

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОГИПСА В ПОЛЕВОМ СЕВООБОРОТЕ С ЯЧМЕНЕМ

*К.С. Косодуров, АО «Апатит», Л.С. Федотова, д.с.-х.н., ВНИИ картофельного хозяйства, Н.И. Аканова, д.б.н., ВНИИА,*

*Е.В. Князева, Н.А. Тимошина, к.с.-х.н., ВНИИ картофельного хозяйства*

*E-mail: [kosodurov@mail.ru](mailto:kosodurov@mail.ru), e-mail: [fedotova@vniikh.com](mailto:fedotova@vniikh.com), E-mail: [N\\_Akanova@mail.ru](mailto:N_Akanova@mail.ru), e-mail: [elenak73@rambler.ru](mailto:elenak73@rambler.ru), e-mail: [timnatali@rambler.ru](mailto:timnatali@rambler.ru).*

*Приведены результаты полевого опыта с яровым ячменем по агроэкологической эффективности применения фосфогипса АО «Апатит». Выявлено агрономически положительное и экологически безопасное действие фосфогипса на физико-химические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и формирование продуктивности и качества зерна ярового ячменя.*

*Ключевые слова: фосфогипс, картофель, качество клубней, тяжелые металлы, стронций, кальций, сера, яровой ячмень, качество зерна, плодородие.*

DOI: 10.25680/S19948603.2018.102.12

В земледелии России наблюдается нарастающий дефицит серы в почве, что связано с интенсивным её выносом урожаем сельскохозяйственных культур и миграцией в нижележащие горизонты. Оптимизация серного питания для растений способствует синтезу большего количества белка, что обуславливает повышение устойчивости растений к засушливым условиям. Холодоустойчивость различных теплолюбивых растений определяется содержанием в растениях углеводов, аскорбиновой кислоты, формируемых также, в основном, при оптимизации питания растений серой [1].

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о высокой эффективности применения серосодержащих удобрений: при внесении 2-3 ц/га (S - 40-60 кг/га) гипса или фосфогипса (ФГ) прибавки урожая составляли на дерново-подзолистых почвах: сена клевера и люцерны 7-23 ц/га, ячменя – 1,5-2,5, овса – 1,3, озимой пшеницы – 2-4, брюквы – 25-45, гороха – 1,5-2,5 ц/га; на серых лесных почвах: овса – 2,5-3,0 ц/га, сена люцерны – 5-10, зелёной массы кукурузы – 70-75, картофеля – 30-35 ц/га; на чернозёмах: озимой пшеницы – 2,5-4,0 ц/га, овса – 2,5-4,0, ячменя - 1,5-2,5, гороха – 2,0-2,5 ц/га и т.д. [1-3]. Дозы ФГ, как серного удобрения, должны устанавливаться с учетом статей прихода и расхода серы в агроценозах, а также биологических особенностей сельскохозяйственных культур, уровня прогнозируемого урожая, плодородия и гранулометрического состава почв, содержания серы в почве, ее поступления с атмосферными осадками и удобрениями.

В Нечерноземной зоне на кислых почвах для улучшения кальциевого режима и оптимизации реакции среды применяют в основном известковые материалы. Фосфогипс эффективно используют на почвах с высоким содержанием натрия для снижения клейкости и предотвращения создания водонепроницаемой корки [4, 5]. В составе ФГ присутствует кальций, который вытесняет натрий из грунта и способствует нормализации водопроницаемости. Фосфогипс - побочный продукт производства экстракционной фосфорной кислоты, получаемой при сернокислотном разложении фосфатного сырья. На низкоплодородных почвах рекомендуется применять фосфогипс в сочетании с фосфоритной мукой или известьсодержащими материалами [6]. Основную массу образующегося в настоящее время фосфогипса сбрасывают в отвалы. В этой связи возник-

ла и продолжает усугубляться необходимость использования этого продукта в сельском хозяйстве [7].

