

5. Analiz i integral'naya otsenka tekhniko-ekologicheskogo sostoyaniya meliorativnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii / G.V. Ol'garenko, T.A. Kapustina // *Ekologiya i stroitel'stvo*. 2024. № 4. S. 43–51. DOI: 10.35688/2413-8452-2024-04-006.

6. Weiss M., Jacob F., Duveiller G. Remote Sensing for Agricultural Applications: A Meta-Review // *Remote Sens. Environ.* 2020. Vol. 236, 111402.

7. The ARYA Crop Yield Forecasting Algorithm: Application to the Main Wheat Exporting Countries / B. Franch, E. Vermote, S. Skakun et al. // *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2021. Vol. 104, 102552.

8. Synergistic Integration of Optical and Microwave Satellite Data for Crop Yield Estimation / A. Mateo-Sanchis, M. Piles, J. Muñoz-Marí et al. // *Remote Sens. Environ.* 2019. Vol. 234, 111460.

9. A Systematic Review of Vegetation Indices for Potato Growth Monitoring and Tuber Yield Prediction from Remote Sensing / A. Mukiibi,

A.T.B. Machakaire, A.C. Franke et al. // *Potato Res.* 2025. Vol. 68. P. 409–448. DOI: 10.1007/s11540-024-09748-7

10. Bioklimaticheskii potentsial Rossii: metody monitoringa v usloviyakh izmenyayushchegosya klimata / A.D. Kleshchenko, B.A. Chernyakov, O.D. Sirotenko [i dr.]; Pod red. A.V. Gordeeva. M: Tipografiya Rossel'khozakademii, 2007. 236 s.

Зверьков Михаил Сергеевич, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник, ORCID: 0000000283484391, Scopus 57221661750, РИНЦ AuthorID: 751258; **Смелова Светлана Станиславовна**, канд. биол. наук, доцент, ст. науч. сотрудник, ORCID: 0009000917170026, Scopus 6504283625, РИНЦ AuthorID: 651060; **Степанова Татьяна Георгиевна**, канд. техн. наук, вед. науч. сотрудник (ВНИИ систем орошения и сельскохозяйственного водоснабжения «Радуга», Московская обл., г. Коломна).

УДК 633+631.6

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-2-24-28

УПРАВЛЕНИЕ МЕЛИОРАТИВНЫМ РЕЖИМОМ С ПРОГРАММИРОВАНИЕМ УРОЖАЯ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

П.И. ПЫЛЕНОК, Р.О. ЕФРЕМОВ

Ключевые слова: мелиоративный режим, программирование урожая капусты, торфяные почвы, ресурсоемкость, экологические ограничения.

Keywords: land reclamation regime, cabbage harvest programming, peat soils, resource intensity, environmental restrictions.

Аннотация. На основе системного анализа и балансового метода исследовано совместное управление мелиоративным режимом торфяной почвы с программированием урожайности капусты, включающее расчеты прогнозируемой урожайности, режима увлажнения дренажными водами и норм внесения минеральных удобрений с учетом экологических и ресурсных ограничений. Предложено фактические нормы минеральных удобрений для внесения под программируемый урожай на рециклинговых мелиоративных системах увеличивать на количество выноса с инфильтрационными водами и уменьшать на количество поступающих с капиллярными и поливными (дренажными) водами в корнеобитаемый слой элементами питания. Апробация технологии в производственных условиях на двух участка по 50 га показала, что при фактической урожайности капусты 30...33 т/га водопотребление составило 305...335 мм, из которых 50 % покрывалось за счет атмосферных осадков и продуктивных влагозапасов почвы, 43 % за счет увлажнения дренажными водами и 7 % за счет капиллярного притока влаги от грунтовых вод. Ресурсоемкость по расходу оросительной воды снижалась от 43,3 м³/т на первом участке до 34,8 м³/т на втором участке. Ресурсоемкость по затратам агрохимикатов была меньше на первом участке — 13,2 кг/т, чем на втором — 15,1 кг/т. Для получения урожая капусты белокочанной на торфяной почве более 30 т/га в условиях умеренно жаркого и средне засушливого вегетационного периода рекомендуется максимальная оросительная норма 115 мм и максимальная доза минеральных удобрений до 400 кг/га.

