

ЗВЕНО СЕВООБОРОТА С СИДЕРАЛЬНЫМ ПАРОМ, ОРГАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА УДОБРЕНИЙ И ПОВЕРХНОСТНАЯ ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ПОЧВЫ

О. А. ОЛЕНИН,
аспирант,
Вятская государственная сельскохозяйственная академия
(610017, г. Киров, Октябрьский пр–т, д. 133)

Ключевые слова: основные элементы биологизации и энергосбережения, биологическая технология возделывания, порог поступления органического вещества, компенсационные агроприемы, поликультура на зерно.

Биологизация и энергосбережение в земледелии – это уменьшение величины разомкнутости биогеохимического круговорота и трансформации энергии в агроэкосистеме. В связи с биогеохимическим круговоротом решающее значение в биологическом земледелии приобретает органическое вещество (в том числе растительные остатки), которое возвращается и вносится в почву. Цель исследований: установить причины отрицательных экосистемных изменений в агробиогеоценозе яровой пшеницы при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения в технологию возделывания и выявить пути их преодоления. Исследования проводили в 1991–1996 гг. на опытном поле Самарской ГСХА, расположенном в центральной зоне Самарской области (южная лесостепь Заволжья). Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднесиловый тяжелосуглинистый. Агрохимические показатели слоя 0–40 см: содержание гумуса 7,9 %; азота легкогидролизующего 85–115 мг/кг; фосфора подвижного 145–155 мг/кг; калия обменного 155–190 мг/кг; рН сол. 6,8. Агрометеорологические условия в годы проведения опытов были характерными для условий лесостепи Заволжья. По общепринятым методикам и ГОСТам проводились лабораторные и полевые анализы, учеты и наблюдения. Возделывался районированный сорт яровой пшеницы «Жигулевская» (суперэлит). Отрицательные экосистемные изменения в агробиогеоценозах яровой пшеницы при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения вызваны превышением порога поступления в обрабатываемый и корнеобитаемый слой количества однородного органического вещества зерновых культур с C:N > 20–30:1. Для повышения урожайности яровой пшеницы в комплекс основных элементов биологизации и энергосбережения необходимо включать компенсационный интенсивный агроприем – минеральные удобрения (повышение по сравнению со среднемноголетней урожайностью в среднем на 0,76 т/га); или при органической системе удобрений – чистый пар в звене севооборота.

CROP ROTATION LINK WITH GREEN FALLOW, ORGANIC SYSTEM OF FERTILISERS AND SURFACE TILLAGE

О. А. OLENIN,
post-graduate student,
Vyatka State Agricultural Academy
(133 Oktyabrskiy Ave, 610017, Kirov)

Keywords: basic elements of biologization and energy saving, biological technology of cultivation, threshold of intake of organic substance, compensative agropreceptions, polyculture on grain.

Biologization and energy saving in agriculture is a reduction of size of an open condition of biogeochemical circulation and transformation of energy to the agroecosystem. Due to the biogeochemical circulation crucial importance in biological agriculture belongs to organic substance (including vegetable remains) which comes back into the soil. Purpose of this research is to establish the reasons of negative ecosystem changes in the agrobiogeocenosis of spring-sown field at introduction of a complex of basic elements of biologization and energy saving in technology of cultivation and to reveal ways of their overcoming. The research was conducted in 1991–1996 on the skilled field of the Samara State Agricultural Academy located in the central area of the Samara region (the southern forest–steppe of Trans-Volga region). The soil of the skilled site – the black soil, ordinary, mid-thick, heavily agrillaceous. Agrochemical indicators of a layer of 0–40 cm: content of a humus is 7.9 %; the nitrogen which is easily hydrolyzed – 85–115 mg/kg; mobile phosphorus – 145–155 mg/kg; potassium – 155–190 mg/kg; pH salt – 6.8. Weather conditions in the years of carrying out of the experiment were characteristic of conditions of the forest-steppe of Trans-Volga region. The manipulations and observations were carried out according to the standard techniques and state standard specifications laboratory and field analyses. The zoned grade of Zhigulyovsk spring-sown field was cultivated (super-elite). Negative ecosystem changes in agrobiogeocenoses of spring-sown field at introduction of a complex of basic elements of biologization and energy saving are caused by excess of receipt in the processed and root layer of amount of uniform organic substance of grain crops with C:N < 20–30:1. To increase the productivity of spring-sown field it is necessary to include compensative intensive agropreception in a complex of basic elements of biologization and energy saving – mineral fertilizers (increase in comparison with mean annual productivity on average on 0.76 t/ha); or for organic system of fertilizers – pure steam in a crop rotation link.

Положительная рецензия представлена Л. М. Козловой, доктором сельскохозяйственных наук, заведующей отделом земледелия, агрохимии и мелиорации НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого.

