

УДК 631.8:631.582

## **БАЛАНС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВЕ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ НА ФОНЕ ВНЕСЕНИЯ КРЕМНИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ НА ЧЕРНОЗЕМАХ ЛЕСОСТЕПИ ПОВОЛЖЬЯ**

*Волкова Е.С., аспирант  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, e-mail: volkova-ivinaelena@yandex.ru*

***Ключевые слова:** баланс элементов питания, цеолит и удобрения на его основе, озимая пшеница, урожайность.*

*Показано, что при использовании кремниевых удобрений баланс питательных веществ в пахотном слое чернозема типичного при возделывании озимой пшеницы варьировался в диапазоне: азота – (-16,3) до (+8) кг/га, фосфора (-7,8) до (-5,8) кг/га, калия – (+22,6) до (+25,9) кг/га. Значительное улучшение его наблюдалось при применении цеолита, обогащенного аминокислотами и карбамидом.*

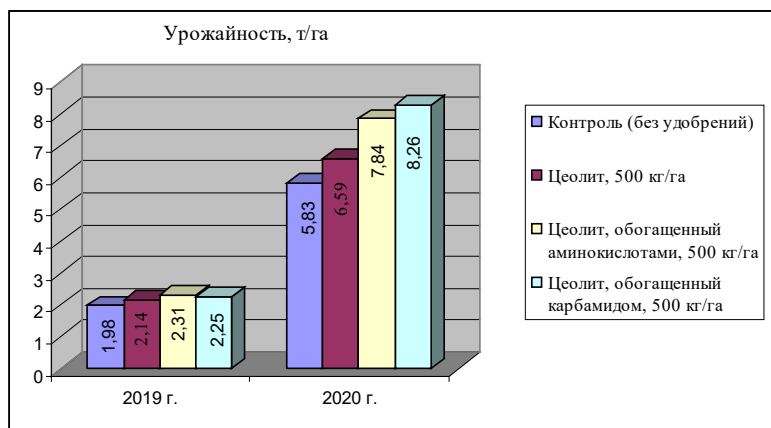
**Введение.** По своим почвенно – климатическим условиям Поволжье является достаточно благоприятным регионом для возделывания озимой пшеницы. Озимая пшеница является одной из самых высокоурожайных зерновых культур как в Ульяновской области, так и Поволжье в целом. В то же время урожайность культуры далека от своего потенциала и в среднем не превышает 3,0 т/га [1]. Лучшие почвы для нее – это те, которые обеспечены всеми питательными веществами и хорошо оструктурены. Одним из наиболее актуальных направлений в этой области является использование кремниевых удобрений, активизирующих жизнедеятельность почвенных микроорганизмов и тем самым способствующих оптимизации питания сельскохозяйственных культур [2]. Последнее определило цель наших исследований – изучить баланс питательных веществ на черноземе типичном Лесостепи Поволжья при использовании кремниевых удобрений.

**Материалы и методы исследований.** Исследования проведены на опытном поле ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ в 2019–2020 гг. Объектами его являлись: почва – чернозем типичный среднемощный среднесуглинистый с содержанием гумуса 4,6 %, обеспеченностью подвижным фосфором 155 мг/кг, калием 176 мг/кг, реакцией почвенного раствора 6,7; озимая пшеница сорта Саратовская 17; цеолит Юшанского месторождения Ульяновской области; цеолит, обогащенный аминокислотами; цеолит, обогащенный карбамидом.

Схема опыта состояла из 4-х вариантов: 1. Контроль (без удобрений); 2. Цеолит в чистом виде 500 кг/га; 3. Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га; 4. Цеолит, обогащенный карбамидом (из расчета 40 кг д.в на га), 500 кг/га. Площадь учетной делянки 20 м<sup>2</sup>, размещение их рендомизированное, повторность 4-х кратная.

Технология возделывания озимой пшеницы основывалась на общепринятых в Ульяновской области агротехнических приемах. Удобрения вносили вручную под культивацию перед посевом озимой пшеницы. Анализы образцов почвы по соответствующим ГОСТам осуществляли в аккредитованной лаборатории «САС «Ульяновская».

