УДК 631.5

# ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОСЕВОВ КЛЕВЕРО-ТИМОФЕЕЧНОЙ СМЕСИ

**[1]Иванов Д.А., [2]Сутягин В.П., [2]Тюлин В.А.**

*[1]Всероссийский НИИ мелиорированных земель (ВНИИМЗ), e-mail: volok123@gmail.com;*
*[2]ФГБОУ ВО Тверская ГСХА, Тверь*

Исследования, выполненные в стационарном опыте агроэкологического полигона ВНИИМЗ и стационарном опыте Тверской ГСХА показали, что, на формирование энергетического потока многолетних травостоев значительное влияние оказала экспозиция склона конечно моренного холма. Установлено снижение энергии урожая клеверотимофеечной смеси на третий и четвёртый год пользования. В среднем энергия урожая клеверотимофеечной смеси на четвёртый год пользования на 100 ГДж/га меньше энергии урожая многолетних трав 1 г.п. Корреляционно-регрессионный анализ выявил параболическую зависимость энергетического эквивалента урожайности многолетних трав от срока их пользования.

**Ключевые слова: эдафические показатели, гумус, бобово-злаковая поликомпонентная смесь, агроландшафтный стационар, экспозиция склона, конечно моренный холм, пожнивно-корневые остатки, клеверо-тимофеечная смесь, севооборот**

# ENERGY FLOWS CLOVER CROPS TIMOFEECHNOY-MIX PERENNIAL HERBAGE

**[1]Ivanov D.A., [2]Sutjagin V.P., [2]Tjulin V.A.**

*[1]All-Russian research Institute of reclaimed lands (VNIIMS), e-mail: volok123@gmail.com;*
*[2]Federal state budgetary educational institution of Higher Education Tver State Agricultural Academy, Tver*

Studies carried out in the stationary experiment agroecological landfill VNIIMZ and stationary experiment Tver State Agricultural Academy have shown that the formation of the energy flow of a multi-year herbage significantly influenced by the exposure of the slope course moraine hill. Mouth-lished to reduce energy crop kleverotimofeechnoy mixture to the third and fourth year of use. The average energy yield kleverotimofeechnoy mixture into the fourth year of use of 100 GJ / ha less energy yield of perennial grasses 1 GP Correlation and regression analysis revealed a parabolic dependence of the energy equivalent yield of perennial grasses on the duration of their use.

**Keywords: edaphic indicators, humus, legume-grass mixture polycomponent, agroland-shaftny hospital, slope exposition, of course moraine hill-root crop residues timofeechnaya clover mixture, crop rotation**

В настоящее время активно обсуждается вопрос о необходимости использования биологических, или фитоценотических, особенностей бобовых культур для сохранения плодородия почвы, контроля обилия сорной растительности в посевах культур, стабилизации продуктивности пашни и т.д. Их активная роль в биологическом круговороте веществ и энергии в агрофитоценозах выделяет их в группу отличных предшественников для остальных культур. В Центральном Нечерноземье такими свойствами обладают многолетние бобовые травы, в основном клевер, и многолетние бобово-злаковые травы, которые в регионе представлены в основном клеверо-тимофеечной смесью [6, 8, 9, 10].

Энергетической основой функционирования системы «почва – растение» является аккумуляция и трансформация органического вещества в почве, что показано в многочисленных исследованиях отечественных и зарубежных авторов [2. 3]. Основной составляющей её признаётся гумус почвы, параметры которого значительно варьируют в количественном и качественном отношении по зонам и типам почвы [4, 9].

Уровень гумусированности почвы зависит от состояния принятой системы земледелия, которая призвана должным образом обеспечить воспроизводство гумуса без дополнительных, неоправданно высоких затрат. Исследования в этом направлении указывают на возможность пополнения запасов органического вещества почвы за счёт растительных остатков. Л.В. Ильина [2] приводит данные о том, что замена клевера на викоовсяную смесь способствует увеличению дефицита гумуса на 0,42 т/га в год. Введение в севооборот клевера повышает эффективность внесения навоза и минеральных удобрений в гумусообразовании серых лесных тяжелосуглинистых почв на 5,8…0,2 т/га.

