loosening

10 см с последующим определением их основных агрофизических свойств (рис. 5 б). Была произведена оценка таких агрофизических свойств почв, как плотность, пористость, влажность и водоудерживающая способность, гранулометрический состав по глубине обработки до опытного рыхления и после него.

Результаты и их обсуждение. Обследование выбывших из сельскохозяйственного оборота полей в Тверской и Московской областях показало, что они имеют сильно деформированный рельеф понижения (от 10 до 40 см), а также сильно переуплотнены: плотность от поверхности до глубины 80 см составляла от 1,43 до 1,94 г/см³ с коэффициентом фильтрации менее 0,1...0,3 м/сутки [1, 11, 12].

На выбранных опытных участках необрабатываемых полей были сделаны и проанализированы почвенно-геологические разрезы от поверхности до глубины 0,6...0,8 м, показавшие следующие результаты. Верхний дерновый слой глубиной до 10 см состоит из плотного переплетения остатков растительности и многолетней корневой системы. Дерновый слой до глубины 20 см имеет серо-коричневый цвет и насыщен корневыми системами растений. Подзолистый горизонт, находящийся на глубине 20...30 см, имеет бежево-белый оттенок и содержит уплотненные прослойки плужной подошвы. На глубине 30...40 см залегает плотная структура буро-ржавого цвета иллювиального слоя. Следующий горизонт тяжелого суглинка до глубины 80 см характеризуется

низкой водопроницаемостью и представляет собой иллювиальный слой буровато-серого и медного цвета. При работе рыхлителя слой крошится на крупные фракции, но при этом не формируются агрегаты с большими агрономическими размерами. Водно-физические свойства почв опытных участков приведены на рисунке 5.

Установлено, что пористость почвы варьируется в значительных пределах по глубине слоя, доходя до значений от 17 до 49,8% от суммарного объема. Полная влагоемкость (ПВ) почвы колеблется в зависимости от глубины от 35 до 42%, а наименьшая влагоемкость (НВ) находится в пределах 19,4...38,8% от объема. Гранулометрический почвенный состав в процентном содержании почвенных частиц представлен в таблице 1.

Анализ характеристик тяжелых почв с выбранных участков показывает, что при измеренной плотности общая пористость имеет неудовлетворительные значения по всей глубине (по агротехническим требованиям она должна составлять более 50%), что требует проведения мероприятий по структурированию почвы. Плотность обследованных участков в естественном состоянии характеризуется плотным сложением почвенных элементов. Для некоторых почв в структуре сохранены отдельные трещины и проходы влаги. Сравнение агрегатного состава по глубине показывает, что нижележащие слои, по агрономической оценке, требуют структурированности применением глубокого рыхления.