Цель настоящей работы - исследовать действие ФГ АО «Апатит» на плодородие почвы, продуктивность ячменя и качество его зерна.

**Методика.** В исследовании использовали гостированные методы анализа почв и растений: в почве -  $pH_{KCl}$ , содержание гумуса (по Тюрину), подвижного фосфора и обменного калия (по Кирсанову), гидролитическую кислотность (по Каппену), сумму обменных оснований (по Каппену-Гильковицу), содержание обменных Са и Mg (вытяжка NaCl), подвижной серы (вытяжка KCl), тяжелых металлов (в ацетатно-аммонийном буферном растворе с pH 4,8).

Полевой опыт заложен на дерново-подзолистой супесчаной почве ВНИИ картофельного хозяйства в Московской области. Объект исследований - ячмень яровой сорта Московский 86. ФГ использовали в дозах – 0,5, 1,0, 1,5 и 3,0 т/га, минеральные удобрения вносили под весеннюю культивацию почвы в дозе  $N_{90}P_{90}K_{90}$ . Повторность опыта 3-кратная, площадь делянок – 60 м<sup>2</sup>. Почва характеризовалась следующими показателями:  $pH_{KCl}$  4,65-4,71; Нг 3,27-3,95 мэкв/100 г; сумма поглощенных оснований  $S=3,11-3,23$  мэкв/100 г, степень насыщенности основаниями  $V=45-49\%$ , содержание подвижного фосфора 315-321 мг/кг почвы, обменного калия 97-102 мг/кг, гумуса 1,79-1,91%.

В год исследований средняя температура воздуха за период вегетации составила 18,4°C, что на 1,9°C выше климатической нормы, осадков выпало 206 мм, или 79% от нормы, ГТК составил 0,93. Сумма эффективных температур выше 10°C равна 2216°C, что в 2,8 раза больше многолетней.

**Результаты и их обсуждение.** Оценка химического состава ФГ показывает, что он содержит не менее 21% Са, 17 S и до 1% общего фосфора ( $P_2O_5$ ) и может характеризоваться как кальций-серно-фосфорное удобрение. Основное его вещество ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) составляет не менее 80%. Определение удельной активности в ФГ показало, что содержание техногенных радионуклидов не превышает допустимых значений (Бк/кг):  $^{137}Cs < 3,7$ ,  $^{90}Sr < 28,3$  Бк/кг. Эколого-токсикологическая оценка состава ФГ свидетельствует, что в нем содержатся тяжелые металлы (ТМ) мг/кг: Cu – 15,7±1,2, Mn – 14,1±0,9, Pb – 5,8±0,5, Zn – 4,6±0,8, Co – 3,2±0,6, Ni –

2,1±0,2, Cr – 1,6±0,4, Cd – 0,70±0,05, Hg – 0,04±0,02, что многократно ниже ПДК, содержание As не выявлено. Химический состав ФГ определяется в основном качеством используемого фосфатного сырья, а также способом производства продукции.

В условиях применения ФГ отмечено некоторое изменение рН<sub>KCl</sub> почвы, выявлены сезонные колебания показателя

в пределах 0,2 ед. На 2-й год последствия ФГ на фоне минеральных удобрений и низкой (0,5 т/га) дозы ФГ наблюдалось некоторое повышение гидролитической кислотности (на 0,13-0,35 мэкв/100 г почвы) и наоборот, в вариантах с повышенными дозами ФГ (1,5-3,0 т/га) наблюдалась тенденция к снижению показателя на 0,11-0,17 мэкв/100 г почвы в сравнении с исходным уровнем (табл. 1).

