

**ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМ СЕВООБОРОТОВ С УЧЕТОМ БАЛАНСА ГУМУСА  
НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ****CROP ROTATION SYSTEM PLANNING ACCORDING TO HUMUS BALANCE BASED  
ON ECONOMIC AND MATHEMATIC MODELLING**

**Ключевые слова:** сельскохозяйственная организация, севооборот, модель, целевая функция, ограничения, трудовые ресурсы, баланс гумуса, прибыль.

Представлена модель организации системы севооборотов с учетом баланса гумуса на основе экономико-математического моделирования, которая позволит установить набор культур в севооборотах с целью создания условий для поддержания положительного или бездефицитного баланса гумуса и предотвращения его потерь из почвы. ООО «Чистое» расположено в Тюкалинском муниципальном районе северной лесостепной зоны Омской области. Основным видом производственной деятельности является производство сельскохозяйственной продукции. Площадь сельскохозяйственных угодий (пашни) составляет 10246 га (100%). Почвенный покров пахотных земель представлен лугово-черноземными почвами солонцеватого типа (58,9%) и солонцами (41,1% от общей площади пашни). Содержание гумуса в почвах – 4%. Используются полевые и кормовые севообороты, которые по функциям в агроэкосистеме пашни являются средостабилизирующими с насыщением культур (однолетних и многолетних трав), устойчивых к засолению, переувлажнению и выполняющих роль фитомелиорантов. При составлении модели в качестве переменных приняты площади севооборотов. Система ограничений составлена по площади пашни, трудовым ресурсам, балансу гумуса и объему производства сельскохозяйственных культур. Представлен оптимальный план структуры посевных площадей на территории ООО «Чистое», который определяет соотношение переменных, обеспечивающих выполнение функции цели, а именно площадь пашни используется полностью; из имеющегося объема трудовых ресурсов используется 22346 чел/дн., производство всех видов культур выполняется в требуемом объеме. Для получения минимально возможного дефицита гумуса в 8047,28 т и выполнения всех остальных заложенных в модель условий в хозяйстве рекомендуется использовать севообороты № 3, 4, 7, максимально насыщенных многолетними и однолетними травами. Севооборот № 1 (полевой зернопаровой) необходимо оставить с целью выполнения планов производства зерна пшеницы и

ячменя. Максимальный доход предприятия в этом случае составит 82522,9 тыс. руб.

**Keywords:** agricultural business, crop rotation, model, objective function, limits, labor resources, humus balance, profit.

A model of crop rotation planning taking into account humus balance and based on economic and mathematic modeling is presented; the model enables to define the correct choice of crops for crop rotation in order to create favorable conditions for supporting a positive or self-supporting humus balance and avoiding humus losses in the soil. The study was conducted at the ООО "Chistoye" of the Tyukalinskiy District in the northern forest-steppe area of the Omsk Region. The main economic activity is agricultural production. The area of agricultural lands (arable land) amounts to 10,246 ha (100%). The soil cover of arable lands is represented by solonetz-like meadow-chnozem (58.9%) and by solonetz soils (41.1% of the total arable land area). The humus content in the soil amounts to 4%. Field and fodder crop rotation are used; they have a stabilizing function in the agro-ecosystem of arable land and they are combined with the crops (annual and perennial grasses) which are resistant to salinification and overwatering and act as phyto-improvers. When developing the model, the areas of crop rotations were used as variables. The system of limitations involves arable land area, labor resources, and humus balance and crop production volume. Optimal plan of croplands of the ООО "Chistoye" has been developed; the plan defines the correlation between variables which guarantees the achievement of the target function, and in particular, the whole arable land area is used; 22,346 man-days are used from the total volume of labor resources; the volumes of production of all crops are completely achieved. To obtain the minimal possible loss of humus of 8047.28 tons and to achieve all the economic conditions included in the model, it is recommended to use crop rotations No. 3, No. 4, and No. 7 which are saturated with perennial and annual grasses to the maximum. Crop rotation No. 1 (grain-fallow) should be reserved for wheat and barley production. The maximum profit may amount to 82522.9 rubles.