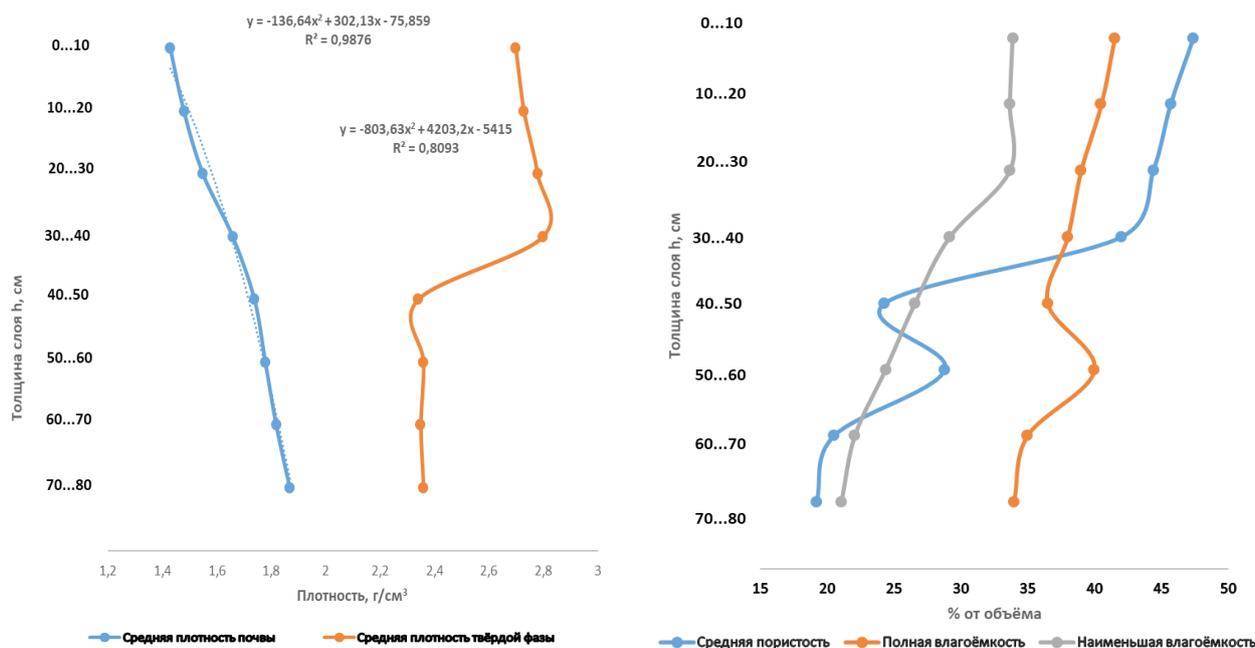


Рис. 5. Водно-физические свойства необрабатываемых почв

Fig. 5. Water-physical properties of uncultivated soils

Таблица 1. Гранулометрический состав почвы полевых участков

Table 1. Granulometric composition of the soil of field plots

Опытные участки <i>Experimental plots</i>		Московская область <i>The Moscow area</i>		Тверская область <i>The Tver area</i>	
		Участок 1 <i>Plot 1</i>	Участок 2 <i>Plot 2</i>	Участок 3 <i>Plot 3</i>	Участок 4 <i>Plot 4</i>
Размер частиц (мм) и их содержание (%) <i>Particle size (mm) and particle content (%)</i>	менее 0,001 / less 0,001	8,4	12,8	10,6	9,1
	0,001...0,005	7,9	4,8	5,6	8,3
	0,005...0,01	9,8	6,3	6,6	6,4
	0,01...0,05	18,6	19,6	22,6	21,4
	0,05...0,25	41,1	38,1	37,4	38,7
	0,25...1,00	19,9	18,4	17,2	16,1
	Сумма частиц более 0,01 <i>Amount of particles more than 0.01</i>	79,6	76,1	77,2	76,2
	Сумма частиц менее 0,01 <i>Amount of particles less than 0.01</i>	20,4	23,9	22,8	23,8

Анализ результатов исследований показал, что применение предлагаемой конструкции объемного рыхлителя позволяет улучшить агрегатный состав и структуру почвы по глубине обрабатываемого профиля. При повышении влажности почвы изменяется соотношение почвенных отдельностей: повышается число почвенных агрегатов повышенных размеров. При влажности 8...13% содержание агрегатов величиной до 50 мм составляет 62%, а размером от 48 до 132 мм – 37%. При этом с повышением влажности до 18% содержание мелких агрегатов уменьшается до 41%, а крупных – повышается до 62,3% (табл. 2). При росте влажности до 22% отмечается значительное увеличение числа больших агрегатов (до 69%), а количество мелких агрегатов снижается до 31,3%. В результате статистической обработки получен наиболее оптимальный диапазон влажности, при котором образуется наибольшее количество агрегатов, отвечающих агротехническим требованиям.

При глубоком рыхлении рабочим органом объемного рыхлителя происходит отделение и перемещение почвенного пласта. При этом верхний

гумусный слой частично смешивается с нижними слоями, образуется достаточно однородный по слоям агрегатный состав, формируя оптимальную структуру почвы.