Abstract. Based on a systematic analysis and the balance method, the joint management of the peat soil reclamation regime with cabbage yield programming, including calculations of projected yields, drainage water moisture regime, and mineral fertilizer application rates, taking into account environmental and resource constraints, has been studied. It is proposed to increase the actual rates of mineral fertilizers for application under a programmable crop on recycling reclamation systems by the amount of removal from infiltration waters and reduce by the amount of nutrients supplied from capillary and irrigation (drainage) waters to the root layer. Testing of the technology in production conditions on two plots of 50 hectares each showed that with an actual cabbage yield of 30–33 t/ha, water consumption was 305–335 mm, of which 50 % was covered by precipitation and productive soil moisture reserves, 43 % by moistening with drainage waters and 7 % by capillary influx of moisture from groundwater. The resource consumption of irrigation water decreased from 43.3 m³/t in the first section to 34.8 m³/t in the second section. The resource intensity of agrochemicals was lower at the first site (13.2 kg/t) than at the second site (15.1 kg/t). A maximum irrigation rate of 115 mm and a maximum dose of mineral fertilizers up to 400 kg/ha are recommended for harvesting white cabbage on peat soil of more than 30 t/ha in a moderately hot and moderately arid growing season.

Введение. Продуктивность мелиорируемых земель зависит от многих факторов, среди которых водный и пищевой режимы наиболее доступны для непосредственного управления. Научные основы программирования урожая безотносительно условий мелиоративного режима заложены в работах И.С. Шатилова, М.К. Каюмова, Ю.П. Добрачева, А.С. Образцова и др. [5–9, 13, 14]. Применительно к мелиорируемым землям они нуждаются в определенной корректировке, чем определяется актуальность и задачи настоящих исследований. Программирование урожая на мелиорируемых землях имеет определенные преимущества в связи с возможностью управления мелиоративным режимом, включающим факторы почвообразования, роста растений и воздействия на окружающую природную среду (ОПС).

Одновременно возникают и дополнительные сложности, связанные, например, для торфяных почв с противоречием между ростом урожайности и потерями органического вещества торфа, а также загрязнением атмосферы диоксидом углерода. Мелиоративный режим при этом рассматривается как совокупность требований к управляемым факторам почвообразования, роста растений и воздействия на окружающую среду, которые должна обеспечить система мелиоративных мероприятий для достижения поставленной цели [2, 4, 11].

Роль мелиоративного режима возрастает в связи с проблемой управления отходами мелиоративной отрасли, к которым в первую очередь относятся дренажный сток и потоки продуктов минерализации органического вещества торфа в водные объекты и атмосферу. Загрязнение дренажного стока зависит не только от интенсивности мелиоративного воздействия, но в значительной мере еще от агротехнологий, их интенсивности и норм внесения агрохимикатов. Вопрос апробации совместного взаимодействия технологий управления мелиоративным режимом и программирования урожая изучен недостаточно.

Материалы и методы. Методической основой работы являются натурные исследования, системный

анализ, балансовый метод, отражающий закон сохранения вещества и энергии, законы земледелия и агроэкологии [1, 4, 10, 12].

Преимущества в случае программирования продуктивности мелиорируемых агроландшафтов достигаются благодаря возможности гарантировано поддерживать оптимальный водный режим корнеобитаемого слоя почвы путем осушения и увлажнения. При этом целесообразны определенные ограничения по расходу воды на увлажнение, например, на основе предельной экологически обоснованной оросительной нормы, которая определяется с учетом гидротермического коэффициента (ГТК), или индекса сухости по М.И. Будыко, и не должна превышать количество влаги, которое вместе с осадками может быть ассимилировано в процессе фотосинтеза [2, 10, 11]:

$$M \leq \frac{(1+\varepsilon)R}{L} - P - g,$$

где M – оросительная норма, мм; ε – доля увеличения R от мелиораций; R – радиационный баланс поверхности почвы, кДж/см²; L – скрытая теплота парообразования, кДж/см² в год на 1 мм слоя воды; P – атмосферные осадки, впитавшиеся в почву, мм; g – влагообмен корнеобитаемого слоя почвы с грунтовыми водами (положительное направление вверх), мм.

