

БАЛАНС ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОСЕВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

**О.В. Волюнкина, к.с.-х.н., ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский
центр Уральского отделения Российской академии наук»**

641325, с. Садовое, Кетовский р-н, Курганская обл., г. Екатеринбург, ул. Ленина 9, Россия

E-mail: kniish@ketovo.zaural.ru

В центральной зоне Курганской области в зернопропашном севообороте полное минеральное удобрение $N_{75}P_{30}K_{40}$ существенно повышало урожайность и вынос азота, фосфора и калия культурами севооборота – кукурузой, пшеницей и ячменём. Подсчитан баланс элементов питания на контроле – без удобрения и на его фоне. В сумме по севообороту на контроле по всем трём элементам баланс отрицательный (-125,6; -41,3 и -57,9 кг/га). На фоне удобрения при оставлении соломы на поле – положительный: N, P_2O_5 и K_2O 26,4; 31,7 и 38,0 кг/га. Содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см за счёт удобрения повышалось в 1,5-1,7 раза, а подвижного фосфора увеличивалось по сравнению с исходной величиной 30-40 мг/кг до 55-88 мг/кг. Качество продукции на фоне удобрения улучшалось. Подсчитан баланс элементов питания в опыте с посевом пшеницы по очень жёсткому агрофону – при бессменном возделывании по стерне, который распространился в последние годы в Курганской области.

Ключевые слова: зернопропашной севооборот, бессменная пшеница, урожайность, вынос N, P_2O_5 , K_2O , баланс элементов питания, свойства почвы, качество продукции.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.115.04

Применение удобрений – один из самых действенных агроприёмов, усиливающих влияние природного ресурса плодородия почвы и повышающих продуктивность пашни [3, 4, 6, 8]. На выщелоченном чернозёме Центрального опытного поля Курганского НИИСХ в опыте с зернопропашным севооборотом: кукуруза – пшеница – ячмень исследовано влияние полного минерального удобрения $N_{75}P_{30}K_{40}$ на урожайность культур севооборота, химический состав растений и свойства почвы. Во многих зонах России выявлены закономерности влияния удобрений на эти показатели [1, 5, 7], но только данные, полученные в местных условиях, могут служить основой для принятия решений по применению минеральных удобрений в конкретной зоне страны.

Методика. Опыт с зернопропашным севооборотом заложен на выщелоченном чернозёме малогумусном маломощном среднесуглинистом. Агрохимическая характеристика почвы в слое 0-30 см: содержание гумуса 4,34%, сумма кальция и магния 22 и 23 мэкв/100 г, pH солевое 5,9-6,2, подвижные P_2O_5 и K_2O , соответственно, 38 и 196 мг/кг. Общая площадь делянки 150 м² (6 х 25), учётная 50 м² (2 х 25). Повторность вариантов трёхкратная. Посев зерновых культур осуществляли дисковой сеялкой СЗ-3,6, кукурузы – сажалкой СКНК-6. Учёт урожая зерновых проводили напрямую комбайном «Сампо-500» с отбором образца для определения влажности и чистоты бункерной массы. На посеве кукурузы растения скашивали и взвешивали с площадки 35 м² (1,4 х 25). Затем отбирали пробу для определения содержания в кукурузе сухого вещества и N, P_2O_5 и K_2O . Сорта: пшеница Шадринская и Вера, ячмень Донецкий 8, гибриды кукурузы – Югославский ВС 191, ВИР 42, Жеребковский, Коллективная 101.

На рядом расположенном участке с той же почвенной разностью с 2000 г. по настоящее время ведут эксперимент с бессменной пшеницей по стерне. До бессменной пшеницы по стерне в опыте в течение 7 ротаций был зернопропашной севооборот: кукуруза – пшеница – пшеница – овёс при ежегодной вспашке. Выще-

лоченный чернозём имел следующие характеристики в слое 0-20 см: содержание гумуса 4,5%, pH_{сол.} 6,2 при закладке и 5,1-5,3 в 2016 г., подвижные P_2O_5 и K_2O , соответственно, 40 и 250 мг/кг. Общая площадь делянки 270 м² (6 х 45), учётная 90 м² (2 х 45). Повторность вариантов трёхкратная. В обоих опытах солому оставляли на поле. Баланс элементов питания во втором опыте подсчитали за 6 лет, когда был проведён химический анализ растений пшеницы. Сорта селекции Курганского НИИСХ – Терция и Зауралочка. Посев осуществляли стерневой сеялкой СКП-2,1 с сошником культиваторного типа.