**Маракаева Татьяна Владимировна**, к.с.-х.н., доцент, каф. агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. E-mail: tv.marakaeva@omgau.org.

**Marakayeva Tatyana Vladimirovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy, Plant Breeding and Seed Production, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. E-mail: tv.marakaeva@omgau.org.

**Ноженко Татьяна Викторовна**, к.с.-х.н., доцент, каф. землеустройства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. E-mail: 251076t@mail.ru.

**Некрасова Екатерина Викторовна**, к.с.-х.н., доцент, каф. агрономии, селекции и семеноводства, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. E-mail: ev.nekrasova@omgau.org.

**Nozhenko Tatyana Viktorovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Land Management, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. E-mail: 251076t@mail.ru.

**Nekrasova Yekaterina Viktorovna**, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agronomy, Plant Breeding and Seed Production, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. E-mail: ev.nekrasova@omgau.org.

### Введение

В системе рационального использования сельскохозяйственных угодий одним из главных звеньев выступает организация систем севооборотов. Система севооборотов как важный элемент системы земледелия [1] способствует воспроизводству природно-ресурсного потенциала пашни и повышению плодородия почв [2]. В связи с этим создание организационно-хозяйственных условий, способствующих сохранению и восстановлению плодородия почвы (бездефицитного гумусового баланса), на сегодняшний день является наиболее важной проблемой.

### Объект и методы исследования

Объектом исследования является территория сельскохозяйственной организации ООО «Чистое» Тюкалинского муниципального района, расположенного в северной лесостепной зоне Омской области. Основным видом производственной деятельности ООО «Чистое» является производство сельскохозяйственной продукции. Почвенный покров пахотных земель представлен: лугово-черноземными почвами солонцеватого типа (58,9%) и солонцами (41,1%), которые пригодны для выращивания зональных культур. Средний балл бонитета почв в хозяйстве составляет 54. Содержание гумуса в почвах ООО «Чистое» – 4%, на снижение запасов гумуса оказывает влияние недостаточное количество применения органических удобрений. Следует отметить, что гумусное состояние почв поддерживается только растительными остатками сельскохозяйственных культур. Баланс гумуса в целом по используемым севооборотам хозяйства отрицательный и достигает 0,79 т/га [2], или 8094,34 т на всю пашню. Для его восполнения необходимо 89857,4 т навоза. Таким образом, организация систем севооборотов с учетом баланса гумуса с применением метода эко-

номико-математического моделирования является наиболее актуальной [3-5].

### Экспериментальная часть

Площадь сельскохозяйственных угодий ООО «Чистое», а именно пашни, составляют 10246 (100%) га [6], из них под пар отводится 2155 га (21%), зерновые культуры – 4205 га (41%), однолетние травы – 461 га (4,5%), многолетние травы – 3425 га (33,6%). Ресурсы труда составляют 25000 чел/дн.

В ООО «Чистое» используются севообороты: полевой на площади – 1940 га; кормовой (средостабилизирующий, фитомелиоративный) – 2841 га; полевой (средостабилизирующий, фитомелиоративный) – 5465 га. В силу сложившихся негативных процессов засоления, заболачивания, переувлажнения с целью стабилизации и улучшения экологической обстановки севообороты по функциям в агроэкосистеме пашни являются средостабилизирующими с насыщением культур (однолетних и многолетних трав), устойчивых к засолению, переувлажнению и выполняющих роль фитомелиорантов (табл. 1).

Данные по плановому получению продукции, урожайности культур, их доли в севооборотах, стоимости продукции [6], баланса гумуса [2], затратам [7] и прибыли представлены в таблицах 2-4.

Для составления экономико-математической модели в качестве переменных приняты следующие:  $x_1$  – площадь севооборота № 1;  $x_2$  – площадь севооборота № 2;  $x_3$  – площадь севооборота № 3;  $x_4$  – площадь севооборота № 4;  $x_5$  – площадь севооборота № 5;  $x_6$  – площадь севооборота № 6;  $x_7$  – площадь севооборота № 7;  $x_8$  – площадь севооборота № 8;  $x_9$  – площадь севооборота № 9.

