

## REVISITING ENZYMES IN QUAIL FARMING

Lepodarova A. V., Kozyrev S. G.

**Key words:** quails, multienzyme complex, RonozymeVP (ST), RoxazymeG2, Protosubtilin G3, egg-laying, blood morphological parameters, egg-laying capacity

**Abstract.** *The paper makes the case about enzymes in the national market and their high economic efficiency. Application of multienzymes RonozimVP (ST), RoxazimG2 and Protosubtilin G3 in quails feeding influenced positively blood morphological parameters and protected effective physiological parameters for genetic productivity. Application of multienzyme complex RonozymeVP (ST) influenced positively quantitative and qualitative properties of egg-laying of Estonian quails when their egg-laying capacity reached 88.71 %. The researchers observed laying on 42 day in the 2 experimental group whereas laying on 52, 46, 44 and 43 day in the control group and 3, 4 and 5 experimental group correspondently. The authors declare about egg mass gain 14.19 g whereas egg mass in the control and 3, 4 and 5 experimental group varied 10.14–12.84 g. These peculiarities demonstrate steady physiological condition and stimulating effect for quails bioresource potential when applying multienzyme complex RonozymeVP (ST).*

УДК 631.095

## КОМПЛЕКСНАЯ АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ УДОБРЕНИЙ

**М. С. Чемерис**, доктор биологических наук, профессор

**Н. А. Кусакина**, кандидат биологических наук, доцент

**Л. А. Осинцева**, доктор биологических наук, профессор

Новосибирский государственный аграрный университет

E-mail: marchem@mail.ru

**Ключевые слова:** экосистема, осадки сточных вод, токсиканты, тяжелые металлы

**Реферат.** *Приведены результаты исследования почвенной утилизации бытовых отходов. Установлено, что применение нетрадиционных удобрений в экологически обоснованных дозах не оказывает значительного пролонгированного действия на свойства пахотного горизонта серых лесных почв. При одноразовом применении осадков сточных вод (ОСВ) в дозе 12 т/га повышается содержание гумуса, увеличивается ёмкость катионного обмена, pH среды смещается к слабощелочной. Показано, что рациональное использование ОСВ не оказывает значительного влияния на элементную нагрузку и не нарушает экологического равновесия. С целью снижения миграционной подвижности тяжелых металлов, ограничивающих их применение, проведены исследования почвенной утилизации ОСВ совместно с известью, вызывающей подщелачивание почвы. Установлено, что все показатели валового содержания тяжелых металлов как в годы внесения удобрения, так и в последующие были ниже ПДК. Уровень загрязнения почвы по величине суммарного показателя концентрации по всем вариантам минимальный. Оценена биоэнергетическая эффективность и определены расчётные коэффициенты энергетической эффективности при одноразовом применении ОСВ в дозе 12 т/га при выращивании картофеля. При однократном внесении ОСВ в дозе 12 т/га установлено, что они являются высокоэнергетическим перспективным удобрением. Энергия накопления в прибавке урожая при одноразовом внесении ОСВ обеспечила наибольшее увеличение коэффициента энергетической эффективности на третий год последствия. Результаты исследований свидетельствуют о возможности почвенной утилизации ОСВ в качестве удобрений при условии организации биогеохимического мониторинга содержания тяжелых металлов в почве для выращивания экологически безопасной продукции.*

Интенсивное развитие промышленности и сельскохозяйственного производства, бурное развитие городов порождают огромное количество

отходов, что приводит к локальному или масштабному загрязнению окружающей среды и ухудшению здоровья человека [2]. Поиск безопасных для

здоровья населения и не загрязняющих окружающую среду способов их утилизации представляет собой одну из первостепенных экологических проблем [3]. Использование осадков сточных вод (ОСВ) городов позволяет одновременно решать комплекс актуальных задач: развитие пригородных хозяйств, санитарно-гигиенический и экологический аспекты, рациональное использование отходов органических веществ. Почвенная утилизация ОСВ – один из способов, который позволит решить ряд проблем: предотвратить загрязнение биосферы; ликвидировать угрозу дефицита пресной воды; увеличить производство и применение органических удобрений, превратить очистные сооружения в самоокупаемые рентабельные предприятия. Для безопасности экосистемы особенно важным является совершенствование приемов и методов возврата органического вещества осадков. Однако применение осадков на удобрения сдерживается наличием в них тяжелых металлов [5–7] и возможным загрязнением почв и продукции, т.е. эта проблема имеет разноплановые аспекты и неотделима от экологических последствий и сохранения почв [8, 9].