Отрицательные экосистемные изменения в агро-биогеоценозах яровой пшеницы при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения (занятый и сидеральный пар в звене севооборота, сокращение доз и полный отказ от минеральных удобрений и пестицидов, органическая система удобрений с заделкой соломы, минимализация основной обработки почвы) вызваны превышением порога поступления в обрабатываемый и корнеобитаемый слой количества однородного органического вещества зерновых культур с $C:N > 20-30:1$. Порог содержания однородного органического вещества зерновых культур, при превышении которого наблюдаются максимальные экосистемные изменения, в том числе отрицательные, в агробиогеоценозе яровой пшеницы установлен в 9,0–9,5 т/га в слое почвы 0–40 см весной на вариантах с органической системой удобрений (с заделкой соломы) в звене севооборота с сидеральным паром. Внедрение комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения должно сопровождаться компенсационными агроприемами (техногенными или природоподобными), нивелирующими отрицательные экосистемные изменения при биологизации. В перспективе от биологизации за счет отдельных агроприемов или их комплексов необходимо перейти к биологизации путем моделирования состава, вертикальной и горизонтальной структуры многокомпонентных агрофитоценозов (поликультура на продовольственное зерно).

Цель и методика исследований. Биологизация и энергосбережение, то есть имитация естественных процессов природных экосистем, в технологиях возделывания культур происходит в следующих направлениях: 1) минимализация обработки почвы (основной и предпосевной); 2) обогащение обрабатываемого и корнеобитаемого слоя органическим веществом; 3) постоянный растительный покров на почве (или мульча); 4) сокращение доз или полный отказ от химических искусственных препаратов (ксенобиотиков) и генетически модифицированных организмов (ГМО) [1–11].

Биологизация и энергосбережение в земледелии – это уменьшение величины разомкнутости биогеохимического круговорота и трансформации энергии в агроэкосистеме [1, 2, 4, 10, 11]. В связи с биогеохимическим круговоротом решающее значение в биологическом земледелии приобретает органическое вещество (в том числе растительные остатки), которое возвращается и вносится в почву.

А. М. Лыков [1] считает, что крайне необходимо научно обосновать уровни содержания и состав органического вещества почвы.

Цель исследований – установить причины отрицательных экосистемных изменений в агробиогео-

ценозе яровой пшеницы при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения в технологии возделывания и выявить пути их преодоления.

Исследования проводили в 1991–1996 гг. на опытном поле Самарской ГСХА, расположенном в центральной зоне Самарской области (южная лесостепь Заволжья). Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый. Агрохимические показатели слоя 0–40 см: содержание гумуса 7,9 %; азота легкогидролизующего 85–115 мг/кг; фосфора подвижного 145–155 мг/кг; калия обменного 155–190 мг/кг; рН сол. 6,8. Агрометеорологические условия в годы проведения опытов были характерными для условий лесостепи Заволжья.

Схема полевого стационарного трехфакторного опыта: Фактор А – севооборот: пар (А1 – чистый (контроль), А2 – занятый (горох на 3/к), А3 – сидеральный (вико + овес)) – озимая пшеница – просо – яровая пшеница – кукуруза – ячмень.

Фактор В – система удобрений: В1 – органо-минеральная интенсивная, рассчитанная на получение максимально возможного урожая яровой пшеницы по влагообеспеченности (2,5–3,0 т/га) – во все виды паров вносили навоз по 30 т/га; в севообороте с чистым паром под изучаемую культуру применяли $N_{140}P_{75}$, с занятым – $N_{160}P_{110}K_{20}$, с сидеральным – $N_{140}P_{120}K_{15}$; В2 – органо-минеральная, рекомендуемая для центральной зоны Самарской области (контроль) – во все виды паров вносили навоз по 30 т/га, под яровую пшеницу во всех севооборотах – $N_{45}P_{50}K_{30}$; В3 – органическая, рассчитанная на получение максимально возможного урожая по влагообеспеченности (2,5–3,0 т/га) – вносили только навоз, а также заделывали измельченную солому предшественника; в чистом пару применяли 75 т/га навоза, в занятом – 30 т/га и в сидеральном – 20 т/га; остатки соломы проса, предшественника яровой пшеницы, составляли, в среднем, 4,07 т/га.

Фактор С – основная обработка почвы: С1 – послеуборочное лущение жнивья БДТ–3,0 на 6–8 см и через 10–14 дн. рыхление плугом со стойками СибИМЭ на 20–22 см (контроль); С2 – послеуборочное лущение жнивья БДТ–3,0 на 6–8 см и через 10–14 дн. обработка АКП–2,5 на 10–12 см; С3 – двукратная обработка БДТ–3,0 на 6–8 см (послеуборочное лущение жнивья и через 10–14 дн. повторная обработка).

Агротехника возделывания, за исключением изучаемых вопросов, – общепринятая для яровой пшеницы в Заволжье. Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок в опыте – последовательное. Площадь делянки общая – 414 м², учетная – 141 м². Закладка опытов и экспериментальная работа проводились в соответствии с требованиями методик опытного дела.