Ограничения максимальных значений оросительных норм для южной части Нечерноземной зоны определены нами ранее для оптимального диапазона значений ГТК и приведены в табл. 1 [10, 11].

Ограничение размера прогнозного уровня урожайности может быть достигнуто с учетом требования оптимальной ресурсоемкости в отношении расхода оросительной воды, агрохимикатов и других потребляемых ресурсов, определяемой по формуле [10]:

$$R_{pe} = \frac{B_{п}}{V_{п}} \rightarrow \min,$$

где R_{pe} – ресурсоемкость или удельный расход природного ресурса на единицу валовой продукции; $B_{п}$ – расход природного ресурса, ед. массы или объема; $V_{п}$ – объем валовой продукции, ед. массы или объема.

Такая оптимизация по фактору увлажнения позволяет получать более реальные размеры потенциальной продуктивности и избежать ошибок программирования завышенной урожайности. Для целей программирования урожайности на мелиорируемых землях кроме регулярного агрохимического обследования почв также необходимо осуществлять анализ химического состава дренажных вод, которые используются для увлажнения.

Сроки полива назначались расчетным способом с применением уравнения водного баланса корнеобитаемого слоя почвы [2, 3, 10, 12].

Дозы минеральных удобрений рассчитываются на величину программируемой урожайности балансовым методом по И.С. Шатилову и М.К. Каюмову [6, 14]:

$$D_{м} = \frac{100 \left[UK_{у} - \left(\frac{Q_{п} h V K_{п}}{100} + \frac{D_{орг} Q_{орг} K_{орг}}{10} \right) \right]}{K_{м}}$$

где $D_{м}$ – доза минерального удобрения, кг д.в./га; U – планируемая урожайность основной продукции, т/га; $K_{у}$ – коэффи-

циент выноса элемента питания с урожаем в расчете на тонну основной продукции, кг/т; $Q_{п}$ – содержание элемента питания в почве, мг/100 г почвы; h – мощность пахотного слоя, см; V – плотность почвы, г/см³; $K_{п}$ – коэффициент выноса элемента питания из почвы, %; $D_{орг}$ – доза органических удобрений, т/га; $Q_{орг}$ – содержание элемента питания в органическом удобрении, %; $K_{орг}$ – коэффициент использования элемента питания из органического удобрения, %; $K_{м}$ – коэффициент использования элемента питания из минерального удобрения, %.

Апробация управления мелиоративным режимом и программирования урожая выполнена в производственных условиях на мелиорируемой торфяно-болотной почве в Мещерской низменности с применением рециклинговой гидромелиоративной технологии. Торф осоковый и осоково-древесный, рН 4,8...5,5, степень разложения 33...40 %, зольность 8 %, плотность 0,14...0,17 г/см³, плотность твердой фазы 1,4...1,46 г/см³. Почвы хорошо обеспечены азотом, слабо фосфором и бедны калием.

Результаты и обсуждение. Дренажные воды торфяных почв, используемые для увлажнения, относятся в основном к карбонатно-щелочному классу, содержание ионов в них изменяется 130...250 мг/л. При этом наибольший вынос биогенных элементов происходит в виде иона HCO_3 . Суммарная концентрация нитратного и аммонийного азота в дренажных водах, используемых для увлажнения, изменяется в пределах 2,1...3,8 мг/л и основном не превышает ПДК, за исключением их всплесков в отдельные периоды. Особенности водного режима мелиорируемых земель Нечерноземной зоны России в целом, а торфяно-болотных в особенности, состоят в неглубоком залегании грунтовых вод и периодическом промывном характере водного режима. В этих условиях фактические нормы минеральных удобрений для внесения под программируемый урожай на осушительно-увлажнительных мелиоративных системах следует увеличивать на количество выноса с инфильтрационными водами и уменьшать на количество поступающих с поливными (дренажными водами) в корнеобитаемый слой элементов питания:

$$D_{в} = D_{м} \pm D_{г} - D_{о},$$

где $D_{в}$ – доза внесения минерального удобрения, кг д.в./га; $D_{г}$ – количество удобрений, вымываемых инфильтрационными водами (+) при осушении, или количество минерального удобрения, поступающего с капиллярным притоком грунтовых вод в корнеобитаемый слой почвы (-); $D_{о}$ – количество минерального удобрения, возвращаемая с поливной водой, кг д.в./га.

