

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 631.5

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОТОКИ В АГРОСФЕРЕ

Д.А. Иванов¹, В.П. Сутягин², В.А. Тюлин²

¹Всероссийский НИИ мелиорированных земель, Тверская область

²Тверская государственная сельскохозяйственная академия, Тверь

Исследования с 1998 года проводилось в выводных полях севооборота агроэкологического полигона ВНИИМЗ и луго-пастбищного севооборота Тверской ГСХА. Выявлено, что урожайность козлятника восточного на вершине конечно моренного холма достигает 6,0 – 6,5 т/га сухой массы (130,2 – 141,1 ГДж/га). Пятикомпонентная смесь более продуктивна на северном склоне при урожайности сухой массы 7,0 -7,7 т/га (151,9 – 167,1 ГДж/га). Урожайность клеверо-тимофеечной смеси четвёртого года пользования в луго-пастбищном севообороте снизилась на 63%. С пожнивно-корневыми остатками козлятника восточного в почву поступило на вершине холма 23,6 т/га сухой массы (436,6 ГДж/га), южном склоне – 21,6 т/га (398,6 ГДж/га), а пятикомпонентной смесью – на вершине – 19,7 т/га (364,5 ГДж/га), на южном склоне – 15,2 т/га (281,2 ГДж/га).

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

Введение. Известно, что экосистема – это саморегулирующая термодинамическая открытая система, тогда как агроэкосистема нуждается в притоке антрополической энергии для корректировки её функционирования (Ковда, 1985). Человек, воздействуя на ее элементы посредством комплекса приемов, именуемых системой земледелия, стремится создать оптимальные режимы ее функционирования. Эти воздействия направлены, в конечном счете, или на изменение энергопотенциала системы, или на изменение условий его реализации. Потоки различных видов энергии в земледелии сливаются в системе «почва-растение-атмосфера», где происходит преобразование кинетической энергии солнца в потенциальную энергию органического вещества растений и где формируется круговорот биологических веществ в экосистеме. Поскольку в системах земледелия почва выступает как биокосное тело, следует учитывать и закономерности почвообразующих процессов, хотя уже и трансформированных человеком, и считать их

первичными, а социально-экономические факторы – вторичными (Белолипский, Форошук, 1997). Возделывание сельскохозяйственных культур оказывает существенное влияние на динамику почвообразовательных процессов. Результаты исследований баланса элементов питания в почве дают основание констатировать, что севообороты, в структуре посевных площадей которых имеются многолетние бобовые или бобово-злаковые травы, имеют положительный баланс фосфора и органического вещества почвы, что может служить индикатором устойчивости агрофитоценозов (Фокин, 1986).

Созданный бобовыми растениями азотный фонд в почве позволяет без дополнительных затрат минеральных удобрений сэкономить 300-500 кг на 1 га д. в. азотных удобрений (Харьков, Черепнина, 1989), что составляет 8280-13800 МДж/га. На суходольном пастбище с бобово-злаковым травостоем в гумусовом горизонте почвы на 4-6-й год пользования накапливается 116-130 ц/га сухой массы корней, содержащих 230-270 кг/га азота, что эквивалентно 40-50 т/га навоза (Кутузова, 1986), где энергетический эквивалент аммиачной селитры составляет 6348-7452 МДж/га.

Развитие злакобобовых травостоев особенно актуально для земельных угодий нечерноземной зоны, почвы которых нуждаются в больших количествах удобрений. Почвы Тверской обл. имеют рН kcl на уровне 5,5 – 5,6. Средневзвешенное содержание гумуса в почвах составляет 2,1%, что соответствует группе среднеобеспеченных. По содержанию доступного фосфора большая часть почв Тверской обл. находится на уровне от среднего до высокого (более 75 %). Динамика содержания доступного калия в почвах области имеет тенденцию снижения со 115 до 95 мг/кг, а в настоящее время его значение варьирует от 94 до 99 мг/кг и в целом соответствует группе среднеобеспеченных почв.

Значение севооборота, как фактора стабильности земледелия, изменяется в зависимости от зоны и уровня развития конкретного хозяйства. А.М. Тулайков (1963) утверждал, что в чернозёмной зоне при урожайности пшеницы 15 ц/га севообороты не нужны. Повышение урожайности до 20...25 ц/га уже требует чередования культур.