Таблица 1

*Характеристика систем севооборотов в ООО «Чистое»*

Тип севооборота / функция	Кол-во, шт.	Площадь, га	Схема чередования культур
Полевой	1	700	Пар – пшеница – овес
	1	1240	Пар – пшеница – пшеница – однолетние травы – овес
Кормовой / Средостабилизирующий фитомелиоративный	1	1540	Пар – пшеница (подсев многолетних трав) – многолетние травы 1-го г.п. – многолетние травы 2-го г.п. – многолетние травы 3-го г.п. – многолетние травы 4-го г.п. – пшеница
	1	1301	Пар – пшеница – однолетние травы (подсев многолетних трав) – многолетние травы 1-го г.п. – многолетние травы 2-го г.п. – ячмень
Полевой / Средостабилизирующий фитомелиоративный	3	3385	Пар – пшеница (подсев многолетних трав) – многолетние травы 1-го г.п. – многолетние травы 2-го г.п. – овес/ячмень
	2	2080	Пар – пшеница (подсев многолетних трав) – многолетние травы 1-го г.п. – многолетние травы 2-го г.п. – пшеница

Таблица 2

*Урожайность культур, стоимость и плановое производство зерна и кормов в ООО «Чистое»*

Культура	Урожайность, ц/га	Плановое производство, ц	Стоимость, руб/ц
Пшеница	16,0	41000	850
Овес	15,0	15000	750
Ячмень	14,0	10000	780
Однолетние травы (сенаж)	45,0	20000	250
Многолетние травы (сено)	19,0	60000	400

Таблица 3

*Доля культур в севооборотах ООО «Чистое»*

Тип севооборота / функция	Номер севооборота	Культура / пар					
		пар	пшеница	овес	ячмень	однолетние травы (сенаж)	многолетние травы (сено)
Полевой	1	0,33	0,33	0,33	-	-	-
	2	0,2	0,4	0,2	-	0,2	-
Кормовой / Средостабилизирующий фитомелиоративный	3	0,14	0,28	-	-	-	0,56
	4	0,16	0,16	-	0,16	0,16	0,32
Полевой / Средостабилизирующий фитомелиоративный	5	0,2	0,2	-	0,2	-	0,4
	6	0,2	0,2	-	0,2	-	0,4
	7	0,2	0,2	-	0,2	-	0,4
	8	0,2	0,4	-	-	-	0,4
	9	0,2	0,4	-	-	-	0,4

Таблица 4

*Затраты труда, баланс гумуса и доход (на 1 га)*

Тип севооборота / функция	Номер севооборота	Затраты труда, чел.-дн.	Баланс гумуса, т	Доход, тыс. руб.
Полевой	1	1,5	-1,24	8,03
	2	1,9	-0,88	9,93
Кормовой / Средостабилизирующий фитомелиоративный	3	2,6	-0,62	7,82
	4	2,4	-0,61	8,42
Полевой / Средостабилизирующий фитомелиоративный	5	2,3	-0,82	7,89
	6	2,3	-0,82	7,89
	7	2,3	-0,82	7,89
	8	2,5	-0,81	8,36
	9	2,5	-0,81	8,36

**Система ограничений составлена следующим образом:**

**1. По площади пашни, га**

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 \leq 10246.$$

**2. По балансу гумуса, т**

$$-1,24x_1 - 0,88x_2 - 0,62x_3 - 0,61x_4 - 0,82x_5 - 0,82x_6 - 0,82x_7 - 0,81x_8 - 0,81x_9 = 0$$

**3. По объему производства пшеницы, ц**

$$5,28x_1 + 6,4x_2 + 4,48x_3 + 2,56x_4 + 3,2x_5 + 3,2x_6 + 3,2x_7 + 6,4x_8 + 6,4x_9 \geq 41000$$

**4. По объему производства овса, ц**

$$4,95x_1 + 3x_2 \geq 15000$$

**5. По объему производства ячменя, ц**

$$2,24x_4 + 2,8x_5 + 2,8x_6 + 2,8x_7 \geq 10000$$

**6. По объему производства однолетних трав, ц**

$$9x_2 + 7,2x_4 \geq 20000$$

**7. По объему производства многолетних трав, ц**

$$10,64x_3 + 6,08x_4 + 7,6x_5 + 7,6x_6 + 7,6x_7 + 7,6x_8 + 7,6x_9 \geq 65000$$

**8. По трудовым ресурсам**

$$1,5x_1 + 1,9x_2 + 2,6x_3 + 2,4x_4 + 2,3x_5 + 2,3x_6 + 2,3x_7 + 2,5x_8 + 2,5x_9 \leq 25000$$