Количество питательных веществ, возвращаемое с поливной водой, определяется умножением ожидаемой оросительной нормы на концентрацию элемента питания в дренажной или оросительной воде, включая и подкормку с поливной водой:

Таблица 1

Предельные значения оросительных норм, мм

Гидротермический коэффициент	Гидротермическая характеристика лет		
	Влажный и холодный	Средний	Засушливый и жаркий
0,9	0	90	225
1,0	0	25	155
1,1	0	0	100

$$D_o = 10^{-2} \sum_{i=1}^k m_i C_{mi},$$

где m_i – поливная норма, мм; C_{mi} – концентрация элемента питания в поливной воде, мг/л; k – число поливов за сезон.

Аналогично может быть определено и количество питательных веществ, поступающих с атмосферными осадками. Количество питательных веществ, поступающих в корнеобитаемую зону с раствором поровых вод при подпитывании, и вымываемых из нее при инфильтрации, определяется соответственно по зависимостям, которые запишем раздельно.

$$D_{g\uparrow} = 10^{-2} \sum_{i=1}^m g_{\uparrow i} C_{\uparrow i}; \quad D_{g\downarrow} = 10^{-2} \sum_{i=1}^n g_{\downarrow i} C_{\downarrow i}.$$

где D_g , g , C со стрелкой вверх – соответственно количество питательных веществ, приток влаги от грунтовых вод в корнеобитаемый слой почвы (мм) и концентрации в них питательных веществ (мг/л), а со стрелкой вниз – те же показатели для случая инфильтрации почвенной влаги в грунтовые воды.

Вегетационный период по гидротермическим условиям характеризовался как умеренно жаркий и средне засушливый. Орошение осуществлялось дождевальными машинами ДКШ-64 «Волжанка», водозабор дренажных вод из проводящей сети производился насосной станцией СНП 75-100. Полив назначался при достижении влажности в расчетном слое почвы предполивного порога, равного 60 % полной влагоемкости. Расчетный слой увлажнения изменялся от 0,2 м в первый месяц вегетации капусты до 0,4 м в последующие месяцы.

Предварительно были произведены расчеты выноса питательных веществ с урожаем по методике, изложенной в литературе [3]. Результаты расчета для основных культур севооборота, включающих зерновые культуры, картофель и овощные культуры, в среднесуточном разрезе представлены в табл. 2.

Дальнейший расчет норм удобрений проводился с учетом выноса элементов питания с планируемым урожаем капусты, а так же с учетом содержания в корнеобитаемом слое мелиорируемой торфяной почвы доступных форм азота, фосфора и калия. Учитывая низкую обеспеченность торфяной почвы фосфором и калием, норма их внесения увеличивалась для компенсации выноса и урожая и для повышения почвенного плодородия. Окончательное значение внесения минеральных удобрений корректировалось с учетом поступления питательных веществ с оросительной водой и капиллярным притоком влаги от грунтовых вод или их выноса инфильтрационными водами.

В результате для двух производственных участков по 50 га каждый были определены нормы минераль-

ных удобрений, составившие для первого участка: азота – 70 фосфора – 200 и калия – 125 кг/га, а для второго участка, соответственно 105, 250 и 145 кг/га.

Внесение удобрений осуществлялось в три приема. Доза под основную обработку весной составляла 60 % расчетной нормы. Остальную часть нормы вносили в равных дозах в виде подкормок в начале и в конце июля.

Сроки полива назначались расчетным способом на основе водного баланса корнеобитаемого слоя почвы с прямым измерением на участке атмосферных осадков и глубины залегания грунтовых вод в скважинах на каждом из двух участков. Расчет водопотребления капусты производился биоклиматическим методом, а водообмен почвы с грунтовыми водами определялся расчетом в зависимости от глубины залегания вод и недостатка или избытка влаги в корнеобитаемом слое почвы относительно равновесного влагосодержания по разработанной ранее нами расчетной зависимости [10, 11].