Разнообразные данные о трансформации органического вещества в ландшафте удобнее анализировать и сопоставлять при переводе их в энергетические единицы. Результаты исследований баланса элементов питания в почве дают основание констатировать, что пахотные горизонты под севооборотами, в структуре посевных площадей которых имеются многолетние бобовые или бобово-злаковые травы, имеют положительный баланс фосфора и органического вещества почвы, что так же может служить индикатором устойчивости агрофитоценозов [1, 5, 7].

Расширение посевов злакобобовых травостоев особенно актуально для земельных угодий нечерноземной зоны, почвы которых нуждаются в больших количествах удобрений, поскольку почвы Тверской области содержат гумус 2,1 %, что соответствует группе среднеобеспеченных [9, 10].

## Цель исследования

Изучить интенсивность энергетических потоков в системе «растение – почва» на примере посевов клеверо-тимофеечной смеси в зависимости от ландшафтно-экологических условий и возраста растительных сообществ.

## Материалы и методы исследования

Исследования проводились в стационарном опыте ВНИИМЗ и Тверской ГСХА. Агроландшафтный стационар, в пределах которого проводились исследования, общей площадью 50 га, находится в 4-х км к юго-востоку от г. Твери. В его пределах четко выделяются три геоморфологических элемента: обширная плоская вершина, длинные пологие склоны (до 4-х градусов) и хорошо выраженные межхолмные депрессии, являющиеся местными базисами эрозии. В процессе почвенного обследования 1996 г. было выявлено, что 12,6 % площади объекта занято дерново-подзолистыми слабоглеенными почвами, 49,1 % дерново-подзолистыми глееватыми, а 38,3 % дерново-подзолистыми глеевыми и дерново-глеевыми почвами.

Почвы агроэкологического стационара осушены регулярным гончарным дренажем с междренными расстояниями от 20 до 40 м. Агрохимическое обследование почв стационара проводилось в начале и конце исследований. Почва на южном склоне дерново-подзолистая слабооглеенная супесчаная, среднеслабосмытая на мощном двучлене, содержание гумуса составляло 2,92 %, $P_2O_5$ – 727 и $K_2O$ – 238 мг/кг почвы, pH KCl – 5,81. Плоская вершина характеризуется дерново-подзолистой, преимущественно глееватой песчаной почвой на среднемощном двучлене, содержание гумуса составляет 2,69 %, $P_2O_5$ – 439 и $K_2O$ – 292 мг/кг почвы, pH KCl – 5,36). На северном склоне почва дерново-подзолистая глееватая легкосреднесуглинистая на маломощном двучлене, содержание гумуса составляло 3,21 %, $P_2O_5$ – 289 и $K_2O$ – 116 мг/кг почвы, pH KCl – 6,12. Удобрения за время наблюдений не вносились.

Опыт 1 был расположен на полигоне в составе полевого травянозернового севооборота, где исследовали многолетние травы первого, второго и третьего года пользования, ботанический состав – клеверотимофеечная смесь. Удобрения не вносились. Исследования проводились с 2008-2010 гг.

Во втором опыте (1997-1998 гг.) в пределах опытного поля Тверской ГСХА на северном склоне холма исследовали севообороты с короткой ротацией – плодосменный (С1) и лугопастбищный (С2) севообороты с различным сроком пользования многолетними травами: (С1) – 1) клевер – 2) картофель – 3) ячмень с подсевом многолетних трав – 4) травы 1 г.п. – 5) травы 2 г.п. – 6) травы 3 г.п. – 7) озимая рожь с подсевом клевера; (С2) 1) ячмень с подсевом клеверо-тимофеечной смеси; 2-5) – клеверотимофеечная смесь 1 – 4 г.п. Почвы опытных участков были представлены дерново – среднеподзолистыми супесчаными почвами с нейтральной $pH_{KCl}$, содержание органического вещества находилось в пределах 2,5 -2,7 %, содержание доступного фосфора составляло 150-220 мг/кг, калия – 90-120 мг/кг почвы.

## Результаты исследования и их обсуждение

Природные условия склонов различной экспозиции конечно-моренного холма, ботанический состав посевов многолетних трав, сроки их использования оказывают существенное влияние на энергетический баланс агроэкосистемы.

Данные табл. 1 свидетельствуют, что на южном склоне количества органического вещества меньше в результате более высокой скоростью минерализации.