Цель исследований – провести комплексную агроэкологическую оценку применения нетрадиционных удобрений, определить рациональность использования осадков сточных вод при их почвенной утилизации.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые исследования с ОСВ проводили в 2005, 2007, 2011 гг. на опытном поле агробиостанции Кузбасской государственной педагогической академии. Рельеф участка ровный. Почвенный покров однородный. Почва опытного участка типична для лесостепной зоны: темно-серая лесная, иловато-пылеватый тяжелый суглинок с однородным почвенным покровом и единой предшествующей историей. Общая площадь исследований составляла (с защитными полосами) 700 м<sup>2</sup>, общая учётная площадь – 450 м<sup>2</sup>, площадь делянок – 70 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная, размещение делянок рендомизированное. С целью снижения подвижности тяжелых металлов, ограничивающих применение осадков в качестве удобрения, и возможного негативного влияния ОСВ на почву был включен вариант внесения ОСВ с известью. Первый вариант – контроль, второй вариант – внесение ОСВ, третий вариант – внесение известкованного ОСВ в тех же количествах. Дозы внесения осадков, обрабо-

танных известью, корректировали по содержанию кальция во избежание нежелательного повышения pH почвенной среды.

Почвенные пробы отбирали на глубину пахотного слоя 0–20 см в соответствии с общепринятыми методами. В пахотном слое до начала полевых опытов содержание гумуса 5,4%, общего азота – 0,27%, подвижного фосфора – 6,7 мг/100 г, подвижного калия – 11,3 мг/100 г, pH – 5,14, гидролитическая кислотность – 4,1 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощённых оснований – 35,9 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности основаниями – 89,8%. Используемый осадок сточных вод характеризуется следующими агрохимическими показателями: влажность – 39%, зольность – 56%, pH водной вытяжки 7,3, содержание доступных для растений форм элементов, мг/100 г: аммонийного азота – 12,3, нитратного азота – 59,8, калия – 13,7, фосфора – 20,8, содержание органического вещества 40%. Расчетную норму ОСВ в дозе 12 т/га вносили в пересчете на абсолютно сухое вещество.

В исследованиях использованы общепринятые лабораторные методы. Валовое содержание тяжёлых металлов и микроэлементов определялось атомно-абсорбционным методом на спектрометре «Квант-2А». Атомно-абсорбционный метод определения содержания микроэлементов в почвах выполнен при минерализации образцов в герметических сосудах с помощью азотной кислоты и измерении величины атомного поглощения микроэлементов при введении полученных растворов в пламя.

Затраты совокупной энергии рассчитывались по технологическим картам возделывания овощных культур.

Математическая обработка результатов исследований проведена методом дисперсионного анализа с применением прикладных программ для статистической обработки Statistica 6.0.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Улучшение физико-химических свойств почв (табл. 1) является одним из важнейших удобрительных эффектов ОСВ.

После однократного внесения осадка сточных вод весной под вспашку отмечается тенденция к увеличению содержания органических веществ.

Количество гумуса возросло при применении ОСВ на 1,4, а варианте ОСВ + известь на 2,0% по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние ОСВ на физико-химические свойства почвы

| Вариант             | pH          | Сумма обменных оснований, мг-экв/100г почвы | Гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г почвы | Степень насыщенности основаниями, % | Гумус, % | Общий азот, %   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г почвы | K <sub>2</sub> O мг/100 г почвы |
|---------------------|-------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------|----------|-----------------|------------------------------------------------|---------------------------------|
| <i>Первый год</i>   |             |                                             |                                                 |                                     |          |                 |                                                |                                 |
| Контроль            | 5,30 ± 0,12 | 35,95                                       | 4,20 ± 0,27                                     | 89,8                                | 5,4      | 0,27 ± 0,01     | 6,70 ± 0,2                                     | 13,1 ± 0,2                      |
| ОСВ                 | 5,48 ± 0,12 | 36,08                                       | 3,83 ± 0,22                                     | 90,2                                | 6,0      | 0,30 ± 0,01*    | 7,18 ± 0,3                                     | 13,6 ± 0,3                      |
| ОСВ + известь       | 5,50 ± 0,10 | 36,28                                       | 3,85 ± 0,19                                     | 90,4                                | 6,4      | 0,32 ± 0,01*    | 7,21 ± 0,3                                     | 13,4 ± 0,3                      |
| НСР <sub>0,05</sub> | 0,31        |                                             | 0,64                                            |                                     |          | 0,03            | 0,79                                           | 0,87                            |
| <i>Второй год</i>   |             |                                             |                                                 |                                     |          |                 |                                                |                                 |
| Контроль            | 5,21 ± 0,15 | 35,62                                       | 4,31 ± 0,16                                     | 89,2                                | 4,8      | 0,24 ± 0,02     | 6,73 ± 0,1                                     | 13,0 ± 0,3                      |
| ОСВ                 | 5,69, 0,14  | 36,42                                       | 2,03 ± 0,26*                                    | 94,3                                | 6,8      | 0,34 ± 0,02*    | 8,21 ± 0,4*                                    | 13,9 ± 0,2*                     |
| ОСВ + известь       | 5,71 ± 0,21 | 36,62                                       | 1,92 ± 0,15*                                    | 95,0                                | 7,4      | 0,37 ± 0,0, 20* | 8,34 ± 0,3*                                    | 14,2 ± 0,3*                     |
| НСР <sub>0,05</sub> | 0,36        |                                             | 0,63                                            |                                     |          | 0,06            | 0,89                                           | 0,73                            |