Оросительная норма для первого участка составила 130 мм, было проведено 4 вегетационных полива нормой 30 мм и один приживочный нормой 10 мм. На втором участке оросительная норма составила 115 мм, было проведено 3 вегетационных полива нормой 35 мм и один приживочный послепосадочный полив. При этом размер фактических оросительных норм не превысил предельного экологического значения, определяемого по табл. 1 (90...155 мм). Наибольшее водопотребление капусты 5 мм/сут отмечалось в период формирования кочана, в целом сезонное водопотребление капусты составило 305...335 мм. В засушливые периоды приток капиллярной влаги от грунтовых вод, залегающих в среднем за вегетацию на глубине 0,9...1,4 м от поверхности, достигал 15...18 %.

Водопотребление капусты на 50 % покрывалось за счет атмосферных осадков и продуктивных влагозапасов почвы, на 43 % за счет увлажнения дренажными водами и на 7 % за счет капиллярного притока влаги от грунтовых вод. Структура источников водопотребления слоя воды показана на рисунке.

Фактическая производственная урожайность капусты составила 30...33 т/га, что превышало среднюю урожайность по хозяйству в предшествующие годы более чем на 30 %. Ресурсоемкость по водопотреблению на обоих участках была близка и составила около 102 м³/т. Ресурсоемкость по расходу оросительной воды была больше 43,3 м³/т на первом участке, чем на втором – 34,8 м³/т. Ресурсоемкость по затратам агрохимикатов (НРК) на первом участке составила 13,2 кг/т, а на втором 15,1 кг/т (табл. 3).

Таким образом, управление мелиоративным режимом с учетом экологических и ресурсных ограничений и применением программирования урожая для регулирования пищевого режима показало, что первый вариант технологии был более ресурсосберегающим по удобрениям, а второй вариант технологии был более ресурсосберегающим по оросительной воде. Применение технологии программирования урожая позволяет более рационально использовать оросительную воду

Вынос питательных веществ с урожаем

Культуры	Урожайность, т/га	Вынос на 1 т урожая, кг			Вынос с урожаем, кг/га			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Зерновые	2,86	30,0	13,0	25,0	85,8	37,2	71,5	194,5
Картофель	16,6	5,0	1,8	7,5	83,0	29,9	124,5	237,4
Овощи	24,5	3,4	1,3	4,4	83,3	31,9	107,8	223,0



Структура источников водопотребления капусты на торфяной почве, мм

Таблица 3

Основные показатели эффективности программирования урожая на мелиорируемой торфяной почве

Показатели	Участок 1	Участок 2
Урожайность, т/га	30	33
Водопотребление, мм	305	335
Оросительная норма, мм	130	115
Норма удобрений, кг/га	395	500
Ресурсоемкость по оросительной воде, м ³ /т	43,3	34,8
Ресурсоемкость по водопотреблению, м ³ /т	101,7	101,5
Ресурсоемкость по NPK, кг/т	13,2	15,1

и минеральные удобрения на мелиорируемых торфяно-болотных почвах.

Заключение. В полевых натурных исследованиях с применением системного анализа, балансового метода и законов агроэкологии определена оценка совместного управления мелиоративным режимом и программированием урожая на мелиорируемой торфяной почве с целью снижения отходов агро-мелиоративного производства и снижения ресурсоемкости за счет применения для увлажнения дренажных вод и внесения минеральных удобрений под программируемый урожай.

Установлено, что программирование урожая на торфяных почвах имеет свои особенности, связанные с необходимостью учета выноса питательных веществ инфильтрационными водами и их дополнительного поступления с капиллярным потоком влаги от грунтовых вод, а также и с дренажными водами, используемыми для увлажнения осушаемых земель.

Наибольшее водопотребление капусты 5 мм/сут отмечалось в период формирования кочана, в целом сезонное водопотребление капусты составило 305...335 мм. Водопотребление капусты на 50 % покрывалось за счет атмосферных осадков и продуктивных влагозапасов почвы, на 43 % за счет увлажнения дренажными водами и на 7 % за счет капиллярного притока влаги от грунтовых вод.