При ограниченных возможностях использования удобрений и при нарушении границ землепользования многих хозяйств необходим адаптивно-ландшафтный подход к разработке структуры посевных площадей и севооборотам. Одним из путей решения данной проблемы является внедрение севооборотов с короткой ротацией и включение многолетних бобовых трав в выводные поля, которые позволят решить вопросы плодородия почв и фитосанитарного состояния посевов. Это, в свою очередь, позволит ускорить динамику энергетических потоков в

агроэкосистемах. Имеются многочисленные исследования о положительном влиянии многолетних бобовых трав на продуктивность пашни при сохранении плодородия почв (Кульбида, Бородин, 1994; Маркин, 1997; Старко, 1989; Тюлин, 2000). Подтверждение положительного влияния многолетних трав отмечается не только в зоне достаточного увлажнения, но и в зоне, где влаги недостаточно, т.е. гидротермический коэффициент меньше единицы (Амиров, Садыков, 1990; Коломейченко, 1997). В нашей работе затронуты вопросы влияния разновозрастных злакособовых травостоев на плодородие почв, продуктивность травянистых сообществ, динамику энергетических потоков в агрофере.

Материал и методика. Исследования проводились в двух стационарных опытах: ВНИИМЗ и Тверской ГСХА. Полевые исследования проводились на агроландшафтном полигоне ВНИИМЗ в 1997 – 2012 гг. Он расположен в пределах конечно моренного холма с относительной высотой 15 м., состоящего из межхолмных депрессий (северной и южной), южного склона крутизной 3-5°, плоской вершины и северного склона крутизной 2-3°. Почвенный покров представлен вариацией-мозаикой дерново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развивающихся на двучленных отложениях различной мощности. Южный склон характеризуется господством песчаных и супесчаных почв, тогда как на северном преобладают их легкосуглинистые разности, что является генетической особенностью конечно-моренных гряд. Почвы агроэкологического стационара осушены регулярным гончарным дренажем с междренными расстояниями от 20 до 40 м.

Стационар характеризуется слабой пересеченностью рельефа и относительной высотой – 15м. Ландшафтное обследование территории позволило выявить 7 агромикрорландшафтов (АМЛ). Классификация элементарных геохимических ландшафтов проводилась по Польшину-Глазовской и служила объективной основой для формирования системы агроэкологических ограничений техногенно-химических нагрузок, предотвращения эрозии, загрязнения почв и вод токсикантами (Глазовская, 1964; Польшин, 1956). Для выявления закономерностей накопления гумуса были проведены мониторинговые наблюдения за плодородием почв 15 лет на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ под плантациями козлятника восточного и поликомпонентной бобово-мятликовой травосмеси.

За варианты опыта были взяты микроландшафты северного и южного склонов и вершина. Делянки опыта имели вид непрерывных параллельных полос, пересекающих все ландшафтные позиции холма и расположенные перпендикулярно дренажу. Ширина одной делянки – 7,2 м, длина 1400 м. Площадь под каждой культурой – 1 га. Вдоль полосы технологическое воздействие однотипно, что позволяет наиболее точно

изучить адаптивные реакции растений в различных агромикрорландшафтных условиях. Изучение характеристик травостоев, а также параметров ландшафтной среды, производилось в точках опробования, различающихся только в ландшафтном отношении, на основе общепринятых методик. Они регулярно расположены по трансекте на расстоянии 40 м друг от друга.

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, рН КС1 – 5,81. Плоская вершина характеризуется дерново-подзолистой, преимущественно глееватой песчаной на среднемощном двучлене почвой, содержание гумуса составляет 2,69 %, P_2O_5 – 439 и K_2O – 292 мг/кг почвы, рН КС1 – 5,36). На северном склоне почва дерново-подзолистая глееватая легко-среднесуглинистая на маломощном двучлене, содержание гумуса составляло 3,21%, P_2O_5 – 289 и K_2O – 116 мг/кг почвы, рН КС1 – 6,12. Удобрения за время наблюдений не вносились.

На трансектах высеяли козлятник восточный и смесь из 5 компонентов, состоящую из следующих видов многолетних трав:

1. Люцерна синегибридная сорта «Вега».
2. Клевер луговой «ВИК-7».
3. Тимофеевка луговая «Вик-9».
4. Овсяница луговая «ВИК-5».
5. Райграс пастбищный «ВИК-6».

Во втором опыте на северном склоне опытного поля Тверской ГСХА заложен луго-пастбищный севооборот с различным сроком пользования многолетними травами: 1– ячмень с подсевом клеверотимофеечной смеси; 2 – клеверотимофеечная смесь 1 – 4 г.п. Почвы опытных участков были представлены дерново – среднеподзолистыми супесчаными почвами.