По общепринятым методикам и ГОСТам проводились лабораторные и полевые анализы, учеты и наблюдения: макроагрегатный состав и водопрочная структура, плотность сложения и твердость и влажность почвы; легкогидролизуемый азот, подвижный фосфор и обменный калий почвы; нитраты в почве; целлюлозоразлагающая активность почвы; окислительно-восстановительный потенциал почвы; масса стернекорневых остатков; пораженность растений культуры корневыми гнилями; засоренность посевов; фенологические наблюдения и структура урожая; урожайность; учет почвенной мезофауны; состав и горизонтальная структура агрофитоценозов; суммарная токсичность зерна яровой пшеницы и почвы под ней; биоэнергетическая и экономическая эффективность технологий – на основании технологической карты возделывания. Существенность разницы в показаниях между вариантами – методом дисперсионного анализа, наличие тесноты и формы связи – методом корреляционного анализа. Термины и определения – в соответствии с ГОСТ 16265–89.

Возделывался районированный сорт яровой пшеницы «Жигулевская» (суперэлита). В вариантах с

минеральным удобрением при достижении вредными организмами ЭПВ применяли пестициды. Зерно протравливали с использованием NaKMЦ.

Результаты исследований. Для всестороннего комплексного исследования изучаемых технологий предложена методика градации технологий по степени их биологизации на основе выявленных в результате обзора научной литературы трех показателей (в порядке убывания значимости): а) поступление в агроэкосистему ксенобиотиков и ГМО; б) обогащение пахотного и корнеобитаемого слоя органическим веществом; в) минимализация обработки почвы (основной и предпосевной) [12–16]. Соответственно изучаемые 27 сочетаний основных элементов биологизации и энергосбережения расположили в эколого-экономический ряд по нарастанию степени биологизации от интенсивных ресурсо-затратных биологизированных до биологических технологий возделывания: максимально интенсивная – А1В2С1, максимально биологическая – А3В3С3 (табл. 1).

Исследования показали, что по сравнению с органо-минеральной интенсивной системой удобрений органо-минеральная рекомендуемая (сокраще-

Таблица 1
Различные сочетания основных элементов биологизации и энергосбережения по мере нарастания степени их биологизации
Table 1
Various combinations of basic biologization energy-saving elements according to increase in their level of biologization

Органо-минеральная интенсивная система удобрений (B2) <i>Organo-mineral intensive fertiliser system (B2)</i>			Интенсивные ресурсо- и энергозатратные биологизированные технологии <i>Intensive resource- and energy-demanding biotechnologies</i>
	Звено севооборота (A) <i>Crop rotation link (A)</i>	Основная обработка почвы (C) <i>Basic soil treatment (C)</i>	
1	С чистым паром (A1) <i>Naked fallow (A1)</i>	Рыхление СИБИМЭ на 20–22 см (C1)	
2		Обработка АКП–2,5 на 10–12 см (C2)	
3		Обработка БДТ–3,0 на 6–8 см (C3)	
4	С занятым паром (A2) <i>Seed fallow (A2)</i>	СИБИМЭ на 20–22 см	
5		АКП–2,5 на 10–12 см	
6		БДТ–3,0 на 6–8 см	
7	С сидеральным паром (A3) <i>Green fallow (A3)</i>	СИБИМЭ на 20–22 см	
8		АКП–2,5 на 10–12 см	
9		БДТ–3,0 на 6–8 см	
Органо-минеральная рекомендуемая система удобрений (B1) <i>Organo-mineral recommended fertiliser system (B1)</i>			Интенсивные ресурсо- и энергозатратные биологизированные технологии <i>Intensive resource- and energy-demanding biotechnologies</i>
10	С чистым паром (A1) <i>Naked fallow (A1)</i>	СИБИМЭ на 20–22 см	
11		АКП–2,5 на 10–12 см	
12		БДТ–3,0 на 6–8 см	
13	С занятым паром (A2) <i>Seed fallow (A2)</i>	Рыхление СИБИМЭ на 20–22 см (C1)	
14		Обработка АКП–2,5 на 10–12 см (C2)	
15		Обработка БДТ–3,0 на 6–8 см (C3)	
16	С сидеральным паром (A3) <i>Green fallow (A3)</i>	СИБИМЭ на 20–22 см	
17		АКП–2,5 на 10–12 см	
18		БДТ–3,0 на 6–8 см	
Органическая система удобрений (B3) <i>Organic fertiliser system (B3)</i>			Биологические технологии <i>Biotechnologies</i>
19	С чистым паром (A1) <i>Naked fallow (A1)</i>	СИБИМЭ на 20–22 см	
20		АКП–2,5 на 10–12 см	
21		БДТ–3,0 на 6–8 см	
22	С занятым паром (A2) <i>Seed fallow (A2)</i>	СИБИМЭ на 20–22 см	
23		АКП–2,5 на 10–12 см	
24		БДТ–3,0 на 6–8 см	
25	С сидеральным паром (A3) <i>Green fallow (A3)</i>	Рыхление СИБИМЭ на 20–22 см (C1)	
26		Обработка АКП–2,5 на 10–12 см (C2)	
27		Обработка БДТ–3,0 на 6–8 см (C3)	