Цель исследований – оценить баланс трёх элементов питания в разных условиях выращивания сельскохозяйственных культур.

Результаты и их обсуждение. Исследования проводятся в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования по направлению 142 Программы ФНИ государственных академий наук по теме № 0773-2019-0027 «Усовершенствовать систему адаптивно-ландшафтного земледелия для Уральского региона и создать агротехнологии нового поколения на основе минимизации обработки почвы, диверсификации севооборотов, интегрированной защиты растений, биологизации, сохранения и повышения почвенного плодородия и разработать информационно-аналитический комплекс компьютерных программ и баз данных, обеспечивающий инновационное управление системой земледелия».

Опыт в севообороте кукуруза – пшеница – ячмень. Ежегодное применение удобрения $N_{75}P_{30}K_{40}$ в зернопропашном севообороте повышало сбор зелёной массы кукурузы в среднем за 11 лет опыта (1982-1992) с 245 ц/га на контроле до 330 ц/га на удобряемом фоне. Урожай сухого вещества составил, соответственно, 54,8 и 74,5 ц/га (табл. 1).

1. Влияние удобрения на содержание азота, фосфора и калия в растениях в фазе полной спелости (в среднем за 1982-1992 гг.)

Культура	Вариант	Урожайность, ц/га	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			%		
Кукуруза, сухое вещество	Без удобрений	54,8	1,12	0,31	0,90
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	74,5	1,35	0,34	0,95
<i>Зерно</i>					
Пшеница, зерно	Без удобрений	14,1	2,46	0,89	0,29
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	19,1	2,77	0,89	0,28
Ячмень, зерно	Без удобрений	14,0	2,11	0,84	0,32
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	18,4	2,45	0,87	0,32
<i>Солома</i>					
Пшеница, солома	Без удобрений	20,6	0,71	0,24	0,62
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	25,5	0,95	0,32	0,66
Ячмень, солома	Без удобрений	13,1	0,87	0,26	0,85
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	19,9	1,08	0,29	0,97

Примечание. НСР₀₅, ц/га для урожая кукурузы – 10-11 с. в., для зерна пшеницы – 1,7-2,3 и ячменя 1,9-2,1.

В условиях центральной зоны Курганской области с частым повторением засушливых лет отмечены большие колебания в урожайности кукурузы. Так, при засухе сбор сухого вещества уменьшался до 36 ц/га на контроле и до 39-55 ц/га на удобренном фоне. Во влажные годы получено, соответственно, 50-74 и 93-111 ц/га. Изменчивость наблюдалась и в накоплении питательных веществ в растениях. Концентрация элементов питания несколько выше в сухие годы. Колебания по годам в содержании азота в кукурузе при уборке: 0,91-1,36% на контроле и 1,16-1,68% на удобряемых делянках. Содержание P₂O₅ и K₂O в растениях кукурузы при уборке повышалось на фоне удобрений.

В урожайности неудобренной пшеницы по годам происходили подобные изменения. Если в резкосушливом 1989 г. на контроле её урожайность снизилась до 6,0 ц/га зерна, то в благоприятном 1990 г. получено 29,7 ц/га, при внесении удобрения, соответственно, 5,6 и 32,8 ц/га, в среднем 14,1 и 19,1 ц/га. Значительно менялось и накопление азота в зерне и соломе пшеницы. Отток азота из соломы в зерно на удобренном фоне в некоторые годы был неполным: в ней оставалось 0,90-1,15% азота, что связано с повышенной для пшеницы дозой азота. Имело значение и распределение суммы осадков за вегетацию по фазам роста, которое определяло величину формирующегося урожая пшеницы. Так, в сухом 1989 г. при очень низкой урожайности азота в зерне содержалось много. На контроле и на фоне удобрения эти величины составили, соответственно, 3,26 и 3,22%. В засушливом 1984 г. при урожайности 15,1 и 18,3 ц/га – 1,82 и 2,59%.

Ячмень ещё сильнее реагировал на условия увлажнения вегетационного периода. Перепады урожайности в двух вариантах – от 1,9 и 2,3 ц/га в 1989 г. до 33,5 и 42,1 ц/га в 1990 г. Здесь в 1991 и 1988 гг. при засушливых периодах в августе тоже наблюдался неполный отток азота в зерно с повышением его содержания в соломе – до 1,30-1,44%.

Вынос азота и калия наиболее высоким был у кукурузы, особенно во влажные годы (табл. 2).