Математическая обработка результатов исследований выполнялась пакетом статистических программ Statistica 10 и Microsoft Office Excel.

Результаты и обсуждение. Динамика содержания гумуса в почвах под многолетними посевами определяется видовым составом трав, развитием их корневой системы и количеством пожнивных остатков. В посевах козлятника на всех элементах рельефа к концу исследований наблюдается повышение содержания гумуса. Данные свидетельствуют о том, что на северном склоне холма накопление гумуса составило 0,67 %, на вершине – 0,45 %, а на южном склоне – 0,31 %. (табл. 1).

Таблица 1
Динамика агрохимических показателей в посевах козлятника (опыт 1)

	1998г		2011 г		среднее		дов.ин.±
Содержание гумуса в слое почвы 0 – 20 см,%							
	%	ГДж/га	%	ГДж/га	%	ГДж/га	%
южный склон	2,92	2014,8	3,23	2228,7	3,08	2125,2	0,09
вершина холма	2,69	1856,1	3,14	2166,6	2,92	2014,8	0,16
северный склон	3,21	2214,9	3,88	2677,2	3,55	2449,5	0,14
среднее	2,94	2028,6	3,42	2359,8	3,18	2194,2	0,11
дов.инт.±	0,29		0,39		0,22		
коэфф. коррел	-0,86		-0,90		-0,80		
Содержание калия, мг/кг почвы							
южный склон	238		128		183		58
вершина холма	292		134		213		29
северный склон	116		71		94		39
среднее	215		111		163		
дов.инт.±	31		22		24		

Таблица 2
Динамика агрохимических показателей почвы в посевах пятикомпонентной смеси многолетних трав (опыт 1)

	1998г		2012 г		среднее		дов.ин.±, %
Содержание гумуса в слое почвы 0 – 20 см,%							
	%	ГДж/га	%	ГДж/га	%	ГДж/га	%
южный склон	2,92	2014,8	2,67	1842,3	2,80	1932,0	0,03
вершина холма	2,69	1856,1	2,08	1435,2	2,39	1649,1	0,06
северный склон	3,21	2214,9	3,27	2256,3	3,24	2235,6	0,05
среднее	2,94	2028,6	2,67	1842,3	2,81	1938,9	0,04
дов.инт.±	0,29		0,28		0,21		
Содержание калия, мг/кг почвы							
южный склон	238		94		166		10
вершина холма	292		90		191		13
северный склон	116		69		93		6
среднее	215		84		150		9
дов.инт.±	31		8		22		

Повышение содержания гумуса в почвах на плантации козлятника восточного объясняются накоплением большого количества пожнивно-корневых остатков. Так, в среднем масса пожнивно-корневых остатков

козлятника восточного составляет 20,6 т/га, что более чем на 6 т/га больше, чем в посевах пятикомпонентной смеси многолетних трав.

По всем элементам рельефа конечно моренного холма в среднем содержание гумуса в посевах пяти компонентной травосмеси многолетних трав составило 2,81%, а в посевах козлятника – 3,18%, что на 11 т/га (927 ГДж/га) гумуса больше (табл. 2).

Исследования, выполненные в луго-пастбищном севообороте без применения удобрений, показали, что содержание органического вещества в посевах клеверо-тимофеечной смеси в первые три года не изменяются и только на четвёртый год прослеживается снижение на 0,08%. Данные таблицы 3 свидетельствуют о том, что органическое вещество почвы в севообороте в первые три года сохранялось на уровне 2,6%, с небольшим минусом под травами четвёртого года пользования.

Причина в особенности динамики содержания гумуса по элементам рельефа и видам агрофитоценозов трав заключается в накоплении различной массы пожнивно-корневых остатков (табл. 4).

Содержание элементов питания в почве в значительной степени зависит от агроландшафтного образования. Содержание доступного калия в конце исследований в почвах под посевом козлятника восточного больше, чем под посевом пятикомпонентной смеси многолетних трав. Наблюдается дифференциация по элементам рельефа. Больше калия содержится на вершине холма меньше – на северном склоне.

Уровень калийного питания очень важен для пятикомпонентной смеси многолетних трав, поскольку усвоение и накопление углеводов зависят от этого элемента. Данные табл. 2 показывают, что исходное содержание калия больше на вершине холма, где происходят его наибольшие потери за 15 лет исследований. На северном склоне содержание доступного калия в два раза меньше, чем на южном склоне и на вершине конечно-моренного холма.