### 1. Влияние фосфогипса на агрохимические свойства почв

Доза ФГ, т/га	рН <sub>KCl</sub>			Нг			Сумма обменных оснований, S			Степень насыщенности основаниями, V, %		
	мг-экв/100 г почвы											
	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.
	весна	осень		весна	осень		весна	осень		весна	осень	
0-фон	4,69	4,69	4,63	3,97	4,05	4,10	3,05	3,13	2,90	43,4	43,5	41,4
Ф+0,5	4,73	4,65	4,50	3,91	4,02	4,26	3,07	3,23	3,19	44,0	44,6	42,8
Ф+1,0	4,67	4,56	4,53	4,08	4,08	4,12	3,22	3,43	3,12	44,1	45,7	43,1
Ф+1,5	4,73	4,68	4,70	3,97	3,80	3,80	3,15	3,1	3,12	44,2	47,3	45,1
Ф+3,0	4,72	4,62	4,60	3,91	3,80	3,80	3,07	3,35	3,12	44,0	46,9	45,1
НСР <sub>05</sub>	0,17			0,19			0,22			1,8		

Примечание: Фон – N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – под яровой ячмень (здесь и в табл. 2, 3).

Сравнение сезонных результатов показало, что после вегетации ячменя на фоне доз ФГ 1,5 и 3,0 т/га выявлено достоверное снижение гидролитической кислотности на 0,31-0,46 мэкв/100 г почвы соответственно. В вариантах с внесением только НРК (1-й вар.) и доз ФГ 0,5 и 1,0 т/га (2- и 3-й вар.) существенных изменений не установлено.

Выявлено увеличение суммы обменных оснований: осенью 2014 г. на фоне доз ФГ 0,5-3,0 т/га в сравнении с фоновым вариантом показатель увеличился на 0,22-0,29 мэкв/100 г почвы (см. табл. 1). Аналогичное положительное действие установлено и на степень насыщенности основаниями – на 3,7%.

Таким образом, на второй год действия ФГ не установлено подкисляющего действия при его внесении в слабокислую дерново-подзолистую почву, что важно для возделывания зерновых культур.

Применение ФГ обеспечило повышение содержания подвижного фосфора на 28-60 мг/кг в сравнении с исходным уровнем - на фоне 1,5 и 3,0 т/га, соответственно, на 42 и 60 мг/кг (табл. 2). На содержание обменного калия и органического вещества в почве внесение ФГ не оказало значимого влияния, однако, отмечена положительная тенденция на фоне возрастающих доз фосфогипса.

### 2. Влияние ФГ на динамику содержания питательных веществ в почве

Доза ФГ, т/га	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			K <sub>2</sub> O			Органическое вещество, %					
	мг/кг (по Кирсанову)											
	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.			
	весна	осень		весна	осень		весна	осень				
0 - фон	308	325	345	97	129	120	1,85	1,75	1,78			
Ф + 0,5	324	354	352	107	151	132	2,00	2,00	1,92			
Ф + 1,0	321	374	353	98	130	142	1,80	1,85	1,87			
Ф + 1,5	307	356	367	93	14	122	1,90	2,00	1,93			
Ф + 3,0	317	379	359	91	138	130	2,00	2,10	1,96			
НСР <sub>05</sub>	19			20			0,22					

Дерново-подзолистая почва опытного участка по содержанию подвижной серы характеризуется как среднеобеспеченная - 10,6-14,1 мг/кг (табл. 3). В фоновом варианте к осени 1-го года опыта величина показателя снизилась на 4,3 мг/кг (-36%), а к осени 2-го года - на 8,2 мг/кг, т.е. на 68% в сравнении с исходным уровнем.

При внесении ФГ содержание подвижной серы увеличилось на 6,2, 12,0, 27,5 и 34,1 мг/кг почвы, соответственно возрастающим дозам мелиоранта. В сравнении с фоновым вариантом содержание подвижной серы после уборки урожая в 2013 г. при внесении ФГ возросло, соответственно, на 11,5, 19,2, 30,3 и 40,0 мг/кг почвы.