ние доз минерального азота в 3,1–3,6 раза) снизила невозобновляемые энергозатраты в 1,73–2,04 раза, а органическая – в 3,5–5,11 раз. Снижение совокупных энергозатрат в 1,55–2,42 раза и невозобновляемых в 1,73–5,11 раз значительно опережает снижение урожайности яровой пшеницы в 1,20–1,39 раза, что является предпосылкой для биологизации и энергосбережения в технологии возделывания культуры.

Минеральные удобрения и основная обработка почвы составляли от 44,4 до 76,2 % производственных затрат, что также является предпосылкой для биологизации и энергосбережения в технологии возделывания культуры.

По сравнению с органо-минеральной интенсивной системой удобрений органо-минеральная рекомендуемая (сокращение доз минерального азота в 3,1–3,6 раза) в среднем увеличивала рентабельность в 1,34 раза, а органическая (с заделкой соломы без минеральных удобрений и пестицидов) – в 5,03 раза.

Однако при нарастании степени биологизации и энергосбережения усиливались не только положительные, но и отрицательные экосистемные изменения в агробиогенезе яровой пшеницы, что в конечном итоге существенно снизило ее урожайность. Так, по сравнению с органо-минеральной интенсивной системой удобрений сокращение доз минерального азота в 3,1–3,6 раза при органо-минеральной рекомендуемой системе снижало урожайность в среднем на 16,7 %, а при органической (заделка соломы и полный отказ от минеральных удобрений и пестицидов) в среднем на 28 %.

Максимальное уменьшение урожайности – в среднем на 31,2 % – выявлено при заделке соломы в звене севооборота с сидеральным паром по сравнению с вариантами с органо-минеральными системами удобрений.

Варианты опыта с заделкой соломы при последствии сидерального пара являются наиболее показательными как по положительным, так и отрицательным экосистемным изменениям в агробиогенезе при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения, так как достигают своих максимальных значений.

Поэтому более подробно рассмотрим варианты с биологическими технологиями возделывания: звено севооборота с сидеральным паром (А3) + органическая система удобрений (В3) + безотвальная основная обработка почвы на глубину 6–8, 10–12 и 20–22 см (С3, С2 и С1), особенно с применением двукратного поверхностного дискования (С3).

Внедрение комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения изменяло в оптимальных для яровой пшеницы пределах в слое 0–30 см плотность сложения ($1,00–1,25 \text{ г/см}^3$) и твердость ($8,0–19,5 \text{ кг/см}^2$); содержание макроагрегатов

($\geq 65 \%$) и количество водопрочных ($> 0,25 \text{ мм}$) отделимых ($> 50 \%$); параметры легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия (N – 60–120, P – 90–150, K – 180–250 мг/кг почвы) и окислительно-восстановительный потенциал почвы (450–600 мВ).

Порог содержания однородного органического вещества зерновых культур (C:N $> 20–30:1$), при превышении которого наблюдаются максимальные экосистемные изменения (в т. ч. отрицательные) в агробиогенезе яровой пшеницы, установлен в 9,0–9,5 т/га в слое почвы 0–40 см весной на вариантах с органической системой удобрений в звене севооборота с сидеральным паром.

В абсолютных величинах наибольшая масса органических остатков распадалась в звене севооборота с сидеральным паром (1,58–2,37 т/га), что свидетельствует об активизации почвенной микробиоты при улучшении по C:N состава поступающей в обрабатываемый слой органики, содержащей бобовый компонент сидерата (вика + овес).

Максимальная интенсивность разложения клетчатки (12,8–17,3 % к исходной массе) отмечена при заделке соломы в звене севооборота с сидеральным паром.

Органическая система удобрений с заделкой соломы по сравнению с органо-минеральными системами уменьшала распространенность корневой гнили на 0,9–13,2 %. Максимальное сокращение количества пораженных растений от кущения к молочной спелости (в среднем на 19,2 %) отмечено при поверхностной основной обработке почвы в звене с сидеральным паром.

Минимализация основной обработки почвы, органическая система удобрений и сидеральный пар в звене севооборота увеличивали численность и биомассу педобиионтов соответственно в 2,12–4,30 и 3,16–5,80 раз. Сапрофаги (гумусообразователи) обнаружены только весной при последствии сидерального пара (15–25 % общей численности и 8–10 % биомассы педобиионтов).

Только биологические технологии возделывания яровой пшеницы (занятый или сидеральный пар в звене севооборота и органическая система удобрений без применения пестицидов) обеспечивают получение зерна, безопасного по санитарно-медицинским и экологическим (по результатам биоиндикации) нормам и не вызывают экологического загрязнения (суммарной токсичности) природных компонентов агроэкосистем.

