

УДК 631.1:631.48:577.23

Е. В. Полуэктов, О. А. Игнатюк (ФГБОУ ВПО «НГМА»)
Н. И. Балакай (ФГБНУ «РосНИИПМ»)

РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Целью работы являлся расчет оптимального соотношения земельных угодий в агроландшафтах на биоэнергетической основе. Для этого на различных типах агроландшафтов проводились исследования по учету содержания запасов энергии в различных типах растительности, данных по запасу и приросту фитомассы, содержанию и запасам гумуса в почве. В результате проведенных исследований рассчитана оптимальная структура сельскохозяйственных угодий на ложбинно-балочном и овражно-полевом агроландшафтах. На ложбинно-балочном агроландшафте площади под сенокосами, пастбищами и лесными насаждениями должны составлять 17,4 %, а доля пашни – не более 82 %. На овражно-полевом агроландшафте площадь пашни не должна превышать 66 %, из которых в почвозащитном севообороте должно находиться до 28,7 %. Площадь под сенокосами и пастбищами и лесными насаждениями может быть 34 %.

Ключевые слова: структура, сельскохозяйственные угодья, энергосодержание почвы, тип агроландшафта, коэффициент стабильности.

E. V. Poluektov, O. A. Ignatyuk (FSBEE HPE «NSMA»)
N. I. Balakay (FSBSE «RSRILIP»)

CALCULATION OF THE OPTIMAL AGRICULTURAL LANDSCAPES STRUCTURE ON BIOENERGETICS BASIS

The objective of study was to calculate the optimal ratio of land use/cover type in agricultural landscapes on the basis of bioenergetics. For this purpose the energy content of different vegetation types, data on amount of accumulated and growing phytomass, the content of humus in soil were studied on various types of agricultural landscapes. The research resulted in calculated optimal structure of agricultural land on the shallow gully and gully-field types of agricultural landscapes. On the shallow gully landscape the area under the hay-fields, pastures and forest plantations should be 17.4 %, while the proportion of arable land – less than 82 %. On gully-field landscape the arable area should not exceed 66 % and up to 28.7 % of which should be located in soil-protective crop rotation. The area under the hay-fields, pastures and forest plantations can be 34 %.

Keywords: structure, agricultural landscapes, energy content of soil, agrolandscape type, the coefficient of stability.

Земледелие в современных условиях должно быть адаптировано к природно-экологическим условиям, вестись с учетом средообразующего потенциала агрофитоценозов, освоения природоохранных мероприятий и соблюдением требований рационального природопользования.

В настоящее время вопросы оптимизации структуры сельскохозяйственных угодий и устойчивого функционирования агроландшафта весьма актуальны. В основе планирования сельскохозяйственных территорий лежат принципы устойчивости развития, то есть противодействие перегрузке агроландшафта и сохранение агроприродного потенциала.

Схемой опытов было предусмотрено изучение влияния структуры сельхозугодий на экологическую устойчивость различных типов агроландшафтов.

Опыт двухфакторный: фактор А – тип агроландшафта; фактор Б – структура сельхозугодий, в т.ч.:

Фактор А – типы агроландшафта:

Вариант 1 Плакорно-равнинный;

Вариант 2 Ложбинно-балочный;

Вариант 3 Овражно-полевой.

Фактор Б – структура сельхозугодий, в %:

Вариант 1 Распаханность территории;

Вариант 2 Облесенность территории;

Вариант 3 Защищенность территории лесными насаждениями;

Вариант 4 Площади деградированных почв (в т.ч. несмытых и слабосмытых).

Исследования проводились в 2007-2009 гг. в АО «Ленинский путь» Константиновского района Ростовской области. Общая площадь землепользования хозяйства 14636 га, из них сельскохозяйственные угодья занимают 12569 га (85,9 %) , в том числе пашня 8959 га (61,2 %). Пашня расположена преимущественно на склоновых землях до 1° – 2793 га, 1-2° – 3110 га, 3-5° – 3056 га.