### 3. Агроэкологическая оценка изменений агрохимических свойств почв при внесении фосфогипса

Доза ФГ, т/га	CaO			MgO			Сера (S)			Стронций (Sr)		Ca : Sr	
	мг/100 г почвы												
	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.	2013 г.	2014 г.
	весна	осень		весна	осень		весна	осень		осень		осень	
0-фон	46,1	40,4	34,6	14,6	10,6	11,0	12,1	7,8	3,9	1,46	3,58	198	97
Ф+0,5	51,1	58,4	44,6	15,1	12,4	11,6	13,1	19,3	9,0		4,15		108
Ф+1,0	46,5	63,6	52,6	13,9	12,9	11,4	14,1	27,0	12,9	2,58	4,46	176	117
Ф+1,5	52,2	70,7	57,5	13,7	12,5	11,5	10,6	38,1	16,4		5,54		104
Ф+3,0	51,1	92,5	74,6	13,0	13,0	11,4	13,7	47,8	17,0	2,12	7,66	312	97
НСР <sub>05</sub>	6,5			2,2			3,9						

Кальций - один из жизненно необходимых элементов для роста и развития растений, который должен находиться как внутри тканей растения, так и снаружи - в ризосфере [8]. Недостаток кальция приводит к нарушению избирательности процесса поглощения, что обуславливает существенное снижение урожайности [9].

Реализация потенциальной продуктивности растений возможна в условиях содержания кальция, многократно превышающего количество, потребляемое самими растениями. Вот почему так важно применение кальций-содержащих удобрений в системе питания культур.

Исходное содержание обменного кальция и магния в почве (весна 2013 г.) определялось по вариантам опыта в интервалах для Ca - 46,1-52,2 и Mg 13,0-15,1 мг/100 г почвы. После уборки урожая в этом же году в вариантах с внесением ФГ с увеличением его доз отмечено повышение содержания кальция, соответственно, на 7,3, 17,1, 18,5 и 41,4 мг/100 г почвы по сравнению с исходным значением. При сравнении сезонных показателей содержания Ca в почве с фоновым вариантом выявлено существенное повышение показателя, соответственно, на 18,0, 23,2, 30,3 и 52,1 мг/100 г почвы. Разница между содержанием обменных оснований в фоновом варианте и вариантах с внесением ФГ достоверно увеличивалась в конце вегетации Ca - на 5,7 и Mg- на 4,0 мг/кг.

Предполагаемая опасность применения ФГ связана с содержанием в его составе стабильного стронция, избыточное количество которого в почвах, водах и продуктах питания вызывает урскую болезнь – поражение костной ткани, печени и мозга, деформацию суставов, задержку роста и некоторые другие изменения. Основным критерием при оценке негативного влияния стронция на здоровье человека является соотношение Ca:Sr. Согласно работам В.В. Ковальского и Е.Ф. Засориной (1965), ориентировочное пороговое значение соотношения Ca:Sr, должно быть в пищевом рационе не ниже 140 [10]. Соотношение Ca:Sr является основным показателем при оценке токсического действия стронцийсодержащих соединений.

Как показали результаты исследований, содержание Sr в почве в вариантах с внесением ФГ было в 1,4-2,1 раза выше в сравнении с контролем, соотношение Ca:Sr на фоне применения только минеральных удобрений было ниже, чем при внесении ФГ в дозе 3 т/га (табл. 4). Некоторое снижение соотношения Ca:Sr осенью можно объяснить потерями кальция с инфильтрационными водами. Среднегодовые потери Ca из супесчаных дерново-подзолистых почв могут достигать значительных величин – от 55 до 128 кг/га [11]. Увеличение содержания стабильного Sr при внесении ФГ не привело к существенному изменению соотношения, так как одновременно увеличилось содержание кальция в почве. Таким образом, использование в земледелии ФГ в дозах 0,5-3,0 т/га не приведёт к нарушению экологической безопасности.