Минимализация основной обработки и заделка соломы зерновых культур с отношением C:N $> 20–30:1$ снижали содержание в слое 0–30 см легкогидролизуемого азота на 5–31 и нитратов на 2,6–21,8 мг/кг почвы (корреляция показателей с урожайностью соот-

Таблица 2
 Корреляция урожайности яровой пшеницы с ее структурой, показателями плодородия почвы и фитосанитарного состояния агрофитоценозов культуры (метод корреляционных связей)
 Table 2
 Correlation between spring wheat yield and its structure, soil fertility indicators and phytosanitary state of the variety (according to the method of correlational relationships)

«а»	«б»	«в»	«г»	«д»	«е»
Показатель первого порядка <i>First-rate indicator</i>	Показатель второго порядка <i>Second-rate indicator</i>	Показатель третьего порядка <i>Third-rate indicator</i>			
Коэффициент водопотребления <i>Water consumption coefficient</i>	–	–	–	–	–
Корневые гнили <i>Root rot</i>	–0,83	–0,64	–0,59	–0,72	–0,60
	–0,58	–0,47	–0,41	–0,47	–0,60
		0,44	0,66	–0,47	–0,60
		0,66	–0,41	–0,47	–0,60
		–0,50	–0,47	–0,47	–0,60
		0,57	–0,47	–0,47	–0,60
		–0,43	–0,47	–0,47	–0,60
		–0,47	–0,47	–0,47	–0,60
		0,61	0,61	0,61	0,44
		0,65	0,65	0,65	–
		0,72	0,72	0,72	–
		–	–	–	–
		0,69	0,69	0,69	–0,61
		–	–	–	0,53
		–	–	–	0,69
		0,63	0,63	0,63	–
		–0,68	–0,68	–0,68	–0,68
		–0,68	–0,68	–0,68	–0,52
		–0,60	–0,60	–0,60	0,83
		–0,60	–0,60	–0,60	0,57
		–0,60	–0,60	–0,60	0,66

Примечание: масса многолетних сорняков – показатель, от которого в конечном итоге зависит урожайность яровой пшеницы при биологизации и энергосбережении в технологии ее возделывания.
 Note: weight of perennial weeds is the indicator on which spring wheat yield depends in the conditions of applying biologization and energy-saving technologies in the process of cultivation.

ветственно 0,50 и 0,58), усиливая дефицит доступного для растений культуры подвижного азота из-за значительного распространения многолетних сорняков и иммобилизации азота при микробиологическом разложении органики с труднодоступными питательными веществами.

В звене севооборота с сидеральным паром при органической системе удобрений (с заделкой соломы) отмечен максимальный коэффициент водопотребления в 171–173 мм/т (корреляция с урожайностью –0,83).

Минимализация основной обработки почвы сокращала общее количество (на 20–156 шт./м²) и количество и массу малолетних сорняков (на 21–165 шт. и 2–33 г на м²), но значительно увеличивала количество и массу многолетних сорняков (корреляция с урожайностью соответственно –0,56 и –0,54), особенно корнеотпрысковых: максимальное увеличение – в 2–5 раз по сравнению с другими вариантами опыта – при заделке соломы в звене севооборота с сидеральным паром.

Минимализация основной обработки почвы и заделка соломы уменьшали густоту всходов культуры на 4–25 шт./м², что сокращало массу зерна с одного колоса на 0,06–0,31 гр. и массу 1000 зерен на 1,7–3,1 гр. (корреляция показателей с густотой всходов соответственно 0,61 и 0,39).

Методом анализа корреляционных связей первого, второго и третьего порядка (разработан и предложен для модельной реконструкции внутрипочвенных процессов и межвидовой конкуренции в агрофитоценозе) установлена конечная зависимость урожайности яровой пшеницы при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения от количества подвижного азота в почве и его доступности растениям культуры, количества и массы многолетних сорняков, состава и количества растительных остатков в слое почвы 0–40 см (табл. 3).

Комплекс основных элементов биологической технологии возделывания – занятый и сидеральный пар в звене севооборота, органическая система удобрений с заделкой соломы и без применения пестицидов и безотвальная основная обработка почвы на глубину 6–8, 10–12 или 20–22 см – в различных сочетаниях обеспечивал урожайность яровой пшеницы в среднем на 0,25 т/га выше уровня урожайности по Самарской области за 1986–2015 гг. при повышении рентабельности в среднем в 5,55 раза.

Для повышения урожайности яровой пшеницы в комплекс основных элементов биологизации и энергосбережения необходимо включать компенсационный интенсивный агроприем – минеральные удобрения (повышение по сравнению со среднеголетней урожайностью в среднем на 0,76 т/га); или

при органической системе удобрений – чистый пар в звене севооборота (на 0,50 т/га) или безотвальная основная обработка почвы на 20–22 см (на 0,41 т/га).