Примечание. Здесь и далее: \* P ≤ 0,05.

Гидролитическая кислотность достоверно снижается с 4,31 до 2,03 мг-экв /100 г в варианте ОСВ и до 1,92 – в варианте ОСВ + известь. Степень насыщенности почвы основаниями возрастает: на 5,1 % в варианте ОСВ и 5,8 в варианте ОСВ + известь.

Повышение уровня содержания гумуса и общего азота обуславливает накопление азотистых минеральных форм. Достоверное увеличение общего азота выявляется на третий год: в варианте ОСВ на 0,1 и в варианте ОСВ + известь на 0,13 % (НСР<sub>0,05</sub> 0,06) по сравнению с контролем. Наряду с источником азота осадки городских сточных вод выполняют важную роль в пополнении запасов фосфора в почве. Фосфатный режим почвы в контроле за годы наблюдения был относительно стабильным. Высокое содержание фосфора в ОСВ при внесении в почву достоверно повышает уровень подвижного фосфора: в варианте ОСВ на 1,48, а в варианте ОСВ + известь на

1,61 мг/100 г почвы. Последствие возрастало от момента внесения к третьему году наблюдений, что, видимо, связано с процессами минерализации органических фосфатов и постепенным переходом их в доступную для растений форму. В отличие от фосфора, роль калия осадков сточных вод в формировании питательного режима пахотных почв незначительна. Это связано с относительно небольшим содержанием солей калия в составе ОСВ.

Так как основным фактором, ограничивающим использование осадков, являются тяжёлые металлы, было определено содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве до проведения исследований. Результаты, представленные в табл. 2, показывают, что оно находилось в пределах норм.

В Российской Федерации методика определения экологически допустимых доз осадков сточных вод разработана лабораторией биотехниче-

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почве, мг/ кг

| Элемент  | Водная вытяжка с добавлением аминно-ацетатного буферного раствора, pH 4,8 | ПДК, мг/кг почвы с учетом фона* |
|----------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Медь     | 0,291                                                                     | 3,0                             |
| Цинк     | 0,410                                                                     | 23                              |
| Свинец   | < 0,10                                                                    | 6,0                             |
| Никель   | < 0,10                                                                    | 4,0                             |
| Марганец | 3,041                                                                     | 500                             |
| Кобальт  | < 0,10                                                                    | 5,0                             |

\*СанПин 2.1.7.573–96.

ских методов утилизации органических отходов ВНИПТОУ. Принцип расчета основан на том, что после внесения ОСВ суммарное содержание токсикантов в почве (с учетом рассеивания в пахотном слое) не должно превышать ПДК:

$$\Phi + D \leq \text{ПДК},$$

где  $\Phi$  – фоновое содержание токсиканта в почве, мг/кг;

$D$  – дополнительное внесение токсиканта в пахотный горизонт с ОСВ, мг/кг;

ПДК – предельно допустимая концентрация, мг/кг [2].

На основании ПДК тяжелых металлов в почве определялось допустимое суммарное количество внесения осадков по формуле

$$D_{\text{общ}} = (\text{ПДК} - \Phi) \cdot 2600 \text{ (кг/га)},$$

где  $\Phi$  – фоновое содержание токсиканта в почве до внесения ОСВ, мг/кг;

2600 – масса пахотного слоя почвы, т/га, в пересчете на сухое вещество.