#### 4. Влияние внесения возрастающих доз фосфогипса на содержание кальция и стронция в почве

Доза ФГ, т/га	Ca		Sr		Соотношение Ca:Sr		
	мг/100 г						
	2013 г. весна	2013 г. осень	2014 г. осень	2013 г. осень	2014 г. осень	2013 г. осень	2014 г. осень
Фон - N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>	32,9	28,84	31,6	1,46	1,58	198	200
Ф+0,5	36,5	41,7	42,6		2,15		198
Ф+1,0	33,3	45,4	46,0	2,58	2,76	176	167
Ф+1,5	37,3	50,5	51,5	-	2,84		181
Ф+3,0	36,5	66,1	68,6	2,21	3,16	299	217
НСР <sub>05</sub>	6,5		1,61				

Выявлено положительное действие ФГ на урожайность ячменя (рис.). Внесение 1,0-3,0 т/га ФГ отмечается повышением урожая зерна ячменя и биомассы соломы, при этом соотношение зерно : солома суживается. Прибавка урожая составила 1,9-7,8 ц/га, наибольшая – при внесении 3,0 т/га.

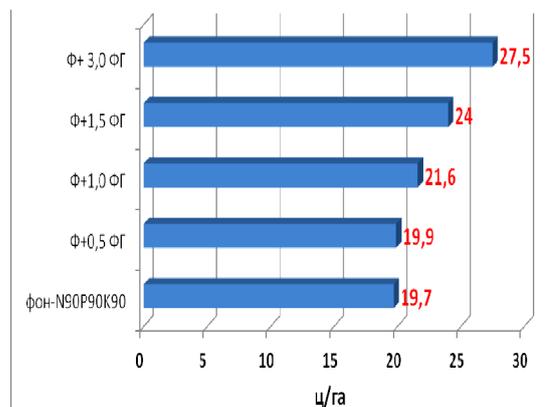


Рис. Влияние фосфогипса на урожайность ячменя (2014 г.)

Отмечено улучшение качества зерна: на фоне внесения ФГ с повышением его дозы увеличились масса 1000 зерен и содержание белка (табл. 5). Использование в системе удобрения фосфогипса способствовало увеличению содержания кальция в зерне ячменя в соответствии с возрастающими дозами. Поэтому некоторое увеличение Sr не привело к значительному изменению соотношения Ca:Sr.

#### 5. Оценка качества зерна ячменя

Доза ФГ, т/га	Масса 1000 зерен, г	Содержание белка, %	Содержание на сухое вещество, мг/кг			Соотношение зерно : солома
			Ca	Sr	Ca:Sr	
0-фон	43,8	14,4	845	0,83	1018	1:2,06
Ф+0,5	45,2	14,5	867	0,95	913	1:2,21
Ф+1,0	43,6	14,9	900	1,28	703	1:2,21
Ф+1,5	43,3	14,7	918	1,30	706	1:2,18
Ф+3,0	45,6	15,1	923	1,31	711	1:2,18
НСР <sub>05</sub>	0,9	0,6				

Применение ФГ в возрастающих дозах не способствовало накоплению ТМ в зерне ячменя сверх нормативных величин (табл. 6), содержание токсикантов находилось в пределах МДУ для зерновых культур.

#### 6. Влияние фосфогипса на содержание тяжелых металлов в зерне ячменя

Доза ФГ, т/га	Содержание, мг/кг							
	Cu	Zn	Cd	Pb	Ni	Cr	Mn	Co
0	3,04	23,8	0,094	0,23	0,22	0,95	1,50	0,87
0,5	3,43	22,8	0,087	0,18	0,19	1,37	1,54	0,81
1,0	2,14	21,7	0,072	0,22	0,18	1,52	1,43	0,74
1,5	2,18	19,0	0,078	0,23	0,22	0,78	1,24	0,79
3,0	3,00	22,0	0,068	0,20	0,32	1,28	1,48	0,88

Содержание кадмия в зерне ячменя по вариантам опыта колебалось. Концентрация меди в зерне ячменя была ниже МДУ в 2,9-4,7 раза. Концентрация цинка в зерне ячменя по вариантам опыта была в 2,1-2,6 раза ниже МДУ, при этом прослеживается тенденция к снижению концентрации элемента в зависимости от доз фосфогипса. Максимальная концентрация марганца отмечена в зерне в фоновом варианте и при внесении минимальной дозы ФГ. На содержание кобальта исследуемые приемы не влияли. Присутствие ртути и мышьяка не обнаружено.