Фактическая урожайность капусты изменялась в диапазоне 30...33 т/га, что превышало среднюю урожайность по хозяйству в предшествующие годы бо-

лее чем на 30 %. Ресурсоемкость по водопотреблению на обоих участках была близка и составила около 102 м³/т. Ресурсоемкость по расходу оросительной воды была больше на первом участке (43,3 м³/т), чем на втором участке (34,8 м³/т). Ресурсоемкость по затратам агрохимикатов (NPK) на первом участке составила 13,2 кг/т, а на втором 15,1 кг/т.

Сравнительный анализ двух вариантов, в первом из которых была больше норма орошения, а в другом норма удобрений, показал, что для получения урожая капусты белокочанной на торфяной почве более 30 т/га в условиях умеренно жаркого и среднесушлого вегетационного периода можно рекомендовать максимальную дозу удобрений до 400 кг/га и максимальную оросительную норму 115 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкология / В.А. Черников, Р.М. Алексахин, А.В. Голубев [и др.]; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. М.: Колос, 2000. 536 с.
2. Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. М.: Агропромиздат, 1990. 60 с.
3. Агрохимия: учебник / В.Г. Минеев, В.Г. Сычев, Г.П. Гамзиков и др.; под ред. В.Г. Минеева. М.: Изд-во ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2017. 854 с.
4. Мелиорация земель / А.И. Голованов, И.П. Айдаров, М.С. Григоров [и др.]; под ред. А.И. Голованова. М.: КолосС, 2011. 824 с. ISBN 978-5-9532-0752-2.
5. Добрачев Ю.П. Результаты прогнозирования урожайности и сроков созревания озимой пшеницы в краснодарском крае // Вестник сельскохозяйственной науки. 1985. № 8. С. 62.
6. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Росагропромиздат, 1989. 368 с.
7. Итоги внедрения программирования урожаев сельскохозяйственных культур на орошаемых землях / Б.С. Маслов, А.Г. Галушкин, Ю.П. Добрачев, Ю.С. Пунинский // Технология орошения и программирования урожая: сборник научных трудов. М., 1986. С. 11–15.
8. О научных основах прогнозирования и программирования урожая (состояние и перспективы исследований) / А.С. Образцов, В.М. Ковалев, Ю.П. Добрачев, В.Г. Головатый А.И., Живлов // Сельскохозяйственная биология. 1980. Т. 15. № 6. С. 820.
9. Осин А.А., Осина В.С., Коломейченко В.В. Программирование урожайности полевых культур // В сб.: Продукционные процессы и устойчивость растений. Орел, 2017. С. 228–243.
10. Пыленок П.И. Агро-мелиоративное природопользование. Научно-технологические и экологические основы: монография. М.: ВНИИГиМ, 2022. 215 с. DOI: 10.37738/VNIIGIM.2022.94.88.001.
11. Пыленок П.И., Сидоров И.В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. М.: Россельхозакадемия, 2004. 323 с.
12. Пыленок П.И., Ефремов Р.О. Ресурсосберегающая технология увлажнения осушаемых торфяных почв дренажными водами // Вестник мелиоративной науки. 2024. № 1. С. 37–40.
13. Соловьев А.В. К вопросу теоретических основ программирования урожаев сельскохозяйственных культур // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. 2023. № 44(49). С. 87–91.
14. Шатилов И.С., Каюмов М.К. Научные основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1978. 335 с.
15. Шахова О.А. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур в условиях северного Зауралья // Мир Инноваций. 2020. № 4. С. 34–39.

REFERENCES

1. Agroekologiya / V.A. Chernikov, R.M. Aleksahin, A.V. Golubev [i dr.]; pod red. V.A. Chernikova, A.I. Chekeresa. M.: Kolos, 2000. 536 s.
2. Ajdarov I.P. Optimizaciya meliorativnyh rezhimov oroshaemyh i osushaemyh sel'skhozajstvennyh zemel' / I.P. Ajdarov, A.I. Golovanov, Yu.N. Nikol'skij. M.: Agropromizdat, 1990. 60 s.
3. Agrohimiya: uchebnik / V.G. Mineev, V.G. Sychev, G.P. Gamzikov i dr.; pod red. V.G. Mineeva. M.: Izd-vo VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, 2017. 854 s.