Следовательно, внедрение комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения в технологии возделывания яровой пшеницы должно сопровождаться компенсационными агроприемами, позволяющими нивелировать отрицательные экосистемные изменения и соответственно повысить урожайность культуры. Такими компенсационными агроприемами, например, являются: чистый пар в звене севооборота, минеральные удобрения (особенно азотные) и более глубокая безотвальная основная обработка почвы (например, рыхление на 20–22 см).

Но каждый из вышеперечисленных компенсационных агроприемов является элементом техногенной интенсификации, то есть увеличивает затраты невозобновляемой энергии и способствует экологической разбалансировке агроэкосистем. Кроме того, в современных рыночных условиях невыгодно, например, выводить из оборота под чистый пар значительные посевные площади или закупать дорогие минеральные удобрения ввиду возможной засушливости вегетационного периода, что, соответственно, значительно снизит эффективность применения минеральных туков.

Также необходимо учитывать нарастание аридности вегетационного периода и глобальных климатических изменений, дестабилизирующих средне-многолетние климатические нормы. Поэтому необходимо повышать устойчивость и стабильность агроэкосистем, что достигается экологической оптимизацией агрофитоценозов и связанных с ними природных фитоценозов. Экологическая оптимизация достигается в том числе за счет внедрения биологизации и энергосбережения в технологии возделывания культур.

Таким образом, внедрение комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения должно сопровождаться компенсационными природоподобными агроприемами, позволяющими нивелировать отрицательные экосистемные изменения, и, соответственно, повысить устойчивость, стабильность и продуктивность агроэкосистем.

Природоподобные компенсационные агроприемы (на основе обзора научной литературы): 1) насыщение севооборота бобовыми и зернобобовыми культурами до 25–30 % площади севооборота; 2) занятые и сидеральные пары; 3) максимальное удлинение продукционного процесса (в том числе за счет промежуточных поукосных, пожнивных и подсевных посевов); 4) совместные и смешанные посевы на сидераты, корма и продовольственное зерно; 5) новые сорта и культуры, высокоадаптивные к глобальным климатическим изменениям и межвидовой конку-

ренции (например, яровое тритикале, озимый ячмень, многолетняя пшеница, а также высоко- засухо- и жароустойчивые нут и чечевица); 6) миксовые композитные биопрепараты и микробиологические препараты и комплексные микроудобрения; 7) новые органические удобрения (например, гранулированный куриный помет); 8) посевные комплексы (за один проход 5–7 и более операций: предпосевная обработка почвы, высеv семян, внесение удобрений и других препаратов, выравнивание и прикатывание) [17–23].

Особенно перспективными являются исследования по совместным и смешанным посевам с бобовым компонентом на продовольственное зерно.

Поликультура позволяет нивелировать отрицательные экосистемные изменения при биологизации и энергосбережении: 1) увеличивается совокупная продуктивность агрофитоценоза за счет максимального использования природных возобновляемых ресурсов; 2) обрабатываемый слой обогащается азотом за счет симбиотической азотфиксации бобового компонента агрофитоценоза; 3) оздоравливается почвенная микробиота, за счет чего активизируются микробиологические процессы в слое почвы 0–30 см; 4) подавляются и вытесняются из своих экологических ниш агрофитоценоза сорняки, особенно многолетние, которые потребляют азота и воды почвы на единицу биомассы значительно больше, чем растения культур; 5) происходит агроэкологическая оптимизация природных компонентов агроэкосистем за счет имитации естественных процессов природных экосистем [24–27].

Выводы. Рекомендации.

1. Отрицательные экосистемные изменения в агробиогеоценозах яровой пшеницы при внедрении комплекса основных элементов биологизации и энергосбережения вызваны превышением порога поступления в обрабатываемый и корнеобитаемый слой количества однородного органического вещества зерновых культур с $C:N > 20-30:1$.

Порог содержания однородного органического вещества зерновых культур, при превышении которого наблюдаются максимальные экосистемные изменения, в том числе отрицательные, в агробиогеоценозе яровой пшеницы установлен в 9,0–9,5 т/га в слое почвы 0–40 см весной на вариантах с органической системой удобрений (с заделкой соломы) в звене севооборота с сидеральным паром.

2. Комплекс основных элементов биологической технологии возделывания – занятый и сидеральный пар в звене севооборота, органическая система удобрений с заделкой соломы и без применения пестицидов и безотвальная основная обработка почвы на глубину 6–8, 10–12 или 20–22 см – в различных сочетаниях – обеспечивал урожайность яровой пшеницы в среднем на 0,25 т/га выше уровня урожайности по Самарской области за 1986–2015 гг. (1,19 т/га) при повышении рентабельности в среднем в 5,55 раза.