Земли хозяйства расположены в восточной части Донецкого Кряжа. Северо-западную границу хозяйства омывает река Северный Донец, а южную границу река Дон. В реки впадают все балки и овраги, которые расчленяют земли данного землепользования на относительно небольшие

участки. Особенно сильно расчленена северо-западная и южная части земель хозяйства. Балки в основном сухие и проявляют свою деятельность только в период снеготаяния и ливневых дождей. Грунтовые воды на водораздельной части залегают глубоко (15-20 м). В днищах балок грунтовые воды залегают на различной глубине: на пониженных участках от 1 до 1,5 м, на повышенных 2-3 м. Территория хозяйства находится в подзоне южных черноземов.

При проведении ландшафтных исследований территория хозяйства была разделена на основные типы агроландшафтов [1]. Для проведения дальнейших работ были выбраны три наиболее встречающиеся типа агроландшафта: плакорно-равнинный, ложбинно-балочный и овражно-полевой. Данные типы ландшафтов занимают до 60-70 % от площади хозяйства.

Для стационарных исследований были подобраны участки или, как мы их условно назвали, один модельный и два экспериментальных агроландшафта площадью 22-24 га с достаточно высокой степенью облесенности, а в качестве контроля – аналогичные участки с единичными лесными полосами или без них.

На стационарных участках были заложены почвенные разрезы и отобраны образцы почв по генетическим горизонтам для физико-химической характеристики почв.

В полевых опытах на выбранных типах агроландшафтов изучались различные звенья севооборотов, подобранные согласно зональным системам земледелия:

- на плакорно-равнинном типе агроландшафта звено севооборота было представлено чистым паром – озимой пшеницей – подсолнечником;
- на ложбинно-балочном – занятым эспарцетом паром – озимой пшеницей – подсолнечником;

- на овражно-полевом – занятым эспарцетом паром – озимой пшеницей – просом.

Научно обоснованное соотношение угодий в агроландшафтах определяли расчетным путем.

Определение оптимального соотношения земельных угодий было выполнено по «Методике определения оптимального соотношения угодий в агроландшафтах на биоэнергетической основе», разработанной во ВНИИЗ и ЗПЭ [2]. С этой целью при построении на модельном и экспериментальных агроландшафтах проводились исследования по учету содержания запасов энергии в различных типах растительности, данных по запасу и приросту (урожайности) фитомассы (надземной и подземной), содержанию и запасам гумуса в почве.

Для перевода фитомассы растений в гДж использовались справочные материалы, изложенные в «Методических рекомендациях по биоэнергетической оценке севооборотов и технологии выращивания сельскохозяйственных культур» (Персиановка, ДСХИ, 1999 г.) и в «Методике определения экологической емкости и биоэнергетического потенциала территории агроландшафтов» (Курск, 2000 г.) [3].

В таблице 1 приведена энергоемкость фитомассы звена севооборота чистый пар – озимая пшеница – подсолнечник (плакорно-равнинный тип агроландшафта), взятого как наиболее типичного.

Таблица 1 – Энергоемкость фитомассы сельскохозяйственных культур на плакорно-равнинном агроландшафте (пашня)

Сельскохозяйственная культура	Зерно		Солома		Растительные остатки		Корни		Всего, гДж/га
	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	
Озимая пшеница	3,20	52,64	4,69	80,43	0,98	16,81	2,97	47,52	197,40
Подсолнечник	1,35	23,02	0,87	14,92	0,84	14,32	0,93	15,62	67,88

Запасы энергии, заключенные в гумусе, определялись по формуле:

$$E_r = 23,045 \cdot Z_r = 23,045 \cdot 280,2 = 6457,2 \text{ гДж/га,}$$

где E_r – запасы энергии гумуса в почве, гДж/га;

23,045 – теплота сгорания гумуса, гДж/га;

Z_r – запасы гумуса в метровом слое, т/га.

Энергосодержание почвы на плакорно-равнинном агроландшафте определяем по формуле:

$$\text{ЭСП} = E_{\text{к.о.}} + E_r = 7278,7 + 6457,2 = 13735,9 \text{ гДж/га},$$

где ЭСП – энергосодержание почвы, гДж/га;

$E_{\text{к.о.}}$ – запасы энергии в подземной фитомассе, гДж/га.

Аналогичные расчеты приводим и для двух других типов агроландшафта (таблицы 2 и 3).