Среднюю ежегодную дозу ( $D_{\text{ср}}$ ) внесения ОСВ в почву рассчитывают по формуле

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{общ}}}{50 \cdot C_{\text{ос}}} \text{ т/га по сухому веществу},$$

где 50 – максимальный общий срок в годах внесения ОСВ на один и тот же участок;

$C_{\text{ос}}$  – концентрация определяемого элемента в ОСВ, мг/кг.

Максимальная разовая доза внесения ОСВ в почву при частоте один раз в 5 лет составляет:

$$D_{\text{макс}} = 5 \cdot D_{\text{ср}}, \text{ т/га по сухому веществу}.$$

После расчета  $D_{\text{макс}}$  по каждому потенциально токсичному элементу в качестве рекомендуемой к применению концентрации была выбрана наименьшая, т.е. по самому лимитирующему элементу. Расчет максимально допустимой дозы внесения осадков сточных вод проводили по 10 микроэлементам, накопление которых в почве может способствовать нарушению экологического равновесия агроценоза: кадмию, кобальту, марганцу, молибдену, олову, свинцу, хрому, меди, цинку, никелю.

Дозы осадков, рассчитанные с учетом концентрации в них подвижных форм металлов, а также естественного геохимического фона исследуемых почв, несколько превысили максимальный уровень доз их внесения, полученный на основе дан-

ных по валовому содержанию. Это, прежде всего, связано с низким фоновым содержанием лабильных форм микроэлементов в почве. Кроме того, введение в расчеты искусственных коэффициентов регрессии заметно ужесточает адекватную дозу осадков. Следовательно, содержание в ОСВ и почве биодоступных форм тяжелых металлов есть наиболее объективный критерий оценки экологического нормирования осадков в дозе 12 т/га.

Существенное влияние на миграционную активность оказывают кислотно-щелочные условия. Считается, что подщелачивание почвы заметно снижает лабильность металлов за счет процессов химической и биологической сорбции. При изменении pH одновременно происходят процессы иммобилизации и хелатирования металлов [10–12]. На подвижность металлов в почве сильно влияет концентрация в ней органического вещества, вносимого с ОСВ. Переход элементов в малоподвижную форму протекает интенсивно в почвах с высоким его содержанием.

В результате исследований (табл. 3) установлено, что в первый год действия ОСВ содержание ТМ не выше ПДК, но достоверно выше контрольных показателей при  $t_{\text{факт}} > t_{\text{теор}}$ : цинка – на 5,68 мг/кг ( $\text{НСР}_{0,05} 4,53$ ), меди – на 4,73 ( $\text{НСР}_{0,05} 2,0$ ), никеля – на 2,41 мг/кг ( $\text{НСР}_{0,05} 2,14$ ). В последующие годы содержание тяжелых металлов значительно снижается.

В последнее время в качестве показателей, характеризующих относительную степень загрязнения почвы при использовании ОСВ, применяются коэффициент концентрации (КК) и показатель суммарного загрязнения ( $Z_c$ ). Уровень загрязнения тяжелыми металлами почвы оценивали по величине коэффициента концентрации (КК), показывающего, во сколько раз содержание элемента в опытном варианте превышает контроль.

При внесении осадков сточных вод в первый год отмечена тенденция к увеличению в пахотном слое ряда ТМ: цинка, меди, никеля, свинца, хрома – их значения КК составили 1,01–1,22 (табл. 4).

При этом в варианте с известкованным ОСВ величина КК значительно уменьшилась. Уровень загрязнения почв по величине КК в варианте с ОСВ соответствует минимальному уровню – КК более 1, но менее 1,5. За нижний порог аномальности предлагается принять содержание с коэффициентом концентрации, равным 1,5. Следует заметить, что данные по показателю суммарного загрязнения характеризуют общую относительную картину загрязнения среды токсичными элементами.