Таблица 3
Динамика некоторых показателей плодородия почвы

Показатели		Культуры севооборота				
		Ячмень	Травы 1	Травы 2 г.п	Травы 3 г.п.	Травы 4 г.п.
Органическое вещество почвы,	%	2,60	2,60	2,60	2,60	2,54
	ГДж/га	1794,0	1794,0	1794,0	1794,0	1752,6
Калий, мг/кг		105	91	78	48	43

Исследования, выполненные в луго-пастбищном севообороте без применения удобрений, показали, что содержание доступного калия при увеличении срока пользования многолетними травами неизменно снижается. Наибольшее снижение калия отмечается после трав 2-го года

пользования с последующей его стабилизацией.

Агрохимические показатели плодородия почв оказали влияние на накопление сухой надземной массы козлятника. Продуктивность козлятника восточного представлена в табл. 4, где показана стабильная урожайность на вершине холма. На южном и северном склоне прослеживается повышение продуктивности на 0,7 т/га. Эдафические условия позволили в агрофитоценозе пятикомпонентной смеси многолетних трав сформировать урожайность в среднем 6,5 т/га сухой массы (табл. 4).

Таблица 4

Влияние элементов конечно-моренного холма на урожайность многолетних травостоев, т/га (опыт 1)

Элементы холма	1998		2012		среднее		дов. инт±	Разница
Урожайность сухой массы козлятника восточного, т/га								
	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га		
южный склон	4,7	102,0	6,0	130,2	5,4	117,2	1,2	1,3
вершина холма	6,5	141,1	6,0	130,2	6,3	136,7	1,3	-0,5
северный склон	4,8	104,2	6,1	132,4	5,5	119,4	1,3	1,3
среднее	5,3	115,0	6,0	130,2	5,7	123,7		
дов. инт.±	0,38		0,03		0,18			
Урожайность сухой массы пятикомпонентной смеси многолетних трав, т/га								
	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га		
южный склон	5,9	110,9	5,5	103,4	5,7	107,2	0,4	-0,4
вершина холма	6,7	126,0	6,0	112,8	6,4	120,3	0,6	-0,7
северный склон	7,7	144,8	7,0	131,6	7,4	139,1	0,3	-0,7
среднее	6,8	127,8	6,2	116,6	6,5	122,2	0,3	-0,6
дов. инт.±	0,3		0,3		0,1			
коэфф. коррел. по фосфору	-0,97		-0,78		-0,92			

Данные табл. 4 показывают устойчивую тенденцию к снижению урожайности пятикомпонентной смеси многолетних трав с увеличением ее у козлятника (кроме вершины). Корреляционно-регрессионный анализ свидетельствует о тесной корреляционной зависимости между содержанием доступных элементов питания и урожайностью трав. Масса пожнивно-корневых остатков за годы исследований в посевах пятикомпонентной смеси многолетних трав имеет тенденцию к повышению. На южном склоне конечно-моренного холма повышение

составляет 2,9 т/га, на северном – 4,2 т/га, на вершине холма на 7,9 т/га (табл. 5).

Таблица 5
Динамика массы пожнивно-корневых остатков агрофитоценозов многолетних трав, т/га сухой массы (опыт 1)

Элементы холма	Годы исследований				среднее	дов. инт± т/га	
	1998		2012				
Пожнивно-корневые остатки плантации козлятника восточного, т/га сухой массы							
	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га	
южный склон	16,7	309,0	21,6	399,6	19,2	355,2	0,9
вершина холма	26,0	481,0	23,6	436,6	24,8	458,8	1,3
северный склон	16,1	297,9	19,8	366,3	18,0	333,0	1,0
среднее	19,6	362,6	21,7	401,5	20,6	381,1	1,0
дов. инт.±	0,5		0,2		0,1		
коэффициент корр.	-0,86		-0,90		-0,80		
Пожнивно-корневые остатки пятикомпонентной смеси многолетних трав, т/га сухой массы							
	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га	т/га	ГДж/га	
южный склон	12,3	236,2	15,2	291,8	13,8	265,0	0,9
вершина холма	11,8	226,6	19,7	378,2	15,8	303,4	1,3
северный склон	12,7	243,8	16,9	324,5	14,8	284,2	1,0
среднее	12,3	236,2	17,3	332,2	14,8	284,2	1,0
дов. инт.±	0,5		2,3		1,7		0,2
коэффициент корр.	0,99		-0,61		-0,45		

Тренды накопления пожнивно-корневых остатков на плантации козлятника восточного имеют разнонаправленный характер. На вершине холма их количество снижается на 2,4 т/га. На южном и северном склонах холма количество пожнивно-корневых остатков повышается на 4,4 т/га и 3,5 т/га соответственно. На плантациях козлятника восточного количество пожнивно-корневых остатков в среднем составляет 25,4 т/га, а в посевах многолетней пяти компонентной смеси – 15,5 т/га

Результаты исследований показывают, с одной стороны, значительную массу органического вещества, получаемую в ходе эксплуатации травостоев, которая будет определять плодородие почвы. С другой – увеличение возобновляемого ресурса плодородия почв в виде гумуса.