Таблица 2 – Энергоемкость фитомассы сельскохозяйственных культур на ложбинно-балочном агроландшафте

Сельскохозяйственная культура	Зерно		Солома		Растительные остатки		Корни		Всего, гДж/га
	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	
Эспарцет	-	-	0,90	16,93	0,31	5,58	2,12	37,35	59,86
Озимая пшеница	1,51	24,84	2,73	46,82	0,68	11,66	1,96	31,36	114,68
Просо	0,70	11,98	1,64	28,13	0,72	12,35	1,46	24,53	76,99
Люцерна	-	-	2,35	51,30	0,71	15,48	4,02	70,83	137,61
Сенокосы и пастбища	-	-	0,81	10,39	0,27	5,89	1,92	33,83	50,11

Таблица 3 – Энергоемкость фитомассы сельскохозяйственных культур на овражно-полевом агроландшафте

Сельскохозяйственная культура	Зерно		Солома		Растительные остатки		Корни		Всего, гДж/га
	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	масса, т/га	гДж/га	
Эспарцет	-	-	0,99	18,62	0,27	5,08	2,47	43,52	67,22
Озимая пшеница	2,66	43,76	3,49	59,85	0,81	13,89	2,29	36,64	154,14
Подсолнечник	0,94	16,03	0,62	10,63	0,59	10,12	0,65	10,92	47,70
Залуженный участок	-	-	1,08	22,46	0,29	5,11	2,52	44,40	71,97

Запасы энергии, заключенные в гумусе, вычислялись по следующей зависимости (гДж/га):

$$E_r = 23,045 \frac{(54 \cdot 261,4) + (41,4 \cdot 163,6) + (4,6 \cdot 104,5)}{100} = 23,045 \cdot 213,7 = 4924,55.$$

Энергосодержание почвы на ложбинно-балочном агроландшафте определялось по формуле (гДж/га):

$$\text{ЭСП} = E_{\text{к.о.}} + E_r = 7278,41 + 4924,55 = 12202,96.$$

Запасы энергии, заключенные в гумусе, вычисляем по формуле (гДж/га):

$$E_r = 23,045 \frac{(37,4 \cdot 261,4) + (22,9 \cdot 163,6) + (29,8 \cdot 104,5) + (9,9 \cdot 52,2)}{100} = 3953,07.$$

Энергосодержание почвы на овражно-полевым агроландшафте определяем по формуле:

$$\text{ЭСП} = E_{\text{к.о.}} + E_r = 7284,95 + 3953,07 = 11238,02 \text{ гДж/га.}$$

Далее проводим расчеты по соотношению угодий в модельном агроландшафте (плакорно-равнинный) (таблица 4).

Таблица 4 – Характеристика модельного агроландшафта

Тип агроландшафта	Модельное соотношение, %		БЭПТ ^м 10 ³ гДж/га	
	Лесные полосы (y_1)	Пашня (y_2)	Лесные полосы (x_1)	Пашня (x_2)
Плакорно-равнинный	6,2	93,8*	64,07	82,85
* В пашню включены также полевые дороги.				

Сначала для этого определяем БЭПТ леса и пашни по формулам:

$$БЭПТ_{\text{леса}}^{\text{м}} = \frac{y_1 \cdot БЭПТ_{\text{леса}}}{100} = 64,07,$$

$$БЭПТ_{\text{пашни}}^{\text{м}} = \frac{y_2 \cdot БЭПТ_{\text{пашни}}}{100} = 82,85.$$

Для определения оптимального соотношения леса и пашни (распаханность угодий) в модельном агроландшафте находим угловые коэффициенты прямых k_1 и k_2 по формулам:

$$k_1 = \frac{y_1}{БЭПТ_{\text{леса}}} = 9,8,$$

$$k_2 = \frac{y_1 - 100}{БЭПТ_{пашни}} = -1,13.$$

Затем определяем оптимальное соотношение леса ($Y_{лес}^{opt}$) и пашни ($Y_{пашни}^{opt}$) по формулам:

$$Y_{лес}^{opt} = \frac{100 - \kappa_1}{\kappa_1 - \kappa_2},$$

$$Y_{пашни}^{opt} = 100 - Y_{лес}^{opt}.$$

Оптимальное расчетное соотношение лесных насаждений составит:

$$Y_{лес}^{opt} = \frac{100 - 9,8}{9,8 - (-1,13)} = 9,0,$$

$$Y_{пашни}^{opt} = 100 - 9,0 = 91,0.$$

Площадь, которую должны занимать сенокосы и пастбища, не определяем, т.к. для выбранного в качестве модели плакорно-равнинного типа агроландшафта в степной зоне Ростовской области их просто нет. Кроме того, из пашни мы вычитаем площадь занятую дорогами 6 %. Тогда в конечном результате под пашней должно быть 85 % от всей площади агроландшафта.

