

УДК 338.43:631.5

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ И ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОСАДКОВ ГОРОДСКИХ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СОИ, ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ НА СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

Михайлов Леонид Николаевич, д-р с.-х. наук, проф. кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».

428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, д. 29.

E-mail: galina329@mail.ru

Титова Галина Анатольевна, аспирант кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия».

428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. Карла Маркса, д. 29.

E-mail: galina329@mail.ru

Ключевые слова: почва, осадок, соя, пшеница, ячмень, коэффициент.

Цель исследований – обосновать энергетическую и экономическую эффективность применения осадков городских сточных вод при почвенном пути их утилизации в качестве удобрения при возделывании сои, яровой пшеницы и ячменя на светло-серой лесной почве в условиях Волго-Вятского региона. Представлены результаты анализа химического состава осадков городских сточных вод (ОГСВ) г. Новочебоксарска, сравнительный анализ химического состава ОГСВ и полуперепревшего навоза КРС. Особую ценность представляет для дерново-подзолистых и серых лесных почв присутствие в ОГСВ большего, чем в навозе КРС, количества кальция и магния, благоприятно воздействующих на реакцию почвенной среды, ее структуру и питательный режим. Фактором, ограничивающим использование ОГСВ в качестве удобрения, служит накопление тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственной продукции. Применение ОГСВ в качестве удобрения из расчета 60 т/га в прямом действии не способствует повышению энергетической эффективности возделывания сои ($KЭФ = 0,14$ ед.), однако, в последствии, при возделывании яровой пшеницы и ячменя коэффициент энергетической эффективности возрастает соответственно до 1,21 и до 1,17 ед. При этом экономически выгодно возделывание сои, яровой пшеницы и ячменя. Содержание сухого и органического вещества, азота, фосфора, кальция и магния в осадках городских сточных вод выше, чем в навозе КРС, что определяет особую ценность их как удобрения.

Такие ученые как О. Е. Ясонида, Н. Г. Журавель, М. Ф. Фадеева, А. А. Фадеев, Л. В. Воробьева, В. В. Зубков, О. В. Терентьев, С. М. Соколов отмечают, что соя – универсальная пищевая и кормовая культура. Такого богатого природного комплекса белков, жира, углеводов, минеральных солей и витаминов, как в сое, нет ни у одного другого растения. Многие страны смогли за 10-15 лет полностью удовлетворить

потребность в растительном белке и жирах за счет активного освоения этой культуры. Сою успешно выращивают США (около 50 % мировых посевов), Китай (25%), страны южной Америки (17%), получая урожайность качественного зерна более 20 ц/га. За последние 15-20 лет резкое увеличение производства зерна сои отмечено в Канаде, Италии, Югославии, широкое распространение эта культура находит в странах с умеренным климатом – Германии, Дании, Швеции, Англии.

Большой интерес к производству сои вызван тем, что ни одна другая культура за вегетационный период не дает такого высокого выхода белка и масла с единицы площади. Соя, являясь одновременно продовольственной, технической и кормовой культурой, не имеет себе равных по универсальности применения. В зерне культивируемых сортов сои содержится 35-45% высокоценного по аминокислотному составу белка, до 32% углеводов и до 20-25% жиров. Белок сои по химическому составу близок к животному белку, а по переваримости – к казеину молока. Продукты из сои являются не только источником ценного растительного белка и полноценного масла, но и эффективнейшим средством против раковых, почечных и сердечных заболеваний, диабета, желчно-каменной болезни, остеопороза и повышенного содержания холестерина в организме.

Из зерна сои производится более 400 видов продуктов питания. Соевая мука широко используется в хлебопечении, кондитерской промышленности. Соевое масло, соевое молоко, соевый сыр тофу, окара могут употребляться в пищу как непосредственно, так и для приготовления большого количества вкусных и полезных блюд. Соевое масло занимает первое место в мировом производстве растительных жиров (32,8%) и используется почти в 2 раза больше подсолнечного. В нем содержится от 1,7 до 3,2% фосфатидов, которые регулируют жировой обмен в организме и являются биостимуляторами, обогащающими пищевые и кормовые рационы.