Вынос азота и калия пшеницей в среднем за 11 лет на контроле и на удобренном фоне был чуть выше, чем у ячменя.

Фосфора кукуруза потребляет примерно столько же, как и зерновые культуры. Поскольку солома оставалась на поле, при составлении баланса учитывали только вынос урожая зерна, а он ниже, чем общий вынос в 1,2 раза по азоту и фосфору и в 3,5 раза по калию.

2. Влияние удобрения на вынос азота, фосфора и калия культурами севооборота кукуруза-пшеница-ячмень

Культура	Удобрение	Вынос, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кукуруза	Без удобрений	61,4	17,0	49,3
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	100,6	25,3	70,8
Пшеница, зерно*	Без удобрений	34,7	12,5	4,1
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	52,9	17,0	5,3
Ячмень, зерно	Без удобрений	29,5	11,8	4,5
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	45,1	16,0	5,9

*Солома оставалась на поле.

В целом по севообороту кукуруза-пшеница-ячмень на контроле был отрицательный баланс. При систематическом применении в севообороте удобрения N₇₅P₃₀K₄₀ баланс стал положительным по всем трём элементам питания (табл. 3).

3. Баланс N, P₂O₅, K₂O в севообороте

Культура севооборота	Удобрение	Баланс, кг/га (±)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Кукуруза	Без удобрений	-61,4	-17,0	-49,3
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	-25,6	+4,7	-30,8
Пшеница, зерно	Без удобрений	-34,7	-12,5	-4,1
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	+22,1	+13,0	+34,7
Ячмень, зерно	Без удобрений	-29,5	-11,8	-4,5
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	+29,9	+14,0	+34,1
В сумме по севообороту	Без удобрений	-125,6	-41,3	-57,9
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	+26,4	+31,7	+38,0
За год по севообороту	Без удобрений	-41,9	-13,8	-19,3
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	+8,8	+10,6	+12,7

На удобряемых делянках содержание нитратного азота в слое почвы 0-40 см по отношению к контролю повышалось в 1,5-1,7 раза, а подвижного фосфора увеличивалось с исходной величины 30-40 мг/кг до 55-88 мг/кг. Качество продукции на фоне удобрения улучшалось (табл.4).

4. Качество продукции в зернопропашном севообороте (в среднем за 1982-1992 гг.)

Вариант опыта	Протеин, %			Клейковина в зерне пшеницы, %	Повторяемость 3-го класса, % лет
	кукуруза	зерно пшеница	зерно ячменя		
Без удобрения	7,0	14,0	12,0	28,6	73
N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	8,5	15,8	14,0	35,4	100

Опыт с бессменной пшеницей по стерне состоял из двух этапов. Первый – прохождение 7 ротаций севооборота кукуруза – пшеница – пшеница – овёс с ежегодной вспашкой, второй – бессменная пшеница по стерне. Такой агрофон распространен в земледельческой практике Курганской области, его необходимо было исследовать. Кратко охарактеризуем результаты первого этапа. Колебания урожайности в годы севооборота у неудобренной пшеницы были следующими: от 11,7 ц/га в сухом 1984 г. до 27,1 ц/га в благоприятном 1980 г. и на фоне N₄₀P₄₀ – от 15,2 до 40,4 ц/га. На бессменной пшенице эти показатели ниже, урожайность варьировала от 4,8 до 18,3 ц/га на контроле и от 6,9 до 30,6 ц/га на фоне N₄₀P₂₀. Урожайность бессменной пшеницы снизилась по сравнению с выращиванием пшеницы в севообороте. При средней урожайности в севообороте неудобренной пшеницы 15,8 ц/га она понизилась до 9,9 ц/га на бессменном посеве и с 21,5 до 15,5 ц/га на удобренном фоне. Отзывчивость бессменной пшеницы на удобрение в дозах N₄₀P₂₀ и N₆₀P₂₀ была

аналогична той, которая установлена в севообороте. Она выразилась в средних за 20 лет (2000-2019) прибавках к контролю 5,5 и 6,0 ц/га, но достигаемые за счёт удобрения урожаи были значительно выше в годы севооборота.