Исследования, выполненные в системе севооборотов без применения удобрений показали более четкую тенденцию к снижению продуктивности зернотравяного луго-пастбищного севооборота с увеличением срока пользования многолетними травами. Если учесть, что снижается и качество кормов в связи с выпадением клевера, то потеря продуктивности пашни существенна, что подтверждает мысль о

необходимости снижения срока использования многолетних трав в севооборотах (табл. 6).

Таблица 6
Влияние луго-пастбищного севооборота на урожайность культур, т/га сена
(сред. 1993-1997) (опыт 2)

Культуры	т/га	ГДж/га
Мн. травы (клеверо-тимофеечная смесь) 1 г.п.	9,0	169,2
Мн. травы (клеверо-тимофеечная смесь) 2 г.п.	6,3	118,4
Мн. травы (клеверо-тимофеечная смесь) 3 г.п.	5,6	105,3
Мн. травы (клеверо-тимофеечная смесь) 4 г.п.	3,3	62,0
Ячмень с подсевом клеверо-тимофеечной смеси	2,2	41,4
Среднее по (С2)	2,6	48,9
Доверит. интервал по культурам	±9,3	

С другой стороны, длительное использование многолетних трав позволяет решить экономические проблемы и сохранить плодородие почвы. Зависимость продуктивности клеверотимофеечных травостоев от времени их пользования имеет параболический вид: более резкое снижение во второй год пользования клеверо-тимофеечной смесью с последующим выравниванием продуктивности по годам.

Анализ энергетической составляющей возделывания козлятника восточного и пяти компонентной и клеверо-тимофеечной травосмеси многолетних трав показали огромный потенциал агроэкосистемы в виде пожнивно-корневых остатков. В среднем по всем исследуемым агроценозам энергия их составляет около 300 ГДж/га, а энергетический эквивалент надземной массы – около 100 ГДж/га.

Заключение. 1. Содержание гумуса в слое почвы 0-20 см в посевах 5-ти компонентной смеси многолетних трав в условиях конечно-моренного холма снизилось за время проведения исследований в среднем по всем элементам конечно моренного холма с 2,94% до 2,67%, а на плантациях козлятника восточного по всем элементам холма возросла с 2,94% до 3,41%. Количество органического вещества почвы зависит от элементов конечно моренного холма: наблюдается тенденция повышения содержания гумуса под козлятником восточным на северном склоне с 3,21 до 3,88%, а в посевах пятикомпонентной смеси на 0,06%. Энергетические запасы гумуса в среднем по изучаемым агроценозам составляют около 300 ГДж/га.

2. Содержание доступного калия в почвах опытных участков крайне динамично. Независимо от культуры выводного поля и

ландшафтного элемента содержание доступного калия неизменно снижается. На вершине конечно-моренного холма содержание доступного калия снизилось на 1,4 раза, а на южном склоне – на 1,7 раза, на северном склоне в 2,5 раза. 5. На северном склоне клеверотимофеечной смеси содержание калия снизилось в 1,7 раза – со 105 мг/кг почвы до 43 мг/кг.

3. На луго-пастбищном севообороте на северном склоне в течении трёх лет использования клеверотимофеечной смеси содержание органического вещества в почве не изменялось, отмечается его снижение на 0,06% на четвёртый год пользования, что в энергетическом эквиваленте составляет 33,3 ГДж/га. Продуктивность клеверотимофеечной смеси четвёртого года пользования в лугопастбищном севообороте снизилась на 63% по сравнению с первым годом пользования.

4. Масса пожнивно-корневых остатков в 3-4 раза больше урожайности надземной массы козлятника восточного. В среднем за годы исследований больше пожнивно-корневых остатков формировалось на вершине холма, чем на его склонах потому, что архитектура посевов козлятника на вершине создала благоприятные условия для течения процесса фотосинтеза. С пожнивно-корневыми остатками пяти компонентной травосмеси многолетних трав в почве остаётся в среднем в энергетическом эквиваленте 284 ГДж/га.