Велика кормовая ценность сои. Во многих странах наиболее доступным и экономичным источником кормового белка стал соевый шрот. Соевые добавки широко используются во всех отраслях животноводства. Однако наиболее эффективны они в птицеводстве и свиноводстве. Так, в США за счет добавления в рацион соевого шрота расход зерна на производство 1 кг бройлерного мяса уменьшился с 4,9 до 2,1 кг. Во Франции, Англии, Италии, Голландии белковая часть кормовых рационов обеспечивается в основном за счет импортируемого соевого зерна и шрота. Главным экспортером сои являются США, где эта культура в структуре посевных площадей занимает до 19%. Значительное количество сои и продуктов ее переработки используется и в нашей стране. Импорт сои в Россию составлял до 890 тыс. т, соевого масла – 100-150 тыс. т, шрота – около 3 млн. т. На это расходуются огромные средства. В то же время в самой России посевные площади сои в последние годы составляют не более 600 тыс. га и сосредоточены в основном в Дальневосточном и Северо-Кавказском регионах [4-8].

В связи с вышеизложенным весьма актуальным является изучение влияния нетрадиционных видов органических удобрений – осадков городских сточных вод на плодородие почв, урожайность и качество сои и других сельскохозяйственных культур.

Цель исследований – обосновать энергетическую и экономическую эффективность применения осадков городских сточных вод при почвенном пути их утилизации в качестве удобрения при возделывании сои, яровой пшеницы и ячменя на светло-серой лесной почве в условиях Волго-Вятского региона.

Задачи исследований: 1) определить химический состав осадков городских сточных вод г. Новочебоксарска и навоза КРС; 2) рассчитать экономическую и энергетическую эффективность применения ОГСВ в качестве удобрения при возделывании сои, яровой пшеницы и ячменя на светло-серой лесной почве в условиях Волго-Вятского региона.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований выбраны осадки городских сточных вод г. Новочебоксарска, на очистные сооружения которого поступают хозяйственно-бытовые и промышленные стоки г. Чебоксары. В 2009 г. возделывалась соя (сорт СибНИК-315), в 2010 г. – яровая пшеница (сорт Московская 35), в 2011 г. – ячмень (сорт Эльф).

Полевые опыты с использованием осадков городских сточных вод и навоза заложены в УНПЦ «Студгородок» в 2009-2011 гг. Осадки городских сточных вод вывезены с очистных сооружений г. Новочебоксарска (имеется экологический сертификат соответствия № 00001013 от 12.02.2007), навоз предоставило хозяйство УНПЦ «Студгородок». Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: содержание гумуса 3,14% (по Тюрину); подвижных форм фосфора – 132 мг/кг почвы; обменного калия – 145 мг/кг почвы (по Кирсанову); pH солевой вытяжки – 5,0; степень насыщенности основаниями – 93%. Рельеф опытного участка ровный. Размещение вариантов в опыте – двухрядное встречное, повторность – четырехкратная. Размер делянок – 25 кв.м, общее число делянок – 32, учетная площадь 800 кв.м.

Полевые исследования заложены по следующей схеме:

- 1) контроль (без удобрений);
- 2) 30 т/га ОГСВ;

- 3) 60 т/га ОГСВ;
- 4) 30 т/га навоза;
- 5) 60 т/га навоза;
- 6) 30 т/га ОГСВ + 30 т/га навоза;
- 7) 60 т/га ОГСВ + НРК под запланированный урожай;
- 8) НРК (экв. содержанию ОГСВ, 60 т/га).

Технология возделывания изучаемых сельскохозяйственных культур – общепринятая для Чувашской Республики. Определение содержания гумуса, подвижных форм фосфора, обменного калия, показателя кислотности осуществлялось общепринятыми методами. Для посева использованы сорта, рекомендованные для Чувашской Республики.

В настоящей статье приведены результаты исследований химического состава ОГСВ и навоза КРС, действие и последствие их на энергетическую и экономическую эффективность возделывания сои, яровой пшеницы и ячменя.

Результаты исследований. Сравнительный анализ химического состава ОГСВ и полуперепревшего навоза КРС приведен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав осадков городских сточных вод г. Новочебоксарска и навоза КРС
(в пересчете на сухое вещество)

Показатели	ОГСВ	Навоз КРС
Влажность, %	55,0	65,0
Органическое вещество, %	60,1	48,2
pНобм	7,95	6,98
Макроэлементы, %		
N	1,30	0,60
P ₂ O ₅	1,16	0,23
K ₂ O	0,12	1,7
CaO	5,5	2,2
Микроэлементы, мг/кг		
Pb	15,5	14,0
Cd	2,4	0,5
Hg	2,0	1,5
As	3,5	1,0
Zn	78	56,0
Cu	730,0	6,8
Cr	141	.*
Fe	160	-
Mn	370	-
Co	90	-
Ni	250	-
Li ₂ O	0,0035	0,0036
MgO	2,5	0,6

Примечание: * в навозе КРС не определялись.