**Результаты исследований и их обсуждение.** Результаты исследований по изучению влияния цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом на урожайность озимой пшеницы представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Урожайность озимой пшеницы при внесении цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, т/га**

Использование цеолита, обогащенного карбамидом, обеспечило увеличение урожайности озимой пшеницы на 14 % в 2019 г. и на 42 % в 2020 году соответственно. Таким образом, внесение цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, позволило получить более высокую урожайность в годы исследования.

**Таблица 1 – Поступление азота в почву в зависимости от применения цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом под посевами озимой пшеницы, кг/га**

Вариант	С семенами	С осадками	С удобрениями	Фиксация молекулярного азота	С соломой и сидератом	Всего
Контроль (без удобрений)	5	5	-	6	36,5	52,5
Цеолит, 500 кг/га	5	5	-	6	36,5	52,5
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	5	5	-	6	36,5	52,5
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	5	5	40	6	36,5	92,5

**Таблица 2 – Вынос азота из почвы в зависимости от применения цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом под посевами озимой пшеницы, кг/га**

Вариант	С урожаем	Газообразные потери	Инфильтрация с осадками	Газообразные потери удобрений	Всего
Контроль (без удобрений)	55,8	10	3	-	68,8
Цеолит, 500 кг/га	60,4	10	3	-	73,4
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	65,1	10	3	-	78,1
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	63,5	10	3	8	84,5

Поступление и вынос азота под посевами озимой пшеницы представлены в таблицах 1 и 2 соответственно. Основным источником поступления азота являлись солома и сидерат, а также в варианте с применением цеолита, обогащенного карбамидом, поступление его с удобрениями (40 кг/га).

В расходной части азота существенное значение имеет вынос его с урожаем основной и побочной продукции. Чем выше урожайность основной продукции, тем выше вынос азота. Так, на варианте без применения удобрений вынос азота составил 68,8 кг/га, тогда как на варианте с использованием цеолита, обогащенного карбамидом, произошло увеличение выноса элемента до 84,5 кг /га.

Как следует из данных таблицы 3, положительный азотный баланс наблюдался в варианте с внесением цеолита, обогащенного карбамидом, величина которого составила +8,0 кг/га. Повышенный уровень азотного питания озимой пшеницы, обусловленный действием удобрений, оказал значительное положительное влияние на урожайность культуры, что свидетельствует об активном использовании потребляемого ею азота в процессах обмена веществ и достаточном количестве N для формирования высокой урожайности культуры.

**Таблица 3 – Баланс азота в почве в зависимости от применения цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом под посевами озимой пшеницы, кг/га**

Вариант	Поступление азота	Вынос азота	Баланс, ±
Контроль (без удобрений)	52,5	68,8	-16,3
Цеолит, 500 кг/га	52,5	73,4	-20,9
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	52,5	78,1	-25,6
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	92,5	84,5	+8,0

Дополнительное внесение азота в почву компенсировало его потери, образующиеся при образовании газообразных оксидов и выщелачивании. Следует отметить, что положительный баланс питательных веществ обеспечивает сохранение и воспроизводство плодородия почвы и способствует поддержанию валового содержания азота в пахотном слое в результате повышенного поступления питательных веществ в ризосферу растений [2, 3].

Фосфор, являясь одним из важнейших элементов питания, оказывает многогранное влияние на жизнедеятельность растений. Исследо-

**Таблица 4 – Баланс фосфора в почве в зависимости от применения цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом под посевами озимой пшеницы, кг/га**

Вариант	Поступление фосфора			Вынос фосфора с урожаем	Баланс, ±
	с удобрениями	с соломой и сидератом	всего		
Контроль (без удобрений)	-	15,6	15,6	21,4	-5,8
Цеолит, 500 кг/га	1,5	15,6	17,1	23,1	-6,0
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	1,5	15,6	17,1	24,9	-7,8
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	1,5	15,6	17,1	24,3	-7,2

вания многих ученых показали значительную зависимость урожайности зерновых культур от уровня содержания подвижного фосфора в почве. При недостатке этого элемента наблюдается слабое действие азотных удобрений [4, 5]. Поэтому уровень обеспеченности растений доступным фосфором является одним из основных показателей плодородия почвы. Баланс фосфора в зависимости от применения цеолита, а также обогащения его аминокислотами и карбамидом, представлен в таблице 4.

В наших исследованиях источником фосфора являлись солома и сидерат, а также незначительная часть его поступала в составе кремниевых удобрений. Из данных таблицы следует, что вынос фосфора не компенсируется внесением удобрений и поступлением его в почву с соломой и сидератом.