Таблица 3

Влияние осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг

| Год  | Вариант             | Цинк        | Медь        | Кадмий      | Свинец     | Никель      | Кобальт    | Хром       |
|------|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|------------|------------|
| 2005 | Контроль – фон      | 71,23±1,46  | 21,20±0,87  | 0,221±0,025 | 9,75± 0,34 | 35,21±0,78  | 10,12±0,18 | 33,93±0,92 |
|      | ОСВ                 | 76,91±1,06* | 25,93±0,33* | 0,213±0,043 | 10,81±0,48 | 37,62±0,5*  | 9,57±0,34  | 36,45±1,01 |
|      | ОСВ + известь       | 74,52±1,84  | 21,51±0,55  | 0,210±0,037 | 10,35±0,42 | 37,94±0,87* | 9,94±0,31  | 32,82±0,83 |
|      | НСР <sub>0,05</sub> | 4,00        | 1,84        | 0,087       | 1,06       | 1,75        | 0,68       | 2,63       |
| 2007 | Контроль            | 72,35±1,74  | 21,45±0,56  | 0,215±0,015 | 10,87±0,42 | 36,29±0,83  | 10,94±0,24 | 34,92±1,02 |
|      | ОСВ                 | 77,43±1,29* | 24,53±0,52* | 0,198±0,032 | 11,45±0,34 | 37,93±0,74  | 10,54±0,19 | 37,22±0,97 |
|      | ОСВ + известь       | 70,32±1,52  | 21,57±0,56  | 0,185±0,057 | 11,19±0,30 | 38,43±0,72  | 10,11±0,24 | 30,97±0,65 |
|      | НСР <sub>0,05</sub> | 4,53        | 1,67        | 0,111       | 1,10       | 2,34        | 0,63       | 2,23       |
| 2011 | Контроль            | 74,31±0,92  | 21,71±0,67  | 0,216±0,022 | 10,17±0,35 | 37,49±0,71  | 11,43±0,17 | 35,16±1,13 |
|      | ОСВ                 | 78,7±1,88   | 23,61±0,67* | 0,177±0,014 | 10,33±0,39 | 38,0±0,52   | 10,37±0,29 | 37,17±1,18 |
|      | ОСВ + известь       | 72,97±1,27  | 21,97±0,63  | 0,136±0,043 | 10,16±0,29 | 38,5±0,49   | 10,54±0,25 | 31,32±0,99 |
|      | НСР <sub>0,05</sub> | 5,44        | 1,89        | 0,091       | 1,00       | 1,60        | 0,76       | 2,86       |
|      | ПДК                 | 108         | 63          | 2           | 32         | 83          | 30         | 100        |

Таблица 4

Влияние осадков сточных вод на величину коэффициента концентрации валовых форм тяжелых металлов

| Год  | Вариант       | Коэффициенты концентрации металлов |      |        |        |        |         |      | Суммарный показатель концентрации, $Z_c$ |
|------|---------------|------------------------------------|------|--------|--------|--------|---------|------|------------------------------------------|
|      |               | цинк                               | медь | кадмий | свинец | никель | кобальт | хром |                                          |
| 2005 | ОСВ           | 1,08                               | 1,22 | < 1    | 1,11   | 1,08   | < 1     | 1,07 | 1,56                                     |
|      | ОСВ + известь | 1,05                               | 1,01 | < 1    | 1,06   | 1,07   | < 1     | < 1  | 1,19                                     |
| 2007 | ОСВ           | 1,07                               | 1,14 | < 1    | 1,02   | 1,04   | < 1     | 1,06 | 1,33                                     |
|      | ОСВ + известь | < 1                                | 1,01 | < 1    | 1,03   | 1,06   | < 1     | < 1  | 1,1                                      |
| 2011 | ОСВ           | 1,06                               | 1,09 | < 1    | 1,0    | 1,01   | < 1     | 1,04 | 1,20                                     |
|      | ОСВ + известь | < 1                                | 1,01 | < 1    | 1,02   | 1,03   | < 1     | < 1  | 1,06                                     |

Уровень загрязнения почвы по величине суммарного показателя концентрации ( $Z_c$ ) по всем вариантам минимальный: больше 1, но меньше 2. При разовом внесении осадка сточных вод в первый год уровень  $Z_c$  составил 1,56, а в последующие годы – 1,33 и 1,20 соответственно.

При получении из природных систем полезной продукции на её единицу затрачивается всё больше энергии. Особенно актуальна постановка этого вопроса в современных сложных экономических условиях, когда необходимо соизмерять затраты энергии с энергией, получаемой в приращке урожая. Мероприятия по применению удобрений, в том числе и при почвенной утилизации ОСВ, в сельском хозяйстве должны быть энергетически эффективны.