5. Предлагается многолетние травостои с козлятником восточным, люцерной синегибридной использовать в выводных полях более 10 лет. Лугово-пастбищные севообороты с клеверотимофеечной смесью три года использовать как сенокос, с четвёртого года использовать под пастбище.

Список литературы

- Амиров М.Б., Садыков Р.А.* 1990. Эффективность полевых севооборотов и системы удобрения в них // Земледелие. № 6. С. 59.
- Белолипский В.А., Фороцук Л.Д.* 1996. Экосистемный подход к почвенному мониторингу // Земледелие. № 1. С. 5-6.
- Глазовская М.А.* 1964. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. М.: МГУ. 229 с.
- Ковда В.А.* 1985. Биогеохимия почвенного покрова. М.: Наука. 263 с.
- Коломейченко В.В.* 1997. Многолетние травы: возможности и проблемы // Земледелие. № 6. С. 19-20.
- Кульбида В.В., Бородин В.А.* 1994. Альтернативное земледелие, его возможности и перспективы // Земледелие. № 5. С. 16-18.
- Кутузова А.А.* 1986. Научные основы использования биологического азота в луговодстве // Вестник с.-х. наук. М. С. 106-112.
- Маркин Б.К.* 1997. Лучше использовать ресурсы // Земледелие. № 6. С. 6-7.

- Полынов Б.Б.* 1956. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР. 400 с.
- Старко М.Н.* 1989. Плодородие почвы в зависимости от удобрений и севооборотов // Химизация сельского хозяйства. № 3. С. 62-63.
- Тулайков Н.М.* 1963. Избранные произведения. М.: Сельхозиздат. 312 с.
- Тюлин В.А.* 2000. Формирование устойчивой продуктивности бобово-злаковых и злаковых травостоев. Тверь: Изд-во ООО «Губернская медицина». 224 с.
- Фокин А.Д.* 1986. Почва, биосфера и жизнь на земле М.: Наука. 177 с.
- Харьков Г.Д., Черепнина С.С.* 1989. Многолетние травы в севообороте // Земледелие. № 3. С. 49-50.

ENERGY FLOWS IN THE AGRICULTURAL SPHERE

D.A. Ivanov¹, V.P. Sutyagin², V.A. Tulin²

¹Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Tver Region

²Tver State Agricultural Academy, Tver

The research has been conducted since 1998 on the crop rotation fields of the agroecological polygon of All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands and meadow-pasture crop rotation of Tver State Agricultural Academy. The yield of the eastern galega on the top of the terminal moraine hill has reached 6,0 – 6,5 t/ha of the dry matter (130.2 - 141.1 GJ/ha). Five-component mixture turned out to be more productive on the northern slope of the hill with an average yield of the dry matter in 7.0 -7.7 t/ha (151.9 - 167.1 GJ/ha). Yield of the clover-timothy-grass mixture under the meadow-pasture crop rotation has lowered by 63%. Crop-root remnants of the eastern galega have brought to the soils of the top of the hill 23.6 t/ha of dry matter (436.6 GJ/ha), to the soils on its southern slope – 21.6 t/ha (398.6 GJ/ha); five-component mixture, in turn, brought 19.7 t / ha (364.5 GJ / ha) of the dry matter at the top of the hill, and 15.2 t/ha (281.2 GJ/ha) to its southern slope.

Keywords: *edaphic indicators, humus, grass-legume multicomponent mixture, agrolandscape polygon, the exposition of the slope, terminal moraine hill, eastern galega, migrating compounds of potassium, crop-root remnants, clover-timothy-grass mixture, crop rotation.*

Об авторах:

ИВАНОВ Дмитрий Анатольевич – доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией Мониторинга агроландшафтов гумидной зоны, ФГБНУ Всероссийский НИИ мелиорированных земель, Тверская область, пос. Эммаус, д. 27.

СУТЯГИН Виктор Павлович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ботаники и луговых экосистем, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь, ул. Маршала Василевского, д. 7, e-mail: sutiagin.victor2011@yandex.ru.

ТЮЛИН Владимир Александрович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой ботаники и луговых экосистем, ФГБОУ ВО «Тверская государственная сельскохозяйственная академия», 170904, Тверь, ул. Маршала Василевского, д. 7.

Иванов А.Д. Энергетические потоки в агрофере / А.Д. Иванов, В.П. Сутягин, В.А. Тюлин // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2016. № 2. С. 102-113.