За счет повышения межагрегатной почвенной пористости и увеличения общей скважности наблюдается оптимизация влажности плодородного корнеобитаемого слоя, пористость увеличивается по глубине до 60%, что способствует скорости перетока и перераспределения объемов вод (табл. 3). Изменение плотности почвы по глубине до рыхления приведено на рисунке 5.

Наилучшие технологические показатели качества выполняемых работ при наименьшей энергоёмкости наблюдаются в периоды так называемой физической спелости почвы, при которой происходит лучшее крошение агрегатов при минимальном сопротивлении выполняемой механической обработки.

Установлено, что диапазон относительной влажности физически спелых среднесуглинистых почв лежит в пределах 12...21%. В то же время нами установлено, что оптимальное качество обработки таких почв осуществляется

Таблица 2. Характеристика структурного состояния почвы Московской области в результате рыхления с изменением влажности

Table 2. Characteristics of the structural state of the soil of the Moscow region as a result of loosening with changes in moisture

Влажность почвы, % от объёма <i>Soil moisture, % of volume</i>	Массовая доля образцов почвы по фракциям, % / Mass share of the soil samples by fractions, %						
	Фракция, мм / Fraction, mm						
	1...12	12...36	36...50	50...84	84...96	96...120	Более 120
8	10,3	54,6	24,4	9,6	1,1	-	-
10	3,1	42,2	36,2	12,1	6,2	-	0,5
13	1,9	34,5	27,7	22,8	2,9	8,9	1,3
16	2,4	20,9	36,8	27,2	13,7	6,4	8,2
18	2,4	18,8	34,6	25,2	9,8	6,1	3,1
22	0,3	15,6	24	22,4	9,6	17,9	10,2

Таблица 3. Свойства почвы (средний суглинок) после рыхления

Table 3. Soil properties (medium loam) after loosening

Слой почвы, см Soil layer, cm	Средняя плотность Average density			Пористость Porosity			Полная влагоёмкость, Complete moisture capacity		Наименьшая влагоёмкость The lowest moisture content of the soil	
	г/см ³ / g / cm ³		% от ср. пл. % of average density	%		% повышения от ср. пористости % of the increase from the average porosity	% от объёма % from the volume	% от среднего значения % from the average value	% от объёма % from the volume	% повышения от средней величины % of the increase from the average value
	до рыхл. before loosening	после рыхл. after loosening		до рыхл. before loosening	после рыхл. after loosening					
0...20	1,45	1,305	10,1	46,55	51,92	10,3	44,7	9,1	34,4	1,65
20...40	1,6	1,365	14,8	43,2	50,75	14,9	43,15	11,75	32,1	2,1
40...60	1,75	1,345	23,4	26,55	50,05	47	41,75	9,1	25,95	1,8
60...80	1,85	1,35	27	19,85	50,6	60	33,5	4,75	21,65	1

при влажности 13...17% (50...65% ПВ) и сравнительно меньших показателях тяговых усилий. Предлагаемая конструкция рабочего органа объемного рыхлителя может быть применена во время выполнения операций, проводимых при освоении и рекультивации земель, выбывших из сельскохозяйственного оборота. Также предлагаемая конструкция рабочего органа в условиях развития сельскохозяйственного производства должна обеспечить повышение его эффективности. Глубокое рыхление можно применять и на почвах, богатых гумусом, для увеличения мощности пахотного слоя и уменьшения плотности сложения нижележащих слоев, а также на солончаковых почвах для разрушения пласта солончака и обессоливания почвы с целью ускорения биохимических процессов.