Анализируя данные таблицы 1, в первую очередь, можно отметить, что содержание сухого и органического вещества, азота, фосфора, кальция и магния в осадках городских сточных вод выше, чем в навозе КРС, что определяет особую ценность их как удобрения. Однако содержание калия в навозе почти в десять раз выше, чем в ОГСВ.

Особую ценность представляет для дерново-подзолистых и серых лесных почв присутствие в ОГСВ большего, чем в навозе КРС, количества кальция и магния, благоприятно воздействующих на реакцию почвенной среды, ее структуру и питательный режим. При внесении осадков городских сточных вод в почву разбавление ОГСВ ею по массе составляет 1:50 даже при очень высоких дозах. Содержание тяжелых металлов в ОГСВ выше, чем в навозе. Поэтому, при внесении ОГСВ в серую лесную почву, бедную микроэлементами, содержание их в ней возрастает, не выходя за пределы ПДК. Фактором, ограничивающим использование ОГСВ в качестве удобрения, служит накопление тяжелых металлов в почвах и сельскохозяйственной продукции. Экономически наиболее целесообразная доза внесения ОГСВ, как правило, 40 или 60 т/га. Больше этой дозы ОГСВ вносить не рекомендуется [1-3].

Дальнейшая интенсификация сельскохозяйственного производства, рост урожайности культур будут сопровождаться увеличением затрат невозобновляемой энергии, в том числе и за счет возрастающего применения удобрений. Поэтому в перспективе важно разрабатывать и использовать энергопротивозатратные технологии производства, при которых меньше затрачивается энергии на производство сельскохозяйственной продукции. Это требует от специалистов знания основ расчета энергетической эффективности

применения удобрений в прогрессивных технологиях. Энергия, накопленная в сельскохозяйственной продукции, оценивается в мегаджоулях (МДж) и учитывается в основной продукции и в общем урожае с учетом побочной продукции. Количество энергии, накопленной в основной сельскохозяйственной продукции, полученной от применения минеральных удобрений, определяется по формуле

$$V_f = U_p R_i l 100, \text{ МДж/га},$$

где V_f – содержание энергии в основной (хозяйственно-ценной части) продукции; U_p – прибавка урожая основной продукции сельскохозяйственной культуры от удобрений, ц/га; R_i – коэффициент перевода единицы сельскохозяйственной продукции в сухое вещество; l – содержание общей энергии в 1 кг сухого вещества основной продукции, МДж; 100 – коэффициент перевода 1 ц в 1 кг [1].

Расчеты энергетической эффективности применения удобрений при возделывании сои на светло-серой лесной почве приведены в таблице 2.

Таблица 2

Энергетическая эффективность применения удобрений при возделывании сои на светло-серой лесной почве, 2009 г.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Количество энергии, полученной от применения удобрений, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, ед.
Контроль	0,56	-	-	-
30 т/га ОГСВ	0,65	0,09	1629,0	0,13
60 т/га ОГСВ	0,75	0,19	3439,0	0,14
30 т/га навоза	0,62	0,06	1086,0	0,09
60 т/га навоза	0,74	0,18	3258,0	0,13
30 т/га навоза + 30 т/га ОГСВ	0,67	0,11	1991,0	0,16
60 т/га ОГСВ + NPK под запланированный урожай	1,80	1,24	22444,0	0,80
NPK (экв. содержанию ОГСВ, 60 т/га)	0,78	0,22	3982,0	0,06

Из данных, приведенных в таблице 2, следует, что количество энергии, полученной от применения удобрений при возделывании сои на светло-серой лесной почве, в зависимости от вида и доз применяемых удобрений, колебалось в пределах 1086,0-22444,0 МДж/га и, соответственно, коэффициент энергетической эффективности – в пределах 0,06-0,80 ед. Коэффициент энергетической эффективности близкий к единице получен лишь в варианте с применением 60 т/га ОГСВ совместно с расчетными дозами минеральных удобрений для получения запланированного (20 т/га) урожая сои. Расчеты энергетической эффективности применения удобрений при возделывании яровой пшеницы на светло-серой лесной почве приведены в таблице 3. Из данных, приведенных в таблице 3, следует, что в последствии, на второй год после их внесения в почву, количество полученной энергии высокое и колебалось в пределах 21759,1-42521,6 МДж/га. Коэффициенты энергетической эффективности во всех вариантах, за исключением шестого варианта (совместное применение ОГСВ и навоза) больше единицы, то есть энергетическая эффективность применения, в том числе осадков городских сточных вод, достаточно высокая.