Анализ растений пшеницы выполняли в течение 5 лет в 2008-2013 гг. (без 2010 г.), затем эти наблюдения возобновили в 2019 г., что дало возможность подсчитать баланс питательных веществ. Среднее содержание азота в зерне за 5 лет на контроле и на фоне $N_{60}P_{20}$ колебалось по годам от 1,87-2,51% и до 2,45-2,60%. Содержание азота в соломе почти все годы, за исключением 2009 г. (0,7%), было повышенным – 0,91-1,29% на контроле и 0,94-1,52% на фоне $N_{60}P_{20}$. Это свидетельствует о неполноценности оттока азота из листьев и соломы в зерно. Среднее содержание фосфора и калия в зерне и соломе пшеницы, вынос и баланс этих элементов питания показаны в таблице 5.

5. Содержание N, P_2O_5 , K_2O в пшенице, общий вынос и баланс этих элементов (в среднем за 2008-2013 гг.)

Показатель	Урожайность, ц/га	N_0P_0			$N_{60}P_{20}$		
	$N_0P_0/N_{60}P_{20}$	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
		Содержание, %					
В зерне	9,9 / 15,2	2,21	0,37	0,39	2,49	0,38	0,40
В соломе	16,9 / 24,6*	0,97	0,14	0,91	1,06	0,17	1,05
		Вынос, кг/га					
Зерно	-	21,9	3,6	3,9	37,8	5,8	6,1
Солома	-	16,4	2,4	15,4	26,1	4,2	25,8
Всего	-	38,3	6,0	19,3	63,9	10,0	31,9
		Баланс, кг/га					
	-	-21,9	-3,6	-3,9	+22,2	+14,2	-6,1

* $HCPO_5$, ц/га 1,7-2,3.

Отрицательному балансу на контроле по всем трём элементам питания противостоит величина баланса на удобренном фоне, где по азоту при дозе азота N_{60} он становится положительным, как и по фосфору. Отрицательный баланс по калию незначителен.

Анализ растений в 2019 г. приведен в таблице 6, так как в этом году для определения содержания N, P_2O_5 , K_2O в пшенице было взято три варианта, сильно различающихся по своему действию: N_0P_0 , N_{40} , $N_{40}P_{20}$. Дозу N_{40} рекомендуют для повторных посевов яровой пшеницы в центральной зоне Курганской области, но она оказывает разное действие в условиях наличия в почве подвижного фосфора, 40 мг/кг (низкая обеспеченность) и 75-80 мг/кг (повышенная).

При сравнении применения одного азота на фоне содержания 40 мг/кг P_2O_5 и азота с добавлением P_{20} в среднем за 20 лет (2000-2019) урожайность составляла: на контроле 9,9 ц/га, N_{40} – 12,5 и $N_{40}P_{20}$ – 15,4 ц/га. В засушливом 2019 г. она была ниже.

Применение азота с фосфором уменьшало потери нитратов в результате вымывания в нижние слои почвы по сравнению с внесением одного азота. Азот в сочетании с фосфором активнее используется растениями на формирование урожая и качества зерна пшеницы, а потери за счет вымывания нитратов ниже. Об этом свидетельствуют результаты анализов при отборе проб почвы на глубину 3 м в 2015 г. В вариантах N_0P_0 , N_{40} и $N_{40}P_{20}$ ниже 60 см нитраты опустились в следующем количестве: 59, 132 и 84 кг/га [2].

Насколько эффективнее использовалась пшеницей одна и та же доза азота на фонах без P_{20} и с его добавлением, показано в таблице 6. Сбор зерна в варианте

$N_{40}P_{20}$ выше, чем на контроле на 5,5 ц/га и больше, чем при внесении одного азота на 4,2 ц/га. Отток азота из соломы в зерно при внесении $N_{40}P_{20}$ был намного сильнее. При внесении одного азота в дозе N_{40} в соломе оталось азота больше, чем на фоне $N_{40}P_{20}$.

6. Содержание N, P_2O_5 , K_2O в пшенице, общий вынос и баланс этих элементов (2019 г.)

Вариант опыта	Урожай, ц/га	Содержание, %			Вынос, кг/га		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Зерно							
N ₀ P ₀	8,0	1,90	0,30	0,37	15,2	2,4	3,0
N ₄₀	9,3	2,33	0,36	0,34	21,7	3,3	3,2
N ₄₀ P ₂₀	13,5	2,53	0,40	0,36	34,2	5,4	4,9
Солома							
N ₀ P ₀	13,9	0,66	0,17	0,81	9,2	2,4	11,3
N ₄₀	19,0	1,72	0,15	1,00	32,7	2,8	19,0
N ₄₀ P ₂₀	24,3	0,82	0,14	1,49	19,9	3,4	36,2
Вынос зерном, кг/га				Баланс, кг/га			
N ₀ P ₀		15,2	2,4	3,0	-15,2	-2,4	-3,0
N ₄₀		21,7	3,3	3,2	+18,3	+16,7	-3,2
N ₄₀ P ₂₀		34,2	5,4	4,9	+5,8	+14,6	-4,9