Список использованных источников

1. Шевченко В.А., Кирейчева Л.В., Новиков С.А. и др. Научное обоснование и практическая реализация вовлечения в оборот залежных земель Нечерноземной зоны Российской Федерации и восстановления их плодородия: Монография. М.: Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, 2024. 490 с.
2. Дубенок Н.Н., Семененко С.Я., Абезин В.Г., Семененко А.С. Разработка и обоснование конструкции мелиоративного глубокорыхлителя-удобрителя // Российская сельскохозяйственная наука. 2018. № 3. С. 53-57.
3. Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Влияние параметров мелиоративного рыхлителя на рабочий процесс // Природообустройство. 2013. № 2. С. 97-101.
4. Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Экспериментальные исследования моделей рабочих органов глубокорыхлителей с различной конструкцией боковых стоек // Природообустройство. 2013. № 3. С. 81-85.
5. Балабанов В.И., Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. и др. Обоснование конструкции рабочего органа рыхлителя объемного типа для улучшения агрофизических свойств почвы // Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 2. С. 23-27.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что разработанные рыхлители соответствуют агротехническим требованиям по обработке почвы до глубины 0,8...1,2 м, создавая необходимое качество рыхления при снижении энергетических затрат.
2. Проведение глубокого рыхления способствует изменению и улучшению агрофизических свойств почв. Плотность почвы уменьшается до 28,8%, пористость повышается до 43,4%, увеличивается водовместимость на 8,3...12,5%.
3. Результаты полевых опытов показали, что рыхление необходимо проводить при состоянии почвы в условиях физической спелости и влажности: например, для почв среднесуглинистых – до 15%, а для почв глинистых – до 17%.

References

1. Scientific substantiation and practical realization of the involvement of fallow lands of the non-black earth zone of the Russian Federation and restoration of their fertility: a monograph / V.A. Shevchenko, L.V. Kireicheva, S.A. Novikov [et al.]. Moscow: Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A.N. Kostyakov. 2024. 490 p.
2. Dubenok N.N. Development and justification of the design of ameliorative deep loosener-fertilizer / N.N. Dubenok, S.Y. Semenenko, V.G. Abezin, A.S. Semenenko // Russian Agricultural Science. 2018. № 3. P. 53-57.
3. Leontiev Yu.P. Influence of the reclamation ripper parameters on the working process / Yu.P. Leontiev, A.A. Makarov // Prirodoobustrojstvo. 2013. № 2. P. 97-101.
4. Leontiev Yu.P. Experimental studies of subsoiler working body models with different designs of side racks / Yu.P. Leontiev, A.A. Makarov // Prirodoobustrojstvo. 2013. № 3. P. 81-85.
5. Balabanov V.I. Justification of the design of the working body of the volumetric type ripper for improving the agrophysical properties of soil / V.I. Balabanov, Y.P. Leontiev, A.A. Makarov [et al.] // Land Reclamation and Water Management. 2023. № 2. P. 23-27.

6. Балабанов В.И., Макаров А.А., Дулясова М.В. Исследование влияния конфигурации рабочих элементов рыхлителя на показатели рабочего процесса // Техника и оборудование для села. 2024. № 6 (324). С. 12-16.

7. Макаров А.А. Улучшение агрофизических свойств почв применением мелиоративного рыхлителя объемного типа: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Москва, 2023. 18 с.

8. Балабанов В.И., Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Оценка неравномерности глубины рыхления мелиорируемых земель рабочим органом мелиоративного рыхлителя // Агроинженерия. 2021. № 6 (106). С. 20-25.

9. Макаров А.А., Леонтьев Ю.П. Оценка физико-механических свойств грунта по глубине обработки объемным рыхлителем // Мелиорация земель – неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Черноземной зоны Российской Федерации: Материалы Международной научно-практической конференции, Москва, 24-25 октября 2018 г. М.: ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, 2019. С. 225-229.

10. Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Влияние физических свойств грунта на величину сопротивления рыхлению // Доклады ТСХА. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. С. 118-121.

11. Леонтьев Ю.П., Макаров А.А. Оценка состояния поверхности и плотности грунта необрабатываемого поля // Природообустройство. 2009. № 4. С. 89-95.

12. Мирзаев Б.С., Балабанов В.И., Манохина А.А. и др. Механизация, автоматизация и цифровизация растениеводства (термины и определения): Учебное пособие / Б.С. Мирзаев, В.И. Балабанов, А.А. Манохина, И.Ж. Худаев, М.Н. Ахилбеков. Саратов, 2023. 248 с.