Если сравнить полученное расчетным путем соотношение лесных полос и пашни в агроландшафте с реальным положением дел, то они достаточно различны по значениям (таблица 5). Разница в долях площади, которую должны занимать лесные полосы составляет 30 % в сторону их увеличения, а пашни на 3,2 % в сторону уменьшения.

Таблица 5 – Расчетные и реальные значения соотношения лесных насаждений и пашни на плакорно-равнинном типе агроландшафта, %

Доля лесных полос		Доля пашни	
реальное	расчетное	реальное	расчетное
6,2	9,0	93,8*	91*
* Доля пашни вместе с полевыми дорогами.			

Средостабилизирующие угодья (лесные полосы, сенокосы, многолетние травы и др.), по данным других авторов, должны занимать в данном

типе агроландшафта до 20 %, а пашня 80 % [2, 4]. Если предположить, что недостающие площади средостабилизирующих угодий можно компенсировать посевами многолетних трав в полевых севооборотах, то получим близкие по значениям результаты.

В структуре БЭПТ полевых и травянистых ценозов на долю энергии почвы (энергия корней + энергия почвы) приходится до 95-99 %. В связи с этим переход от соотношения угодий в модельном агроландшафте с черноземами южными не смытыми к соотношению угодий в экспериментальных агроландшафтах с почвами, в различной степени пораженными эрозийными процессами, можно осуществить через энергосодержание почвы и коэффициент стабильности.

За коэффициент стабильности агроландшафта (равной 1,0) принимается отношение энергосодержания эталонной почвы (чернозем южный среднеспелый, находящийся в обработке не менее 100 лет) к энергосодержанию конкретной почвы на пашне.

Коэффициент стабилизации агроландшафта определяется по формуле:

$$K_c = \frac{\text{ЭСП}_{\text{э.п.}}}{\text{ЭСП}_{\text{р.а.}}},$$

где K_c – коэффициент стабилизации агроландшафта;

$\text{ЭСП}_{\text{э.п.}}$ – энергосодержание эталонной почвы, гДж/га;

$\text{ЭСП}_{\text{р.а.}}$ – энергосодержание почвы в реальном агроландшафте, гДж/га.

Подставляя уже известные значения ЭСП для конкретного типа агроландшафта, мы получим коэффициент стабилизации агроландшафта.

$$\text{Для ложбинно-балочного агроландшафта } K_c = \frac{17735,91}{12202,96} = 1,45.$$

$$\text{Для овражно-полевого агроландшафта } K_c = \frac{17735,91}{11238,02} = 1,58.$$

Определив долю экологически стабилизирующих (лесных полос) и дестабилизирующих (пашни) угодий для модельного плакорно-равнинного

типа агроландшафта с не смытыми почвами и умножив полученные проценты по лесу на коэффициент стабилизации реального агроландшафта, получим площади этих угодий в процентах для агроландшафта с конкретными почвами по формуле:

$$X_{p.a.} = 100 \cdot X \cdot K_c,$$

где 100 – коэффициент пересчета;

X – площадь леса в долях;

K_c – коэффициент стабилизации агроландшафта.

Что касается доли сенокосов и пастбищ, то мы их оставили в тех реальных значениях, в которых они присутствуют на выбранных экспериментальных типах агроландшафта.

Доля пашни в расчетном агроландшафте определяется по формуле:

$$Z_{p.a.} = 100 - (X_{p.a.} + Y_{p.a.}),$$

где $Z_{p.a.}$ – доля пашни в расчетном агроландшафте, %

$X_{p.a.}$ – доля площади леса в расчетном агроландшафте, %

$Y_{p.a.}$ – доля площади сенокосов и пастбищ в расчетном агроландшафте.