На удобряемых делянках при оставлении соломы на поле в 2019 г. сложился положительный баланс азота и фосфора. Без применения калийных удобрений баланс калия слегка отрицательный (-3...-5 кг/га), что не вызывает опасения при содержании K_2O в почве на опытном участке 250 мг/кг. Удобрение $N_{40}P_{20}$ улучшало и качество пшеницы, повышая содержание протеина и клейковины в зерне (табл. 7).

7. Качество зерна пшеницы без удобрений и на их фоне

Вариант опыта	Годы						Среднее	Частота 3-го класса, % лет
	2008	2009	2011	2012	2013	2019		
Протеин в зерне, %								
N ₀ P ₀	14,3	10,6	10,7	13,5	13,7	10,8	12,3	33
N ₄₀₋₆₀ P ₂₀	14,0	13,7	14,4	14,8	14,1	14,4	14,2	100
Клейковина в зерне, %								
N ₀ P ₀	16,4	19,6	20,0	33,3	26,8	25,9	23,7	50
N ₄₀₋₆₀ P ₂₀	20,6	25,2	27,3	37,2	31,2	28,0	28,2	83

Обобщить данные исследований можно по подсчёту окупаемости удобрения прибавкой урожая. В таблице 8 это сделано для посевов пшеницы, выращиваемой в разных условиях.

8. Окупаемость удобрений на посевах пшеницы в трёх опытах

Годы опыта	Вариант	Урожай-ность	При-бавка	Окупае-мость азота на разных фонах, кг/кг	Сумма д. в., кг/га	Окупае-мость удобрения, кг/кг
		ц/га				
1982-1992, севообо-рот, вспашка	Без удоб-рения	14,1	-	-	0	-
	N ₇₅ P ₃₀ K ₄₀	19,1	5,0	6,7	145	3,4
1971-1998, севообо-рот, вспашка	Без удоб-рения	15,8	-	-	0	-
	N ₄₀ P ₄₀	21,5	5,7	14,2	80	7,1
2000-2019, бессменная пшеница по стерне	Без удоб-рения	9,9	-	-	0	-
	N ₄₀ P ₂₀	15,5	5,6	14,0	60	9,3

Для рекомендаций по применению удобрений используют результаты общей программы исследований по агрохимии. При закладке ранних опытов не могла быть учтена информация, появившаяся в параллельных экспериментах или позднее. Так, опыты по дозам фосфора пока-

зали, что на выщелоченном чернозёме Центрального опытного поля достаточно вносить P_{15-20} в рядки при посеве с.-х. культур. По калийным удобрениям в опытах, где их действие вычлняется, выявилось слабое их влияние на урожайность, так как содержание K_2O в почве 200-280 мг/кг. Поэтому, по данным таблицы 8, лучший результат по окупаемости получен в опыте, заложенном позднее, когда была накоплена новая информация.

Заключение. Без применения удобрений почва ежегодно истощается по основным элементам питания за счёт выноса их культурами севооборота. Это приводит к уменьшению сборов сельскохозяйственной продукции на неудобряемых полях. Определение химического состав растений в севообороте кукуруза – пшеница – ячмень показало размеры отрицательного баланса на контрольных делянках. В сумме по севообороту при оставлении соломы на поле он достиг по N , P_2O_5 и K_2O на контроле, соответственно, -125,6; -41,3 и -57,9 кг/га, или -41,9; -13,8 и -19,3 кг/га за год. При ежегодном внесении удобрения $N_{75}P_{30}K_{40}$ баланс становился положительным по всем трём элементам питания (+26,4; +31,7 и +38,0 кг/га). Знание баланса питательных веществ – одна из основ подбора агротехнически и экономически обоснованных доз удобрений. Как показали результаты опытов, доза азота N_{75} уместна только на посеве кукурузы. На удобряемых фонах повышалось содержание в почве подвижных питательных веществ, улучшалось качество сельскохозяйственной продукции.