Таблица 3

Энергетическая эффективность применения удобрений при возделывании яровой пшеницы на светло-серой лесной почве, 2010 г.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Количество энергии, полученной от применения удобрений, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, ед.
Контроль	2,18	-	-	-
30 т/га ОГСВ	3,62	1,44	23918,4	1,90
60 т/га ОГСВ	4,07	1,89	31392,9	1,21
30 т/га навоза	3,49	1,31	21759,1	1,73
60 т/га навоза	3,92	1,74	28901,4	1,15
30 т/га навоза + 30 т/га ОГСВ	3,56	1,38	22921,8	0,91
60 т/га ОГСВ + NPK под запланированный урожай	4,74	2,56	42521,6	1,52
NPK (экв. содержанию ОГСВ, 60 т/га)	4,30	2,12	35213,2	1,0

Расчеты энергетической эффективности применения удобрений при возделывании ячменя приведены в таблице 4. Из данных, приведенных в таблице 4, следует, что и на третий год после их внесения в почву изучаемые удобрения продолжают оказывать положительное воздействие на накопление биоэнергии. Количество энергии, полученной от применения удобрений колебалось в пределах 4770,5-36683,5 МДж/га. За исключением четвертого и пятого вариантов применения 30-60 т/га навоза, коэффициенты энергетической эффективности были выше единицы и колебались в пределах 1,04-1,49 ед.

Таблица 4

Энергетическая эффективность применения удобрений при возделывании ячменя на светло-серой лесной почве, 2011 г.

Варианты опыта	Урожайность, т/га	Прибавка, т/га	Количество энергии, полученной от применения удобрений, МДж/га	Коэффициент энергетической эффективности, ед.
Контроль	2,31	-	-	-
30 т/га ОГСВ	3,45	1,14	18753,0	1,49
60 т/га ОГСВ	4,10	1,79	29445,5	1,17
30 т/га навоза	2,60	0,29	4770,5	0,38
60 т/га навоза	3,67	1,36	22372,0	0,89
30 т/га навоза + 30 т/га ОГСВ	4,09	1,78	29281,0	1,16
60 т/га ОГСВ + NPK под запланированный урожай	4,54	2,23	36683,5	1,31
NPK (экв. содержанию ОГСВ, 60 т/га)	3,81	1,50	24675,0	1,04

Таким образом, на основании обобщения трехлетних научных исследований можно заключить, что в первый год использования ОГСВ в качестве удобрения на светло-серой лесной почве энергетическая эффективность возделывания сои невысокая, однако в последствии на второй год после их взаимодействия с почвой, при возделывании яровой пшеницы и на третий год после их взаимодействия с почвой при возделывании ячменя биоэнергетическая эффективность высокая, то есть коэффициент энергетической эффективности выше единицы.

Расчеты экономической эффективности применения ОГСВ при возделывании сои приведены в таблице 5. Из данных, приведенных в таблице 5, видно, что возделывание сои на светло-серой лесной почве экономически выгодно. Уровень рентабельности без применения удобрений составляет 84,2%, а с применением ОГСВ в прямом действии из расчета 60 т/га – 61,6%, что также рентабельно, хотя ниже контрольного варианта. Это объясняется затратами на применение осадков городских сточных вод. При этом мы должны иметь в виду, что утилизация ОГСВ посредством почвенного удаления является актуальной проблемой в деле оздоровления окружающей среды.

Таблица 5

Экономическая эффективность возделывания сои с применением ОГСВ, 2009 г.

Показатели	Урожайность, ц/га	
	Контроль (без удобрений)	60 т/га ОГСВ
Урожайность, ц/га	15,6	17,5
Производственные затраты в расчете на 1 га посева, руб.	12702,0	16238,8
Себестоимость 1 ц, руб.	814,2	927,9
Цена реализации 1ц, руб.	1500,0	1500,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	23400,0	26250,0
Чистый доход с 1 га, руб.	10698,0	10011,2
Уровень рентабельности, %	84,2	61,6

Расчеты экономической эффективности последствия на второй год после внесения ОГСВ при возделывании яровой пшеницы приведены в таблице 6.

Таблица 6

Экономическая эффективность последствия ОГСВ при возделывании яровой пшеницы, 2010 г.