Такая же тенденция наблюдается и в почвах севооборотов с короткой ротацией на опытном поле ТГСХА. Энергетический потенциал почвы под лугопастбищным севооборотом почти равен потенциалу почвы севооборота агроландшафтного полигона. Однако почвы плодосменного севооборота имеют энергетический потенциал на 217 ГДж/га меньше, чем в лугопастбищном севообороте (табл. 1). Следует отметить, что в плодосменном севообороте наблюдается снижение энергетического потенциала почвы при увеличении срока пользования многолетними травами на 62 ГДж/га при доверительном интервале 103,6 ГДж/га. В лугопастбищном севообороте данная тенденция наблюдается только на четвёртый год пользования, где снижение составляет 42 ГДж/га при доверительном интервале 66,6 ГДж/га. Причина в том, что при второй ротации севооборота в почву поступает большое количество органического материала, который минерализуется и стабилизируется в многолетних травах только к четвёртому году. Кроме того, в плодосменном севообороте минерализация органического вещества ускорена за счёт пропашных культур и увеличения доли зерновых посевов.

Энергетический потенциал почвы во многом определяется количеством пожнивно-корневых остатков, образованных культурой. В табл. 2 представлены энергетические эквиваленты пожнивно-корневых остатков многолетних травостоев на агроландшафтном полигоне и севооборотах короткой ротации. Исследования показали, что энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков в посевах клеверотимофеечной травосмеси возрастал при увеличении срока пользования многолетними травами.

**Таблица 1**

Потенциальный запас энергии органического в слое почвы 0 – 20 см, ГДж/га

| Культура | С1 (ТГСХА) | С2 (ТГСХА) | Полигон ВНИИМЗ |
|---|---|---|---|
| Клеверо-тимофеечная смесь 1 г.п. | 1593,9 | 1794,0 | 1749,2 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 2 г.п. | 1573,2 | 1794,0 | 1511,1 |
| Клеверо-тимофеечная смесь) 3 г.п. | 1531,8 | 1794,0 | 1921,7 |
| Клеверо-тимофеечная смесь) 4 г.п. | - | 1752,6 | - |
| среднее | 1566,3 | 1783,6 | 1715,8 |
| Доверительный интервал, ± ГДж/га | 103,6 | 66,6 | 249,0 |

**Таблица 2**

Энергетический эквивалент массы пожнивно-корневых остатков агрофитоценозов многолетних трав на агроландшафтном полигоне, ГДж/га сухой массы (опыт 1)

| Элемент рельефа | Клеверо-тимофеечная смесь 1 г.п. г 2008-2010 гг. | Клеверо-тимофеечная смесь 2 г.п. 2008-2010 гг. | Клеверо-тимофеечная смесь 3 г.п. 2008-2010 гг. | Клеверо-тимофеечная смесь среднее |
|---|---|---|---|---|
| южный склон | 130,3 | 119,8 | 169,8 | 140,0 |
| вершина холма | 135,8 | 144,3 | 197,1 | 159,1 |
| северный склон | 108,9 | 141,3 | 168,8 | 139,7 |
| среднее | 125,0 | 135,1 | 178,6 | 146,2 |
| Доверительный интервал, ± ГДж/га | 6,4 | 20,5 | 17,0 | 10,1 |

**Таблица 3**

Энергетический эквивалент пожнивно-корневых остатков клеверо-тимофеечной смеси в севооборотах с короткой ротацией в пределах опытного поля Тверской ГСХА

| | Плодосменный (С1) | луго-пастбищного С(2) | среднее |
|---|---|---|---|
| Клеверо-тимофеечная смесь 1 г.п. | 177,0 | 178,3 | 177,7 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 2 г.п. | 220,6 | 224,7 | 222,7 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 3 г.п. | 259,6 | 220,2 | 239,9 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 4 г.п. | - | 261,4 | 130,7 |
| среднее | 164,3 | 221,2 | 192,7 |

Так, энергия пожнивно-корневых остатков клеверотимофеечной смеси 1 г.п. на 57 ГДж/га меньше, чем у травостоя 3 г.п. Следовательно, увеличение срока пользования многолетних трав повышает энергетический потенциал агроэкосистемы «почва – растение» при этом, разница между минимальными и максимальными значениями больше доверительного интервала.