На основании данных опыта с бессменной пшеницей по стерне можно заключить, что на её посеве в центральной зоне Курганской области достаточно вносить $N_{40}P_{20}$. Удобрение обеспечивало повышение урожайности пшеницы на 5,5-5,6 ц/га зерна к контролю, приводя к положительному балансу по азоту и фосфору, тогда как на фонах без удобрения баланс отрицательный (-15,2 и -2,4 кг/га). Отрицательный баланс по калию не вызывает опасений при высоком содержании подвижного калия в почве – 200-280 мг/кг, по севообороту он незначительный (-3, -6 кг/га). Окупаемость удобрения $N_{40}P_{20}$ составила 9,3 кг/кг.

Содержание протеина и клейковины в зерне бессменной пшеницы по стерне существенно повышалось

за счёт применения удобрений в дозах $N_{40-60}P_{20}$. Улучшение этих показателей означало увеличение повторяемости по годам соответствия качества зерна требованиям, предъявляемым к 3-му классу. За 6-летний период исследования частота 3-го класса составила 83-100% лет при 33-50% на контроле.

Литература

1. Волков Е.Д. Применение удобрений и баланс элементов питания в земледелии Северного Казахстана / Регулирование плодородия почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. – Пушино, 1981. – С. 127-131.
2. Волюнкина О.В., Копылов А.Н. Миграция питательных веществ удобрений по профилю почвы / Современные проблемы агрохимии в условиях поиска устойчивого функционирования агропромышленного комплекса при техногенных ситуациях / Матер. 50-й Междунар. научной конф. молодых учёных, специалистов-агрохимиков и экологов, посвящ. 75-летию организации Географической сети опытов с удобрениями. 26 апреля 2016 г. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 59-62.
3. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Шмырёва Н.Я. и др. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии // Агрохимия. – 2015. – №5. – С. 83-95.
4. Минеев В.Г. Значение агрохимии в решении экологических проблем современного земледелия / Матер. регионального научно-методического совещ. учёных-агрохимиков Геосети опытов с удобрениями Северного Кавказа. – М., 2007. – С. 3-13.
5. Музыкин Е.Т., Потапова А.И., Кахута В.М. Круговорот питательных веществ в условиях интенсивной химизации на мощных чернозёмах Курской области / Регулирование плодородия почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. – Пушино, 1981. – С. 76-79.
6. Трубинов Ю.Н. Влияние длительного применения удобрений на агрохимические свойства чернозёмов Красноярского края / 75 лет Географической сети опытов с удобрениями 6 октября 2016 г. – М.: ВНИИА, 2016. – С. 279-283.
7. Шафран С.А., Козеичева Е.С. Продуктивность ярового ячменя и окупаемость азотных удобрений в зависимости от содержания элементов питания в основных типах почв России // Агрохимия. – 2016. – №3. – С. 11-22.
8. Щербаков А.П., Никитишена И.А. Плодородие почв Центрально-Чернозёмной зоны и пути его повышения / Регулирование плодородия почв, круговорота и баланса питательных веществ в земледелии СССР. – Пушино, 1981. – С. 80-85.

THE NUTRIENT BALANCES ON SOWING OF AGRICULTURAL CROPS

O.V.Volynkina, leading researcher, rank – senior researcher, kand. S.H. Sciences

FSBNU "Ural Federal Agrarian Research Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences," Yekaterinburg (Russia)

641325 Sadovaya village, Ketovsky r-n, Kurgan region, str. Lenin 9, Russia

E-mail: kniish@ketovo.zaaural.ru

In grain cultivation crop rotation in the central zone of the Kurgan region, complete mineral fertiliser $N_{75}P_{30}K_{40}$ significantly increased the yield and removal of nitrogen, phosphorus and potassium by crops of crop rotation – corn, wheat and barley. Nutrients balance calculation made by crop rotation for options without fertilizer and on its background. In total by crop rotation in control when leaving straw on the field for all three elements the balance is negative (-125.6; -41.3 and -57.9 kg/ha). On the background of fertilizers – positive at the following values of N , P_2O_5 and K_2O 26.4; 31.7 and 38.0 kg/ha. Nitrate nitrogen content in soil layer 0-40 cm relative to control increased 1.5-1.7 times, and movable phosphorus increased from initial value 30-40 mg/kg to 55-88. The quality of the products against the background of fertilizer has improved. The balance of food elements is calculated in another experience with the sowing of wheat on a very hard agroculture background – with permanent cultivation of the stubble, which has spread in recent years in the Kurgan region.

Keywords: grain-cultivation crop rotation, permanent wheat, yield, removal of N , P_2O_5 , K_2O , balance of food elements, soil properties, quality of production.