Биоэнергетическая эффективность применения ОСВ в качестве удобрения определялась по совокупным затратам энергоресурсов на воз-

делывание и накопление потенциальной энергии в урожае основной продукции [13]. Энергия, накопленная в сельскохозяйственной продукции, оценивалась в джоулях и учитывалась в основной продукции и в общем урожае с учетом побочной продукции. Количество энергии, накопленной в основной сельскохозяйственной продукции, полученной от применения удобрений, определялось по формуле

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

где  $V_f$  – содержание энергии в основной продукции;  
 $Y_n$  – приращка урожая основной продукции 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 центнеров в килограммы.

Энергетическая эффективность (энергоотдача, или биоэнергетический КПД) применения ОСВ определялась по формуле

$$\eta = V_f / A_0,$$

где  $\eta$  – энергетическая эффективность, ед.;

$V_f$  – количество энергии, полученной в при-  
бавке основной продукции от удобрений,  
МДж;

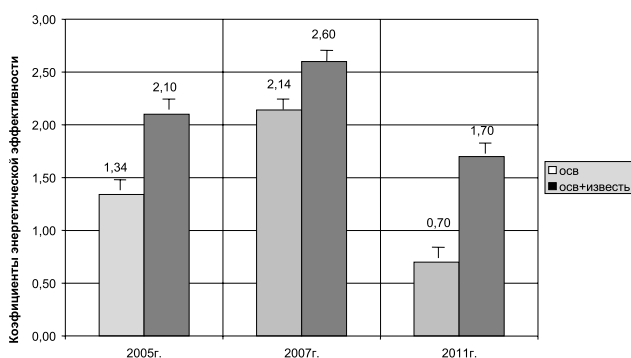
$A_0$  – энергозатраты на применение удобрений,  
МДж.

Расчёты биоэнергетической эффективности применения ОСВ при возделывании картофеля приведены в табл. 5.

Таблица 5

Биоэнергетическая оценка применения осадков сточных вод при возделывании картофеля  
за 2005–2011 гг.

| Вариант       | Энергия накопления в прибавке<br>урожа, МДж/га |         |         | Суммарная<br>энергия, МДж/га | Энергозатраты,<br>МДж/га | Энергетический<br>коэффициент, ед. |
|---------------|------------------------------------------------|---------|---------|------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
|               | 2005 г.                                        | 2007 г. | 2011 г. |                              |                          |                                    |
| ОСВ           | 8052                                           | 12810   | 4392    | 25254                        | 6000                     | 4,21                               |
| ОСВ + известь | 12810                                          | 16104   | 10248   | 39162                        | 9380                     | 4,18                               |



Коэффициенты энергетической эффективности  
использования ОСВ

Расчёты энергетической эффективности использования ОСВ в качестве удобрения показывают, что хотя энергозатраты известкованного ОСВ выше на 3380 МДж/га неизвесткованного, но за счёт увеличения суммарной энергии накопления в урожае до 39162 МДж/га по сравнению с вариантом ОСВ – 25254 МДж/га энергетические коэффициенты этих вариантов оказались почти одинаковыми и очень высокими – 4,18 и 4,21 соответственно.

Энергия накопления в прибавке урожая при однократном внесении осадков сточных вод обеспечила наибольшее увеличение коэффициента энергетической эффективности на третий год последствий, как в варианте ОСВ ( $\eta=2,14$ ), так и ОСВ + известь ( $\eta=2,6$ ). В 2011 г. энергетический коэффициент остаётся положительным только варианте ОСВ + известь ( $\eta=1,7$ ), что говорит о более продолжительном влиянии на агросистему известкованного осадка сточных вод (рисунок).

Таким образом, при применении ОСВ в качестве удобрения надо учитывать, что их воздей-

ствие на почвенно-биотический комплекс чрезвычайно велико. С одной стороны, ОСВ является высокоэнергетическим удобрением. Это способствует выравниванию отрицательного баланса в почве элементов питания при выносе их растениями, а органическое вещество, которое содержит осадки, является материалом для процессов гумусообразования, положительно воздействуя на физико-химические свойства почвы. С другой стороны, ОСВ содержат тяжелые металлы и нерациональное их использование может привести к увеличению техногенной нагрузки на сельскохозяйственные площади.