Основным источником калийного питания сельскохозяйственных культур является подвижный калий, который поступает в почву с удобрениями, большая часть которых переходит в поглощенное состояние. При длительном выращивании растений без внесения калийных удобрений калий мобилизуется из менее доступных форм. Систематическое применение удобрений способствует накоплению подвижного калия в пахотных и подпахотных горизонтах почвы [6, 7]. Баланс калия в зависимости от применения цеолита и его обогащенных форм представлен в таблице 5. Расчеты баланса элементов питания показали, что

**Таблица 5 – Баланс калия в почве в зависимости от применения цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом под посевами озимой пшеницы, кг/га**

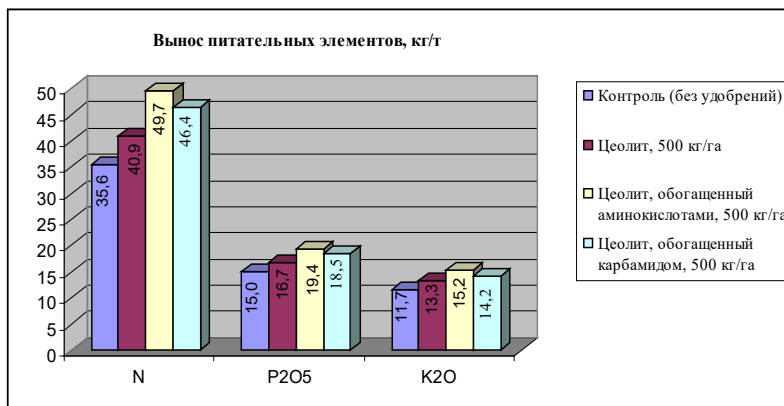
Вариант	Поступление калия			Вынос калия с урожаем	Баланс, ±
	с удобрениями	с соломой и сидератом	всего		
Контроль (без удобрений)	-	62,5	62,5	38,0	+24,5
Цеолит, 500 кг/га	4,5	62,5	67,0	41,1	+25,9
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	4,5	62,5	67,0	44,4	+22,6
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	4,5	62,5	67,0	43,2	+23,8

даже выращивание озимой пшеницы без удобрений не приводит к дефициту калия в чернозёме типичном, составившего +24,5 кг/га. Применение удобрений способствовало увеличению положительного баланса до +25,9 кг/га. Отмечается, что наиболее благоприятно калийный баланс сложился при использовании цеолита, в дозе 500 кг/га.

Количество питательных элементов, которое необходимо для роста и развития растений, определяют по их содержанию в урожае. При созревании озимой пшеницы основная масса азота и фосфора перемещается в зерно, большая же часть калия остается в вегетативной массе растений.

На основании данных химического состава зерна рассчитан вынос элементов питания с урожаем зерна озимой пшеницы (рис. 2). Вынос питательных веществ растениями из почвы возрастает с увеличением урожая. Однако прямой пропорциональности между величиной урожая и размером выноса основных питательных элементов часто не наблюдается. Наибольший вынос элементов наблюдался на 3 варианте (цеолит, обогащенный аминокислотами) и составляет азота – 49,7 кг/га, фосфора – 19,4 кг/га, калия – 16,2 кг/га.

Баланс элементов питания, кроме калия был дефицитным (таб. 6). Внесение цеолита, обогащенного карбамидом, способствовало увеличению интенсивности баланса по азоту, несмотря на высокий вынос его с урожаем.



**Рисунок 2 – Вынос азота, фосфора и калия урожаем зерна озимой пшеницы на фоне применения цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, под посевами озимой пшеницы, кг/т**

**Таблица 6 – Интенсивность баланса питательных элементов в почве, %**

Вариант	Интенсивность баланса		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Контроль (без удобрений)	76,3	72,9	164,5
Цеолит, 500 кг/га	71,5	74,0	163,0
Цеолит, обогащенный аминокислотами, 500 кг/га	67,2	68,7	150,9
Цеолит, обогащенный карбамидом, 500 кг/га	109,5	70,4	155,1

Так, интенсивность баланса азота на данном варианте составила 109,5 %, тогда как на контроле она находилась на уровне 76,3 %. Интенсивность баланса по фосфору самая низкая и составила 68,7 – 74,0 %. Интенсивность баланса по калию наиболее высокая и составила 150,9-164,5 %.