4. Golovanov, A.I. Melioraciya zemel' / A.I. Golovanov, I.P. Ajdarov, M.S. Grigorov [i dr.]; pod red. A.I. Golovanova. M.: Kolos, 2011. 824 s. ISBN 978-5-9532-0752-2.

5. Dobrachev Yu.P. Rezul'taty prognozirovaniya urozhajnosti i srokov sozrevaniya ozimoy pshenicy v krasnodarskom krae // Vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 1985. № 8. S. 62.

6. Kayumov M.K. Programmirovaniye produktivnosti polevykh kul'tur: spravochnik. 2-e izd., pererab. i dop. M.: Rosagropromizat, 1989. 368 s.

7. Itogi vnedreniya programmirovaniya urozhaev sel'skohozyajstvennykh kul'tur na oroshayemykh zemlyakh / B.S. Maslov, A.G. Galushkin, Yu.P. Dobrachev, Yu.S. Puninskij // V sbornike: Tekhnologiya orosheniya i programmirovaniya urozhaev. Sbornik nauchnykh trudov. M., 1986. S. 11–15.

8. O nauchnykh osnovakh prognozirovaniya i programmirovaniya urozhaev (sostoyaniye i perspektivy issledovaniy) / A.S. Obrazcov, V.M. Kovalev, Yu.P. Dobrachev, V.G. Golovatyj, A.I. Zhivlov // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 1980. T. 15. № 6. S. 820.

9. Osin A.A. Programmirovaniye urozhajnosti polevykh kul'tur / A.A. Osin, V.S. Osina, V.V. Kolomejchenko // V sb.: Produkcionnyye processy i ustojchivost' rastenij. Orel, 2017. S. 228–243.

10. Pylenok P.I. Agromeliorativnoye prirodopol'zovanie. Nauchno-tekhnologicheskie i ekologicheskie osnovy: monografiya. M.: VNIIGIM, 2022. 215 s. DOI: 10.37738/VNIIGIM.2022.94.88.001.

11. Pylenok P.I., Sidorov I.V. Prirodoohrannyye meliorativnyye rezhimy i tekhnologii. M. Rossel'hozakademiya, 2004. 323 s.

12. Pylenok P.I., Efremov R.O. Resursoberegayushchaya tekhnologiya uvlazhneniya osushayemykh torfyanykh pochv drenazhnymi vodami // Vestnik meliorativnoj nauki. 2024. № 1. S. 37–40.

13. Solov'ev A.V. K voprosu teoreticheskikh osnov programmirovaniya urozhaev sel'skohozyajstvennykh kul'tur // Vestnik Rossijskogo gosudarstvennogo agrarnogo zaocnogo universiteta. 2023. № 44 (49). S. 87–91.

14. Shatilov I.S., Kayumov M.K. Nauchnye osnovy programmirovaniya urozhaev sel'skohozyajstvennykh kul'tur. M.: Kolos, 1978. 335 s.

15. Shahova O.A. Programmirovaniye urozhaev sel'skohozyajstvennykh kul'tur v usloviyah severnogo Zaural'ya // Mir Innovacij. 2020. № 4. S. 34–39.

Пыленок Пётр Иванович, доктор техн. наук, ст. науч. сотрудник, доцент, гл. науч. сотрудник; **Ефремов Руслан Олегович**, инженер, аспирант (ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГМ им. А.Н. Костякова», Мещерский филиал, г. Рязань).

УДК 631.611:631.431.1

DOI: 10.32962/0235-2524-2025-2-28-31

ВЛИЯНИЕ СПОСОБОВ ЗАДЕЛКИ УДОБРЕНИЙ НА ПЛОТНОСТЬ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

В.А. ШЕВЧЕНКО, А.М. СОЛОВЬЁВ, Г.И. БОНДАРЕВА, Н.П. ПОПОВА, А.Ю. КУЛЬЧЕВ

Ключевые слова: мелиорация, дерново-подзолистая почва, механическая обработка почвы, плотность почвы, Нечерноземная зона.