Подставляя необходимые показатели в данные формулы, мы получили следующие расчетные значения оптимального соотношения угодий (таблица 6).

Таблица 6 – Расчетные значения оптимального соотношения долей сельхозугодий

Тип агроландшафта	Доля лесных полос		Доля сенокосов и пастбищ	Доля пашни	
	реальные	расчетные		реальные	расчетные
Ложбинно-балочный	12,8	13,1	4,3	82,9	82,6
Пашни без дорог	-	-	-	76,1	75,8
Овражно-полевой	18,1	14,2	19,7	52,7	66,1
Пашни без дорог	-	-	-	45,9	59,3

Если из площади пашни вычесть площадь полевых дорог, то и в том и другом случае она уменьшится в среднем более чем на 6,8 %.

Таким образом, на основании проведенных исследований по расчету оптимального соотношения угодий на конкретных агроландшафтах, можно сделать выводы:

1 Полученные значения доли леса и в первом и втором типе агроландшафта в целом являются оптимальными, и, как следует из экспериментальных данных, служат надежной системой организации территории, обеспечивая защиту почвенного покрова от деградации эрозионными процессами.

2 Реальные площади сенокосов и пастбищ наиболее приемлемы для овражно-полевого агроландшафта и явно недостаточны для ложбинно-балочного. В связи с чем, доля пашни, как в реальном, так и расчетном вариантах, представляется завышенной. Вместе с тем, если принять во внимание присутствие в севообороте ложбинно-балочного агроландшафта поля, занятого эспарцетом, которое относится к средостабилизирующим угодьям, то естественно увеличивается доля сенокосов и снижается доля пашни. Кроме того, исходя из опыта прежних исследований, проведенных в Ростовской области, ложбины на данном типе агроландшафта необходимо залужать. В таком случае доля сенокосов и пастбищ увеличивается до 12,9 %. Соответственно на 8,6 % уменьшится доля пашни.

3 В овражно-полевом агроландшафте из всей площади пашни только 65 % используется в полевом севообороте, а остальные в почвозащитном, т.е. находятся в состоянии постоянного залужения, и доля пашни уменьшается до 28,7 %, что как в реальном, так и расчетном методе позволяет говорить нам об оптимальном соотношении сельхозугодий на агроландшафте.

Список использованных источников

1 Балакай, Н. И. Агроландшафты юга России и их классификация по типам / Н. И. Балакай, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ФГНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: Геликон, 2006. – Вып. 35. – С. 43-47.

2 Методика определения оптимального соотношения угодий в агроландшафтах на биоэнергетической основе. – Курск, 2000. – 52 с.

3 Методика определения экологической емкости и биоэнергетического потенциала территории агроландшафта. – Курск, 2000. – 32 с.

4 Балакай, Н. И. Распределение основных видов деградации на различных типах агроландшафтов / Н. И. Балакай, Г. Т. Балакай, Е. В. Полуэктов // Вопросы мелиорации. – М.: ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2007. – № 1-2. – С. 51-56.

Полуэктов Евгений Валерьянович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия», профессор.

Контактный телефон: 8-960-456-21-01. E-mail: rekngma@magnet.ru

Poluektov Evgeniy Valeryanovich – Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education «Novocherkassk State Meliorative Academy», Professor.

Contact telephone number: 8-960-456-21-01. E-mail: rekngma@magnet.ru

Игнатьюк Ольга Александровна – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия», аспирант.

Contact telephone number: 8-911-961-84-89. E-mail: rekngma@magnet.ru

Ignatuk Olga Alexandrovna – Federal State Budget Educational Establishment of Higher Professional Education «Novocherkassk State Meliorative Academy», PhD student.

Contact telephone number: 8-911-961-84-89. E-mail: rekngma@magnet.ru

Балакай Наталья Ивановна – кандидат сельскохозяйственных наук, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», старший научный сотрудник.

Контактный телефон: 8-905-426-78-31. E-mail: nbalakay@mail.ru

Balakay Natalya Ivanovna – Candidate of Agricultural Sciences, Federal state budget scientific establishment «The Russian scientific research institute of land improvement problems», Senior Research Fellow.

Contact telephone number: 8-905-426-78-31. E-mail: nbalakay@mail.ru