**Выводы.** Таким образом, установлена агрономически высокая эффективность и экологическая безопасность применения фосфогипса в качестве кальций-серно-фосфорного удобрения в сельскохозяйственном производстве, способствующего повышению плодородия дерново-подзолистых почв. Внесение ФГ в дозах

0,5 - 3,0 т/га обеспечило получение продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам, сверхнормативного накопления тяжелых металлов, в том числе стронция, в зерне ячменя не выявлено.

#### Литература

1. Аристархов А. Н. Агрохимия серы / А.Н. Аристархов. – М.: ВНИИА, 2007.- 272 с. 2. Бамберг К.К. Содержание серы в растениях и значение её для удобрения сельскохозяйственных культур // Изв. АН Латв.ССР.-1973.- №7.- С. 3-11. 3. Беспалов А.Л. Сера в питании и продуктивности риса в условиях правобережья р. Кубани./ Автореф. дисс. ....канд.биол.наук. - Краснодар, 2004. -23 с. 4. Суковатов В.А. Длительность действия мелиорации солонцового комплекса каштановых почв./ Автореф. дисс. канд. с.-х. наук. ДонГАУ, п. Персиановский, 2009. - 24 с. 5. Аканова Н.И. Фосфогипс нейтрализованный –

перспективное агрохимическое средство интенсификации земледелия//Плодородие. - 2013.- №1.- С. 2-7. 6. Коробанова Т.Н. Российский и зарубежный опыт утилизации фосфогипса // Наука вчера, сегодня, завтра: сб. ст. по матер. XL междунар. науч.-практ. конф. № 11(33). – Новосибирск: СибАК, 2016. – С. 63-71. 7. Пшечников К.А., Давыденкова О.Н., Седова В.И., Мальцев С.В. и др. Методические указания по оценке сортов картофеля на пригодность к переработке и хранению. - М.:ВНИИХХ, 2008. - 39 с. 8. Магницкий К.П. Взаимосвязи в питании растений// Агрохимия. – 1967. - № 10. - С. 32-46. 9. Шильников И.А., Сычев В.Г., Шейджен А.Х., Аканова Н.И. Потери питательных элементов растений. Монография. Изд-во: Lambert Academic Publishing, OmniScriptum GmbH & Co.KG, Deutschland - 502 с. 10. Ковальский В.В., Засорина Е.Ф. К биогеохимии стронция//Агрохимия. - 1965.- №4. - С.78-88. 11. Шильников И.А., Ермолаев С.А., Аканова Н.И. Баланс кальция и динамика кислотности пахотных почв в условиях известкования. - М.: Технология, 2006. - 158 с.

### EFFICIENCY OF PHOSPHOGYPSUM APPLICATION IN FIELD CROP ROTATION WITH BARLEY

K.S. Kosodurov<sup>1</sup>, L.S. Fedotova<sup>2</sup>, N.I. Akanova<sup>3</sup>, E.V. Knyazeva<sup>2</sup>, N.A. Timoshina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> JSC "Apatite", Severnoye shos. 75, 162622 Cherepovec, Volgograd region, Russia,

<sup>2</sup> Lorch Potato Research Institute, Lorch ul. 23, 140051 Kraskovo, Luberetskiy district, Moscow region, Russia,

<sup>3</sup> Pryanishnikov Institute of Agrochemistry, Pryanishnikova ul. 31A, 127550 Moscow, Russia,