Для повышения урожайности яровой пшеницы в комплекс основных элементов биологизации и энергосбережения необходимо включать компенсационный интенсивный агроприем – минеральные удобрения (повышение по сравнению со среднеголетней урожайностью в среднем на 0,76 т/га); или при органической системе удобрений – чистый пар в звене севооборота (на 0,50 т/га) или безотвальная основная обработка почвы на 20–22 см (на 0,41 т/га).

3. В перспективе от биологизации за счет отдельных агроприемов или их комплексов необходимо перейти к биологизации путем моделирования состава, вертикальной и горизонтальной структуры многокомпонентных агрофитоценозов (поликультура на сидераты, корма и продовольственное зерно) на основе естественных процессов природных фитоценозов с целью максимального использования природных возобновляемых ресурсов и получения экологически безопасной продукции.

Литература

1. Лыков А. М., Костычев П. А. Современная агроэкологическая оценка органического вещества почвы // Творческое наследие П. А. Костычева и его развитие в современной земледелии : сб. науч. тр. Рязань, 1996. С. 13–16.
2. Куликова А. Х. Экологические аспекты основной обработки почвы в условиях лесостепи Поволжья // Дифференциация систем земледелия и плодородие чернозема лесостепи Поволжья : сб. науч. тр. Ульяновск, 1996. С. 33–36.
3. Корчагин В. А., Чуданов И. А. и др. Использование соломы и сидератов на удобрение в биологизированных системах земледелия : практическое руководство. Самара, 2002. 27 с.
4. Марьина-Чермных О. Г. Экологическое понятие агросферы: диалектика развития агроэкосистем : монография. Йошкар-Ола, 2006. 104 с.
5. Косолапова А. И. Агроэкологические аспекты устойчивости агроэкосистемы в Предуралье : автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Пермь, 2007. 42 с.
6. Каргин В. И., Каргин И. Ф., Перов Н. А. Основные вопросы земледелия и проектирование агротехнологий в лесостепи Среднего Поволжья : монография. Саранск, 2009. 312 с.
7. Платунов А. А., Шулятьева О. А. Особенности ресурсосберегающего земледелия на легких почвах нечерноземной зоны. Киров, 2010. 256 с.

8. Хадеев Т. Г. Агроэкологическое обоснование приемов регулирования продуктивности и фитосанитарного состояния посевов пшеницы в лесостепи Поволжья : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. Кинель, 2011. 40 с.
9. Каргин И. Ф., Немцев С. Н., Каргин В. И., Перов Н. А., Боровой М. В. Засуха и борьба с ней: ретроспектива и современность : монография. Саранск, 2011. 712 с.
10. Щербаков А. П., Володин В. М. Новые подходы к развитию фундаментальных исследований в земледелии // Земледелие. 1989. № 9. С. 33–39.
11. Щербаков А. П., Володин В. М. Основные положения теории экологического земледелия // Вестник сельскохозяйственной науки. 1991. № 1. С. 42–49.
12. Володин В. М. Агроэкологические принципы разработки систем земледелия // Земледелие. 1988. № 10. С. 29–32.
13. Володин В. М. Биоэнергетика плодородия почвы // Земледелие. 1988. № 2. С. 21–23.
14. Дмитренко В. Л. Эколого-экономическая оценка почвозащитного комплекса // Земледелие. 1990. № 11. С. 63–64.
15. Кирдин В. Ф., Саранин Е. К. Биологизация земледелия России // Земледелие. 1996. № 6. С. 2–3.
16. Коринец В. В. Системно-энергетический подход к изучению агроценозов и оценке производства продукции растениеводства : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб., 1992. 38 с.
17. Саранин Е. К. Биологизация земледелия. Теория и практика. М. : Икар, 1996. 130 с.
18. Кирюшин В. И. Экологические основы земледелия. М. : Колос, 1996. 367 с.
19. Дзыбов Д. С. Научно-практические основы биологического метода исключения залежной растительности из сукцессионного процесса // Земледелие. 2016. № 2. С. 13–18.
20. Козлова Л. М. Эффективность полевых севооборотов при различных уровнях интенсификации земледелия в Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 2. С. 30–33.
21. Стимиксы в растениеводстве. URL : <http://www.stimix.ru>.
22. Широкозахватные посевные комплексы «AGRATOR» URL : <http://www.pk-agromaster.ru/agromaster-dk>.
23. Гранулированные удобрения из куриного помета. URL : http://www.ecology-energy.ru/production/fertilizers/dung_pellets.
24. Холзаков В. М., Семенова Е. Л., Калинина О. Л. Формирование урожайности ячменя и озимой ржи при их совместном посеве весной в зависимости от нормы высева // Земледелие. 2014. № 2. С. 27–30.
25. Шабалина Е. В. Продуктивность одновидовых и смешанных травостоев в звене кормового севооборота и их влияние на агрофизические свойства почвы в Кировской области : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пермь, 2012. 18 с.
26. Каплин В. Г. Структурно-функциональная организация и динамика растительных сообществ (на примере Восточных Каракумов) : монография. Самара, 2010. 220 с.
27. Дзюин Г. П., Дзюин А. Г. Биологизация земледелия в Северо-Восточной зоне Нечерноземья : монография. Ижевск, 2014. 202 с.