Экспозиции склонов оказали заметное влияние на энергетические характеристики агросистемы ландшафтного полигона. Данные табл. 2 свидетельствуют, что независимо от ботанического состава и срока пользования многолетним травостоем наибольший энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков накапливается на вершине конечного моренного холма. Влияние экспозиции склонов на процесс накопления энергии во многом определяется свойствами травостоя и погодными условиями. Так, многолетние травы 1 г.п. и 3 г.п. больше энергии накапливают на южном склоне, а посевы клеверотимофеечная смесь 2 г.п. – на северном склоне. Разница между северным и южным склоном составляет от 5 ГДж/га.

Энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков в системе севооборотов в пределах опытного поля Тверской ГСХА также повышается при увеличении срока пользования многолетними травами. Причина состоит в том, что срок пользования многолетними травами влияет на узел кущения, который у трав более старого года пользования представлен узлами 1-го, 2-го порядков. Разница между первым и третьим годом пользования в плодосменном севообороте составила 83 ГДж/га, также как и между травами 1 г.п. и 4 г.п. лугопастбищного севооборота (табл. 3).

Следует отметить, что энергетический эквивалент пожнивно-корневых остатков в плодосменном и лугопастбищном севоо-

бороте примерно одинаков и тренд увеличения от срока пользования имеет похожие характеристики. Наблюдается более увеличенный потенциал энергии пожнивно-корневых остатков по сравнению с клеверо-тимофеечной смесью ландшафтного полигона в среднем на 46 ГДж/га.

Энергия пожнивно-корневых остатков сельскохозяйственных культур является важным показателем функционирования агроэкосистем. Это приходная статья энергетических потоков агросистемы.

Энергетический эквивалент урожайности многолетних травостоев является итоговым показателем функционирования агроэкосистемы. Он является статьей отчуждения (потери) энергии из агросистемы. Следует отметить, что экспозиционный фактор на клеверо-тимофеечную смесь в пределах ландшафтного полигона действует так же как и на другие многолетние травостои, где наибольшая энергия урожайности многолетних трав наблюдается на вершине холма. Развитие трав 1 г.п. задерживается на северном склоне, однако на следующий год энергетический эквивалент северного склона на 25 ГДж/га больше, чем на южном склоне.

На южном склоне продолжительность пользования травами не оказывает существенного влияния на энергию их урожайности. Наибольшая вариабельность наблюдается на северном склоне, где энергия урожайности многолетних трав 1 г.п. на 34 ГДж/га меньше, чем многолетних трав второго года пользования. Экспозиция склона оказывает существенное влияние на травы 1-го,2-го и 3-его года пользования.

Реакция на чередование культур и сроки пользования многолетними травами в севооборотах в пределах опытного поля Тверской ГСХА несколько иная. Обращает на себя внимание более высокая энергия урожайности клеверотимофеечной смеси в первые годы пользования, что на 55 ГДж/га больше, чем многолетних трав клеверотимофеечной смеси ландшафтного полигона.

В севооборотах наблюдается снижение энергии урожая на третий и четвёртый год пользования. В среднем энергия урожая клеверотимофеечной смеси на четвёртый год пользования на 100 ГДж/га меньше энергии урожая многолетних трав 1 г.п.

Результаты корреляционно – регрессионного анализа показали существенную степень влияния продолжительности пользования многолетними травами на энергетическую составляющую агроэкосистемы (значение коэффициента детерминации не менее 0,97). Для расчёта урожая сена многолетних трав 2, 3 и 4 г.п. нами установлено следующее уравнение регрессии:

на фоне без удобрений – $y = (131{,}725) + (-34{,}825)x + (2{,}875)x^2$, $R2 = 0.999$;

где y – энергия урожая многолетних трав старше одного года пользования, %, x – год пользования (2, 3 и т.д.).

Следует отметить, что на данную зависимость влияет ботанический состав многолетних бобово-злаковых трав.