Keywords: melioration, sod-podzolic soil, mechanical tillage, soil density, Non-chernozem zone.

Аннотация. Исследования выполнены в ООО «Ручьевское-1» Ржевского района Тверской области на повторно освоенных дерново-подзолистых землях легкосуглинистого гранулометрического состава. Опыты проведены на посевах озимой пшеницы в период с 2015 по 2019 г.

Установлено, что минимальная обработка обеспечивает достоверное разуплотнение только посевного слоя почвы 0...10 см, с которой отмечена сильная корреляционная сопряженность ($r=0,71...0,76$ ед.); отвальная вспашка способствует устойчивому снижению плотности пахотного горизонта 0...20 см ($r=0,82...0,87$ ед.), а чизелевание снижает плотность корнеобитаемого слоя 0...40 см ($r=0,74...0,79$ ед.). Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы получена при внесении рассчитанных доз минеральных удобрений по фону чизелевания — 4,506 т/га.

Abstract. The research was carried out at «Ruchevskoye-1» in the Rzhnevsky district of the Tver region on newly developed sod-podzolic lands of light loamy granulometric composition. The experiments were conducted on winter wheat crops in the period from 2015 to 2019.

It has been established that minimal tillage provides reliable decompression of only the sown soil layer of 0–10 cm, with which a strong correlation is noted ($r=0.71–0.76$); dump plowing contributes to a steady decrease in the density of the arable horizon of 0–20 cm ($r=0.82–0.87$), and chiseling reduces the density of the root layer of 0–40 cm ($r=0.74–0.79$). The maximum yield of winter wheat grain was obtained by applying calculated doses of mineral fertilizers according to the chiseling background — 4,506 t/ha.

Введение. Важнейшим условием повышения продуктивности сельскохозяйственных культур при возделывании на повторно осваиваемых деградированных землях Нечерноземной зоны является увеличения энергетического потенциала пахотного слоя, что достигается заделкой в корнеобитаемый горизонт соломисто-поживных остатков выращиваемых растений, а также всех видов органических и минеральных удобрений [1, 2].

В поддержании энергетической устойчивости агроэкосистемы на таких землях важная роль отводится приемам механической обработки почвы, которые должны обеспечивать равномерное распределе-

ние по профилю почвы поступающих органических и минеральных веществ, создавать оптимальные условия для нормализации питательного, температурного и водно-воздушного режимов, отвечающих биологическим требованиям сельскохозяйственных культур [3].

К важнейшим агрофизическим показателям почвенного плодородия, которые оказывают значительное влияние на рост, развитие и урожайность посевов, относится плотность почвы. Этот показатель имеет важное производственное значение, поскольку он определяет плотность твердой фазы, скважность, а также объем и продуктивный запас влаги в пахотном слое. Для оптимального формирования зерновой продуктивности озимой пшеницы плотность почвы должна находиться в интервале 1,05...1,3 г/см³ [4].

Цель исследований. Изучить влияние способов механической заделки удобрений на плотность почвы осваиваемых земель и урожайность зерна озимой пшеницы в условиях Нечерноземной зоны России.

Место и методика исследований. Опыты проводили в I ротации плодосменного зернопропашного севооборота в период с 2015 по 2019 г. на повторно освоенных землях ООО «Ручьевское-1» Ржевского района, Тверской области, вышедших из оборота в 1994 г. В 2011 г. проведены культуртехнические мероприятия, восстановлена открытая мелиоративная система, выполнено раскисление почвы до pH 5,5 ед., дважды (2013 и 2014 г.) осуществлен посев вико-овсяной смеси с заделкой ее на сидерат для выравнивания плодородия осваиваемых земель. Агрохимическая характеристика почвы: содержание гумуса 1,76...1,78 мг/кг — очень низкое; P₂O₅ 106...109 мг/кг — повышенное; K₂O 90...100 мг/кг — среднее; pH_{KCl} 4,88...5 ед. — слабокислая.

Расчет доз минеральных удобрений под запланированную урожайность (для озимой пшеницы-сорт