Об авторах

Бахадир Суюнович Мирзаев, д-р техн. наук, профессор, ректор НИУ «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»; Scopus author ID: 57209301922; bahadir.s.mirzaev@gmail.com

Виктор Иванович Балабанов, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ; Scopus author ID: 7005293644, Researcher ID: L-7456-2017; vbalabanov@rgau-msha.ru

Александр Алексеевич Макаров, канд. техн. наук, старший преподаватель кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ; Scopus author ID: 7005293644, Researcher ID: L-7456-2017.

Критерии авторства / Criteria of authorship

Мирзаев Б.С., Балабанов В.И., Макаров А.А. провели теоретические и экспериментальные исследования, на основании которых выполнили обобщение и написали рукопись, имеют на статью авторское право и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов / The authors declare that there are no conflicts of interests

Вклад авторов / Contribution of authors

Все авторы сделали равный вклад в подготовку публикации / All the authors made an equal contribution to the preparation of the publication

Поступила в редакцию / Received at the editorial office 28.09.2024

Поступила после рецензирования / Received after peer review 19.10.2024

Принята к публикации / Accepted for publication 19.10.2024

6. Balabanov V.I. Investigation of the influence of the configuration of the ripper working elements on the working process indicators / V.I. Balabanov, A.A. Makarov, M.V. Dulyasova // Technics and equipment for rural areas. 2024. № 6(324). P. 12-16.

7. Makarov A.A. Improvement of agrophysical properties of soils by application of the ameliorative ripper of the volumetric type: abstract of dis ... candidate of technical sciences / Makarov Alexander Alexeevich. – Moscow, 2023. 18 p.

8. Balabanov V.I. Estimation of the unevenness of the ripping depth of reclaimed land by the working body of the reclamation ripper / V.I. Balabanov Yu.P. Leontiev, A.A. Makarov // Agroengineering. 2021. № 6(106). – P. 20-25.

9. Makarov A.A. Estimation of physical and mechanical properties of the soil by the depth of treatment with a volumetric ripper / A.A. Makarov, Y.P. Leontiev // Land reclamation – an integral part of the restoration and development of the agro-industrial complex of the Non-Black Earth Zone of the Russian Federation: proceedings of the international scientific and practical conference, Moscow, October 24-25, 2018. Moscow: VNIIGiM named after A.N. Kostyakov, 2019. P. 225-229.

10. Leontiev Y.P. Influence of physical properties of the soil on the value of resistance to loosening / Y.P. Leontiev, A.A. Makarov // Reports of the TCAA, Moscow, December 06-08, 2018. M.: Russian State Academy of Agriculture named after C.A. Timiryazev, 2019. P. 118-121.

11. Leontiev Yu.P. Estimation of the surface condition and soil density of an untreated field / Yu.P. Leontiev, A.A. Makarov // Prirodoobuestrojstvo. 2009. № 4. P. 89-95.

12. Mirzaev B.S., / Mechanization, automation and digitalization of crop production (terms and definitions) / Balabanov V.I., Manokhina A.A., Khudaev I.J., Akhilbekov M.N.: study guide Saratov: 2023. 248 p.

Author information

Bakhadir S. Mirzaev, DSc (Tech), Professor, Rector of the National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”, Scopus author ID: 57209301922; bahadir.s.mirzaev@gmail.com

Victor I. Balabanov, DSc (tech), Professor, Head of the Department of Organization and Technologies of Irrigation and Construction Works; spin code: 1885-6817, Scopus author ID: 7005293644, Researcher ID: L-7456-2017.

Alexander A. Makarov, CSc (Tech), senior lecturer of the Department of Organization and Technologies of Irrigation and Construction Works, spin code: 4191-3391, AuthorID: 1100904, Scopus author ID: 7005293644, Researcher ID: L-7456-2017.

Mirzaev B.S., Balabanov V.I., Makarov A.A. conducted theoretical and experimental studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript, they have copyright on the article and are responsible for plagiarism.