**Таблица 4**

Энергетический эквивалент урожайности многолетних трав клеверо-тимофеечной смеси в севообороте на ландшафтном полигоне, ГДж/га (опыт 1)

| Элементы рельефа | 1-го г.п. | 2 г.п. | 3-го г.п. | среднее |
|---|---|---|---|---|
| южный склон | 107,2 | 106,1 | 103,6 | 105,6 |
| вершина | 116,4 | 135,4 | 122,6 | 124,8 |
| северный | 96,5 | 130,8 | 114,2 | 113,8 |
| среднее | 106,7 | 124,1 | 113,5 | 114,8 |
| Доверительный интервал, ± ГДж/га | 11,3 | 19,2 | 19,4 | |

**Таблица 5**

Влияние севооборотов с короткой ротацией в пределах опытного поля Тверской ГСХА на урожайность культур, ГДж/га сена (сред. 1993-1997) (опыт 2)

| | плодосменный | луго-пастбищного | Среднее |
|---|---|---|---|
| Клеверо-тимофеечная смесь 1 г.п. | 154,5 | 169,2 | 161,85 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 2 г.п. | 161,1 | 118,4 | 139,75 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 3 г.п. | 116,7 | 105,3 | 111 |
| Клеверо-тимофеечная смесь 4 г.п. | - | 62,0 | 62 |
| Среднее | 144,1 | 113,7 | 128,9 |
| Доверительный интервал, ± ГДж/га | 23,0 | 17,3 | 52,3 |

## Заключение

1. На энергетический потенциал почвы большое влияние оказывает экспозиция склона и срок пользования многолетними травами. Наибольший энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков накапливается на вершине конечного моренного холма.

2. Почвы под плодосменным севооборотом имеют энергетический потенциал на 217 ГДж/га меньше, чем под лугопастбищным. Наблюдается снижение потенциала почвы при увеличении срока пользования многолетними травами как в на полигоне, так и в посевах трав в системе севооборотов.

3. В посевах клеверо-тимофеечной смеси энергетический потенциал пожнивно-корневых остатков возрастал при увеличении срока пользования многолетними травами. Так, энергия пожнивно-корневых остатков клеверо-тимофеечной смеси 1 г.п. на 57 ГДж/га меньше таковой трав 3 г.п.

4. В посевах ландшафтного полигона и в севооборотах в пределах опытного поля Тверской ГСХА наблюдается снижение энергии урожая на третий и четвёртый год пользования на 100 ГДж/га меньше энергии урожая многолетних трав 1 г.п. Корреляционно-регрессионный анализ выявил параболическую зависимость энергетического эквивалента урожайности многолетних трав клеверо-тимофеечной смеси от срока их пользования.

5. Предлагается в лугово-пастбищных севооборотах клеверо-тимофеечную смесь три года использовать как сенокос, с четвёртого года использовать под пастбище. В плодосменных севооборотах клеверотимофеечную смесь предлагается использовать до двух-трёх лет.

### Список литературы

1. Булаткин Г.А. Эколого-энергетические проблемы оптимизации продуктивности агроэкосистем / Г.А. Булаткин. – Пущино. ОНТИ НЦБИ АН СССР. 1991. – 42 с.

2. Ильина Л.В. Комплексное воспроизводство плодородия серых лесных почв и его эффективность / Л.В. Ильина // Рязань.: Узорочье. – 1997. – 232 с.

3. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика / В.И. Кирюшин. – М.: Из – во МСХА. 2000. – 473 с.

4. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова / В.А. Ковда. – М.: Наука. 1985. – 263 с.

5. Коринец В.В. Необходим системно-энергетический подход к изучению агроценоза / В.В. Коринец // Земледелие. – 1988. – № 5. – С. 28–30.

6. Сутягин В.П. Агроэкологические аспекты продукционного процесса в растениеводстве. / Сутягин В.П., Тюлин В.А. // Тверь, Изд. «Агросфера», 2008. – 332 с.

7. Сутягин В.П. Биоэнергетический подход к изучению агрофитоценозов / Сутягин В.П. Агро XXI. – 2008. – № 10-12. – С. 10–12.

8. Сутягин В.П. Принципы формирования устойчивости агрофитоценозов адаптивно-ландшафтного земледелия / В.П. Сутягин. Тверь, Изд. ТГСХА «Агросфера». 2007. – 286 с.

9. Тюлин В.А. Формирование устойчивой продуктивности бобово-злаковых и злаковых травостоев / Тюлин В.А. – Тверь: Изд. ООО «Губернская медицина», 2000. – 224 с.

10. Тюлин В.А. Эффективность приёмов обработки почвы при создании бобово – злаковых травостоев / Тюлин В.А., Кобзин А.Г., Амбросимова Н.Н., Вагунин Д.А. // Кормопроизводство. – 2011. – № 11. – С. 14–16.