## ВЫВОДЫ

1. Осадки сточных вод городов оказывают существенное влияние на показатели потенциального плодородия почв. При однократном применении ОСВ в дозе 12 т/га весной под вспашку отмечается положительное влияние на физико-химические свойства почвы: увеличивается уровень содержания элементов: общего азота, подвижного фосфора, обменного калия, повышается содержание гумуса, увеличивается ёмкость катионного обмена, рН среды смещается к слабощелочному.
2. Рациональное использование ОСВ не оказывает значительного влияния на элементную нагрузку агроэкосистемы и не нарушает экологического равновесия. В первый год внесения ОСВ содержание тяжелых металлов не выше ПДК, но выше контрольных показателей при  $t_{\text{факт}} > t_{\text{теор}}$ . В последующие годы содержание тяжелых металлов значительно

снижается. Уровень загрязнения почвы по величине суммарного показателя концентрации по всем вариантам минимальный:  $Z_c$  больше 1, но меньше 2.

3. ОСВ являются высокоэнергетическим удобрением, увеличивая аккумуляцию энергии растениями. Выявлены положительные энергетические коэффициенты при применении ОСВ ( $\eta=4,21$ ), а также ОСВ с известью

( $\eta=4,18$ ). Энергия, затраченная на выращивание картофеля, полностью перекрывается энергией, полученной с урожаем. Энергия накопления в прибавке урожая при однократном внесении ОСВ обеспечила наибольшее увеличение коэффициента энергетической эффективности на третий год последствий, как в варианте ОСВ ( $\eta=2,14$ ), так и ОСВ+известь ( $\eta=2,6$ ).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Проблемы сельскохозяйственной экологии* / А. Г. Незавитин, В. Л. Петухов, А. Н. Власенко [и др.] – Новосибирск: Наука. Сиб. изд. фирма РАН, 2000. – 255 с.
2. *Чемерис М. С.* Экологические основы утилизации осадков городских сточных вод (на примере мегаполиса г. Новосибирска): дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2006.
3. *Чемерис М. С.* Экологические основы утилизации осадков городских сточных вод (на примере мегаполиса г. Новосибирска): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2006.
4. *Чемерис М. С.* Экологическая безопасность применения осадков сточных вод в качестве удобрения при выращивании пшеницы // Докл. Рос. акад. с.-х. наук. – 2006. – № 6. – С. 34–36.
5. *Зубко И. А., Чемерис М. С.* Оценка полиэлементных аномалий в почве при применении осадков сточных вод // Вестн. НГАУ. – 2011. – № 4 (20). – С. 23–27.
6. *Последствие* внесения ОСВ и известкования на содержания подвижных форм тяжелых металлов в пахотном слое почвы и их транслокацию в растительную продукцию / В. А. Касатиков, М. С. Чемерис, И. М. Яшин, А. А. Пескарев // Плодородие. – 2012. – № 5. – С. 45–47.
7. *Чемерис М. С.* Влияние осадков сточных вод на содержание тяжелых металлов в растениях // Актуальные проблемы геохимической экологии: материалы V Междунар. биогеохим. шк. – Семипалатинск, 2005. – С. 402–404.
8. *Чемерис М. С.* Устойчивость почв при использовании осадков сточных вод и микробиологического препарата «Бак-Сиб» в качестве удобрения // Вестн. Том. гос. ун-та. – 2005. – № 15. – С. 188–191.
9. *Чемерис М. С.* Экологическая эффективность использования осадков сточных вод // Вестн. Краснояр. аграр. ун-та. – 2005. – № 9. – С. 111–118.
10. *Content of 137CS and SOSR in the forages of various ecological zones of Western Siberia* / O. S. Korotkevich, V. L. Petukhov, O. I. Sebezko [et al.] // Russian Agricultural Sciences. – 2014. – N 3 (40). – P. 195–197.
11. *Heavy metal concentration in water and soil of different ecological areas of Tyva Republic* / R. B. Chysyma, Y. Y. Bakhtina, V. L. Petukhov [et al.] // Journal De Physique. IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment / Editors: C. Boutron, C. Ferrar. – Grenoble, 2003. – P. 301–302.
12. *The content of heavy metals in feeds of Tyva Republic* / R. B. Chysyma, V. L. Petukhov, E. E. Kyzmina [et al.] // Ibid. – P. 297–299.
13. *Булаткин Г. А., Ларионов В. В.* Энергетическая эффективность земледелия и агросистем: взаимосвязь и противоречия // Агрохимия. – 1997. – № 3. – С. 63–66.
1. *Nezavitin A. G., Petukhov V. L., Vlasenko A. N. [i dr.]. Problemy sel'skokhozyaystvennoy ekologii.* Novosibirsk: Nauka. Sib. izd. firma RAN, 2000. 255 p.
2. *Chemieris M. S. Ekologicheskie osnovy utilizatsii osadkov gorodskikh stochnykh vod (na primere megapolisa g. Novosibirsk).* [Dis. ... d-ra biol. nauk]. Novosibirsk, 2006.
3. *Chemieris M. S. Ekologicheskie osnovy utilizatsii osadkov gorodskikh stochnykh vod (na primere megapolisa g. Novosibirsk).* [Avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk]. Novosibirsk, 2006.
4. *Chemieris M. S. Ekologicheskaya bezopasnost' primeneniya osadkov stochnykh vod v kachestve udobreniya pri vyrashchivani pshenitsy* [Dokl. Ros. akad. s.-kh. nauk], no. 6 (2006): 34–36.
5. *Zubko I. A., Chemieris M. S. Otsenka polielementnykh anomalii v pochve pri primenenii osadkov stochnykh vod* [Vestn. NGAU], no. 4 (20) (2011): 23–27.
6. *Kasatnikov V. A., Chemieris M. S., Jashin I. M., Peskarev A. A. Posledeystvie vneseniya OSV i izvestkovaniya na sodержaniya podvizhnykh form tyazhelykh metallov v pakhotnom sloe pochvy i ikh translokatsiyu v rastitel'nyu produktsiyu* [Plodородие], no. 5 (2012): 45–47.