Показатели	Урожайность, ц/га	
	Контроль (без удобрений)	60 т/га ОГСВ
Урожайность, ц/га	21,8	40,7
Производственные затраты в расчете на 1 га посева, руб.	7338,0	10341,2
Себестоимость 1 ц, руб.	336,6	254,1
Цена реализации 1ц, руб.	500,8	500,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	10900,0	20350,0
Чистый доход с 1 га, руб.	3562,0	10008,8
Уровень рентабельности, %	48,5	96,8

Из данных, приведенных в таблице 6, видно, что в последствии, на второй год после внесения, ОГСВ оказывают положительное влияние на урожайность яровой пшеницы, при этом уровень рентабельности составляет 96,8%, тогда как в контрольном варианте всего лишь 48,5%.

Расчеты экономической эффективности последствия ОГСВ на третий год после их внесения при возделывании ячменя приведены в таблице 7.

Из данных, приведенных в таблице 7, видно, что в последствии и на третий год после внесения из расчета 60 т/га, ОГСВ продолжают оказывать положительное влияние на урожайность ячменя, при этом уровень рентабельности составляет 84,5%, тогда как на контрольном варианте – 50,9%.

Таблица 7

Экономическая эффективность последствий ОГСВ при возделывании ячменя, 2011 г.

Показатели	Урожайность, ц/га	
	Контроль (без удобрений)	60 т/га ОГСВ
Урожайность, ц/га	23,1	41,0
Производственные затраты в расчете на 1 га посева, руб.	15898,0	16973,0
Себестоимость 1 ц, руб.	688,2	413,9
Цена реализации 1ц, руб.	350,0	350,0
Выручка от реализации с 1 га, руб.	22500,0	42300,0
Чистый доход с 1 га, руб.	8085,0	14350,0
Уровень рентабельности, %	50,9	84,5

Заключение. На основании обобщения трехлетних исследований можно сделать следующие выводы. Содержание сухого и органического вещества, азота, фосфора, кальция и магния в осадках городских сточных вод выше, чем в навозе КРС, что определяет особую ценность их как удобрений.

Количество энергии, получаемой от применения удобрений, в прямом действии при возделывании сои на светло-серой лесной почве, в зависимости от вида и доз применяемых удобрений, колебалось в пределах 1086,0-22444,0 МДж/га (коэффициент энергетической эффективности – 0,06-0,80 ед.); при возделывании яровой пшеницы в последствии на второй год после внесения удобрений – в пределах 21759,1-42521,6 МДж/га (коэффициент энергетической эффективности – 0,91-1,90 ед.); при возделывании ячменя на третий год после внесения удобрений – в пределах 4770,5-36683,5 МДж/га (коэффициент энергетической эффективности – 0,38-1,49 ед.).

Возделывание сои, яровой пшеницы, ячменя на светло-серой лесной почве экономически выгодно. Уровень рентабельности при возделывании сои с применением ОГСВ из расчета 60 т/га в первый год составляет 61,6%, при возделывании яровой пшеницы в последствии на второй год после внесения удобрений – 96,8%, при возделывании ячменя в последствии на третий год после внесения удобрений – 84,5%.

Библиографический список

1. Васильев, О. А. Современный этап развития ноосферы: научно обоснованный возврат в биологический круговорот органического вещества и химических элементов осадков городских сточных вод / О. А. Васильев, А. В. Поличкин, Л. Н. Михайлов. – Чебоксары : Изд-во ФГОУ ВПО Чувашская ГСХА, 2005. – 198 с.
2. Дабахова, Е. В. Определение доз влияния органических отходов в качестве удобрений // Проблемы региональной экологии. – 2005. – №1. – С. 87-92.
3. Еськов, А. И. Фиторемедиация почв, загрязненных бесподстилочным навозом / А. И. Еськов, Ю. А. Духанин, С. И. Тарасов. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 100 с.
4. Зубков, В. В. Соя в Среднем Поволжье: возделывание, переработка, использование (на примере Самарской области) : практическое руководство / В. В. Зубков, О. В. Терентьев, С. М. Соколов. – М. : ФГУ «Российский центр сельскохозяйственного консультирования», 2009. – 63 с.
5. Михайлов, Л. Н. Биосфера и Homo sapiens : монография. – Чебоксары : Колибри, 2008. – 72 с.
6. Михайлов, Л. Н. Компосты из твердых бытовых отходов : монография. – Чебоксары : Колибри, 2008. – 92 с.
7. Михайлов, Л. Н. Утилизация отходов городского коммунального хозяйства на современном этапе // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук. – Самара, 2008. – С. 148-151.
8. Петибская, В. С. Соя: химический состав и использование / под ред. В. М. Лукомца. – Майкоп : ОАО «Полиграф-ЮГ», 2012. – 431 с.