**Заключение.** Применение цеолита в качестве удобрения озимой пшеницы способствовало увеличению урожайности зерна в среднем за 2 года на 0,46 т/га, при совместном использовании с аминокислотами – на 1,17 т/га, с карбамидом – на 1,35 т/га. Более высокая урожайность сформировалась на варианте с внесением цеолита, обогащенного карбамидом, и составила 5,26 т/га. Интенсивность баланса на этом фоне

находилась на уровне для азота – 109,5 %, фосфора – 70,4% и калия – 155,1 %. Использование цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, способствовало не только увеличению урожайности зерна озимой пшеницы, но и снижению напряженности, а в некоторых случаях и обеспечению положительного баланса.

Применение цеолита, в том числе обогащенного аминокислотами и карбамидом, способствовало увеличению выноса азота, фосфора и калия как основной, так и побочной продукцией, что обусловлено ростом урожайности культур и повышением их содержания в продукции.

В зернотравяном севообороте на черноземе типичном наиболее высокие значения выноса питательных элементов отмечали в отношении азота, затем в убывающем порядке следуют калий и фосфор. Наименьшие в опыте показатели общего выноса по всем элементам питания были характерны для варианта без удобрений, наибольшие – для азота вариант с внесением цеолита, обогащенного карбамидом, а для фосфора и калия вариант с внесением цеолита, обогащенного аминокислотами. Вынос азота в варианте без использования удобрений составил 68,8 кг/га. Внесение цеолита, обогащенного карбамидом, способствовало не только росту урожайности, но и увеличению содержания данного элемента в урожае озимой пшеницы. Следовательно, повышение доз вносимого азота закономерно увеличивало и вынос этого элемента.

Цеолит и удобрения на его основе способствовали повышению интенсивности баланса элементов питания (N, P, K), сохранению и воспроизводству плодородия почвы.

*Библиографический список:*

1. Куликова А.Х., Яшин Е.А., Волкова Е.С. Кремнистые породы в системе удобрения озимой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. №3 (51). С. 53-59.
2. Куликова, Карпов А.В., Яшин Е.А. Кремнистые породы в системе удобрения сельскохозяйственных культур. Ульяновск: Ульяновский ГАУ, 2020. 176 с.
3. Куликова А.Х., Яшин Е.А., Антонова С.А. Баланс элементов питания в черноземе типичном при возделывании проса с использованием соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений // материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Ульяновского государственного аграрного университета имени П.А. Столыпина. Ульяновск. 2018. С. 12-20.



4. Золкина Е. И. Влияние минеральных удобрений на урожайность сортов озимой пшеницы и показатели баланса элементов питания на дерново-подзолистой супесчаной почве нечерноземной зоны // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 3(15). С. 34-46.
5. Лапа В.В., Кулеш О.Г., Лопух М.С. Вынос и баланс элементов питания в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Почвоведение и агрохимия. 2013. № 2(51). С. 143-150.
6. Куликова А.Х., Козлов А.В., Смывалов В.С. Влияние кремнийсодержащих материалов на свойства почвы, состояние посевов и урожайность зерновых культур в условиях Среднего Поволжья // Агрохимия. 2019. № 4. С.60–69.
7. Серeda Н.А., Хайруллин И.Х., Петрова М.В. Эффективность сидератов и навоза в регулировании баланса элементов питания и гумуса в выщелоченном черноземе // Достижения науки и техники. 2007. № 11. С. 4-6.

## **THE BALANCE OF NUTRIENTS IN THE SOIL AND THE YIELD OF WINTER WHEAT AGAINST THE BACKGROUND OF THE APPLICATION OF SILICON FERTILIZERS ON THE CHERNOZEMS OF THE FOREST-STEPPE OF THE VOLGA REGION**

**Volkova E. S.**

**Key words:** *balance of food elements, zeolite and fertilizers based on it, winter wheat, yield.*

*It is shown that when using silicon fertilizers, the balance of nutrients in the arable layer of typical chernozem during winter wheat cultivation varied in the range: nitrogen – (-16.3) to (+8) kg / ha, phosphorus – (-7.8) to (-5.8) kg/ha, potassium – (+22.6) to (+25.9) kg/ha. A significant improvement was observed when using zeolite enriched with amino acids and urea.*