7. Chemeris M.S. *Vliyanie osadkov stochnykh vod na sodержanie tyazhelykh metallov v rasteniyakh* [Aktual'nye problemy geokhimicheskoy ekologii: materialy V Mezhdunar. biogeokhim. shk.]. Semipalatinsk, 2005. pp. 402–404.
8. Chemeris M.S. *Ustoychivost' pochvy pri ispol'zovanii osadkov stochnykh vod i mikrobiologicheskogo preparata «Bak-Sib» v kachestve udobreniya* [Vestn. Tom. gos. un-ta], no. 15 (2005): 188–191.
9. Chemeris M.S. *Ekologicheskaya effektivnost' ispol'zovaniya osadkov stochnykh vod* [Vestn. Krasnoyar. agrar. un-ta], no. 9 (2005): 111–118.
10. Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Sebezko O.I. et al. Content of 137CS and SOSR in the forages of various ecological zones of Western Siberia. *Russian Agricultural Sciences*, no. 3 (40) (2014): 195–197.
11. Chysyma R.B., Bakhtina Y.Y., Petukhov V.L. et al. Heavy metal concentration in water and soil of different ecological areas of Tyva Republic. *Journal De Physique. IV: JP XII International Conference on Heavy Metals in the Environment*. Editors: C. Boutron, C. Ferrar. Grenoble, 2003. pp. 301–302.
12. Chysyma R.B., Petukhov V.L., Kyzmina E.E. et al. The content of heavy metals in feeds of Tyva Republic. *Ibid.* pp. 297–299.
13. Bulatkin G.A., Larionov V.V. *Energeticheskaya effektivnost' zemledeliya i agrosistem: vzaimosvyaz' i protivorechiya* [Agrokimiya], no. 3 (1997): 63–66.

### COMPLEX AGROECOLOGICAL ESTIMATION OF APPLICATION OF UNIQUE FERTILIZERS

**Chemeris M.S., Kusakina N.A., Osintseva L.A.**

*Key words:* ecosystem, wastewater sludge, toxic agents, heavy metals

*Abstract. The article shows the results on soil recycling of municipal waste. The authors declare that application of unique fertilizers dosed economically efficient does not influence much the qualities of grey forest soil plough-layer. Single application of wastewater sludge dosed as 12t/ha increases humus concentration, cation exchange capacity and environmental pH becomes weakly alkaline. The paper finds out that efficient application of wastewater sludge doesn't make effect on element burden and doesn't break ecological balance. The authors conduct research on soil recycling of municipal waste with lime, which causes alkalization of the soil in order to reduce migration mobility of heavy metals, which restrict their application. The research has shown that all parameters of total heavy metals were lower than admissible concentration unit in the years of fertilizing and in the following years. Soil pollution was minimal according to all criteria. The authors estimated bioenergetics efficiency of single application of wastewater sludge dosed as 12 t/ha when growing potato. Single application of wastewater sludge dosed as 12 t/ha demonstrated that wastewater sludge is high energy fertilizer. Stacking energy in extra yield at single application of wastewater sludge increased energy coefficient for the 3<sup>d</sup> year. This contributes to soil recycling of wastewater sludge as a fertilizer in case of biogeochemical monitoring of heavy metals concentration in the soil for growing environmentally sound production.*