References

1. Lykov A. M., Kostychev P. A. Modern agroecological assessment of organic substance of the soil // Creative heritage of P. A. Kostychev and his development in modern agriculture : coll. of scient. art. Ryazan, 1996. P. 13–16.
2. Kulikova A. N. Ecological aspects of the main handling of the soil in the conditions of the forest-steppe of the Volga region // Differentiation of systems of agriculture and fertility of the chernozem of the forest-steppe of the Volga region : coll. of scient. art. Ulyanovsk, 1996. P. 33–36.
3. Korchagin V. A., Chudanov I. A. et al. Use of straw and green fallow on fertilizer in the biologized systems of agriculture : practical guidance. Samara, 2002. 27 p.
4. Maryina-Chermnykh O. G. Ecological concept of the agrosphere: dialectics of development of agroecosystems : monograph. Yoshkar-Ola, 2006. 104 p.
5. Kosolapova A. I. Agroecological aspects of stability of an agroecosystem in the Cis-Urals : abstract of dis. ... dr. of agr. sciences. Perm, 2007. 42 p.
6. Kargin V. I., Kargin I. F., Perov N. A. The main questions of agriculture and designing of agrotechnologies in the forest-steppe of Central Volga area : monograph. Saransk, 2009. 312 p.
7. Platunov A. A., Shulyatyeva O. A. Features of resource-saving agriculture on easy soils of a non-black soil zone. Kirov, 2010. 256 p.
8. Hadeev T. G. Agroecological reasons for acceptances of regulation of productivity and a phytosanitary condition of crops of wheat in the forest-steppe of the Volga region : abstract of dis. ... dr. of agr. sciences. Kinel, 2011. 40 p.
9. Kargin I. F., Nemtsev S. N., Kargin V. I., Perov N. A., Borovoy M. V. Draught and fight against it: retrospective and present : monograph. Saransk, 2011. 712 p.
10. Scherbakov A. P., Volodin V. M. New approaches to development of basic researches in agriculture // Agriculture. 1989. № 9. P. 33–39.
11. Scherbakov A. P., Volodin V. M. Basic provisions of the theory of ecological agriculture // Messenger of agricultural science. 1991. № 1. P. 42–49.

12. Volodin V. M. Agroecological principles of development of systems of agriculture // Agriculture. 1988. № 10. P. 29–32.
13. Volodin V. M. Bio-energetics of fertility of the soil // Agriculture. 1988. № 2. P. 21–23.
14. Dmitrenko V. L. Ecological and economic evaluation of a soil-protective complex // Agriculture. 1990. № 11. P. 63–64.
15. Kirdin V. F., Saranin E. K. Biologization of agriculture in Russia // Agriculture. 1996. № 6. P. 2–3.
16. Korinets V. V. System and energy approach to studying of agrocenosis and assessment of production of crop production : abstract of dis. ... dr. of agr. sciences. SPb., 1992. 38 p.
17. Saranin E. K. Biologization of agriculture. Theory and practice. M. : Icarus, 1996. 130 p.
18. Kiryushin V. I. Ecological bases of agriculture. M. : Kolos, 1996. 367 p.
19. Dzybov D. S. Scientific and practical bases of a biological method of an exception of fallow vegetation of succession process // Agriculture. 2016. № 2. P. 13–18.
20. Kozlova L. M. Efficiency of field crop rotations in case of various levels of an intensification of agriculture in the Kirov region // Agrarian science of Euro – the North East. 2014. № 2. P. 30–33.
21. Stimix in crop production. URL : <http://www.stimix.ru>.
22. Wide-coverage sowing complexes “AGRATOR” URL : <http://www.pk-agromaster.ru/agromaster-dk>.
23. Granulated fertilizers from chicken dung. URL : http://www.ecology-energy.ru/production/fertilizers/dung_pellets.
24. Holzakov V. M., Semenova E. L., Kalinina O. L. Forming of productivity of barley and winter rye in case of their joint crops in the spring depending on seeding regulation // Agriculture. 2014. № 2. P. 27–30.
25. Shabalin E. V. Productivity of the one-specific and mixed herbages in a link of fodder crop rotation and their influence on agrophysical properties of the soil in the Kirov region : abstract of dis. ... cand. of agr. sciences. Perm, 2012. 18 p.
26. Kaplin V. G. The structurally functional organization and dynamics of vegetable communities (on the example of East Kara Kum) : monograph. Samara, 2010. 220 p.
27. Dzyuin G. P., Dzyuin A. G. Biologization of agriculture in the Northeast zone of non-black soil region : monograph. Izhevsk, 2014. 202 p.