E-mail: [kosodurov@mail.ru](mailto:kosodurov@mail.ru), [fedotova@vniikh.com](mailto:fedotova@vniikh.com), [n\\_akanova@mail.ru](mailto:n_akanova@mail.ru), [elenak-73@rambler.ru](mailto:elenak-73@rambler.ru), [timnatali@rambler.ru](mailto:timnatali@rambler.ru)

*In the article we are showing the results of field experiment with spring barley. Our goal was to investigate an agro-ecological efficiency of phosphogypsum application (phosphogypsum manufactured by JSC Apatite). We revealed a positive agronomic and environmentally sound effect of phosphogypsum application on physico-chemical properties of sod-loamy sand soil, on the crop producing and grain quality of spring barley.*

*Keywords: phosphogypsum, potatoes, tuber quality, heavy metals, strontium, calcium, sulfur, barley, grain quality, fertility*

УДК 502.52(210):502.13

## АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В СЕВООБОРОТЕ С ЯЧМЕНЕМ

*Ю.В. Жигарева, Тверская межобластная ветеринарная лаборатория,*

*Г.Е. Мерзлая, д.с.-х.н., ВНИИА,*

*г. Тверь, E-mail: [julija700014@mail.ru](mailto:julija700014@mail.ru), г. Москва, E-mail: [lab.organic@mail.ru](mailto:lab.organic@mail.ru)*

*Земледелие Тверской области испытывает постоянный дефицит органического вещества. В то же время происходит накопление многотоннажных органических отходов очистных сооружений в виде осадков сточных вод (ОСВ), которые можно использовать в качестве органических удобрений под различные сельскохозяйственные культуры. Использование ОСВ на удобрения позволит сохранить значительное количество минеральных удобрений, уменьшит дефицит гумуса в почве, существенно улучшит физико-химические свойства почв и повысит урожайность ярового ячменя в зависимости от дозы на 20-32%. Внесение ОСВ в дозах, не превышающих 60 т/га, не приводит к накоплению в почве тяжелых металлов выше нормативного содержания. Внесение осадков сточных вод в норме 20 т/га и в сочетании их с торфом и минеральными удобрениями повышает pH на 0,08-0,1 ед. и содержание ТМ в почве, но при этом их значения не превышают допустимых концентраций.*

*Ключевые слова: тяжелые металлы, осадки сточных вод, плодородие почв, картофель, качество клубней, почва, органические удобрения, компосты.*

DOI: 10.25680/S19948603.2018.102.13

Среди основных экологических проблем важное место занимают отходы, которые в настоящее время образуются в огромных количествах, и при их нахождении в окружающей среде являются источником ее загрязнения, ухудшают санитарно-эпидемиологическое состояние окружающей среды и занимают большие площади плодородных земель. Однако, некоторые отходы, в том числе осадки сточных вод, могут успешно применяться в сельскохозяйственном производстве. Это имеет большое экологическое, экономическое и энергосберегающее значение [1, 2]. Сельскохозяйственное использование ОСВ или компостов на их основе, содержащих большое количество органического вещества, азота, зольных элементов, способно в значительной мере обеспечить воспроизводство органического вещества почвы и в целом почвенного плодородия [3]. При этом

необходимо учитывать, что применение отходов промышленности может сопровождаться негативными процессами, серьезно изменяя состояние всех компонентов агроэкосистемы – почвы, фитоценоза, атмосферы, грунтовых и поверхностных вод. Ненормированное применение ОСВ способно загрязнять почву и растительную продукцию тяжелыми металлами [4-7].

**Методика.** Общие отвалы ОСВ, накопившихся в г. Твери, составляют более 120 тыс. т. Поэтому актуальным направлением исследований является научное обоснование применения ОСВ в сельскохозяйственном производстве Тверской области в качестве органического удобрения в дозах, позволяющих существенно улучшить физико-химические свойства дерново-подзолистых почв, повысить продуктивность сельско-