Целью данного моделирования является обеспечение получения максимального дохода при полном использовании имеющихся ресурсов и меньшими потерями гумуса из почвы.

$$Z = 8,03x_1 + 9,93x_2 + 7,82x_3 + 8,42x_4 + 7,89x_5 + 7,89x_6 + 7,89x_7 + 8,36x_8 + 8,36x_9 \rightarrow \max$$

**Результаты и их обсуждение**

Результатом решения является составленный оптимальный план, который определяет соотношение переменных, обеспечивающих выполнение функции цели (табл. 5).

Анализ решения задачи показывает, что площадь пашни используется полностью (10246 га); из имеющегося объема трудовых ресурсов используется 22346 чел/дн.; производство всех видов продукции выполняется в требуемом объеме.

Для получения минимально возможного дефицита гумуса в 8047,28 т (изначально при имеющихся в хозяйстве севооборотах он составлял 8094,34 т) и выполнения всех остальных заложенных в модель условий по хозяйству необходимо исключить севообороты № 2, 5, 6, 8, 9. Рекомендуются использовать севообороты № 3, 4, 7, мак-

симально насыщенных многолетними и однолетними травами. Севооборот № 1 (полевой зернопаровой) необходимо оставить с целью выполнения планов производства зерна пшеницы и ячменя.

Максимальный доход предприятия в этом случае составит 82522,9 тыс. руб.

**Таблица 5**  
**Оптимальная структура использования пашни**

Ограничения	Существующий план	Оптимальный план
	га	га
По площади пашни, га	10246	10246
По балансу гумуса, т	8094,34	8047,28
По объему производства пшеницы, ц	41000	41263
По объему производства овса, ц	15000	15000
По объему производства ячменя, ц	10000	10000
По объему производства однолетних трав, ц	20000	20022
По объему производства многолетних трав, ц	60000	60000
По трудовым ресурсам, чел/дн.	25000	22346
Целевая функция	82522,9 тыс. руб.	

**Библиографический список**

1. Методические рекомендации по изучению дисциплины «Региональные системы земледелия и землеустройства» в составе ООП ВПО 120301.65 – Землеустройство, 120300.62 – Землеустройство и кадастры / Т.В. Ноженко, Е.В. Некрасова. – Омск, 2012. – С. 10.
2. Маракаева Т.В., Ноженко Т.В. Анализ организации систем севооборотов сельскохозяйственных организаций Тюкалинского района Омской области на ландшафтно-экологической основе // Вестник Казанского ГАУ. – 2016. – С. 24-30.
3. Спектор М.Д. Экономико-математические методы и модели землеустройства. – Астана, 2006. – 175 с.
4. Волков С.Н. Землеустройство. Экономико-математические методы и модели: в 6 т. – М.: Колос, 2001. – Т. 4. – 696 с.
5. Волков С.Н. Совершенствование методики расчета баланса гумуса в проектах внутрихозяйственного землеустройства / Интернет-ресурс. [Guz.ru>media/file/rekdoc/13.doc](http://Guz.ru>media/file/rekdoc/13.doc).
6. Формы отчетности о финансово-экономическом состоянии товаропроизводителей агропромышленного комплекса // Приложение к приказу Минсельхоза России. – 2015. – 52 с.
7. Экономико-математические методы и моделирование [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие для выполнения курсовой работы для студентов ба-

калавров, обучающихся по направлению подготовки 120700.62 «Землеустройство и кадастры» профиль «Кадастр недвижимости» и «Землеустройство» / Н.П. Шалдунова, А.Л. Желясков, Н.В. Осокина, Д.Э. Сетуридзе; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь, 2015. – 50 с.

**References**

1. Metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu distsipliny «Regionalnye sistemy zemledeliya i zemleustroystva» v sostave OOP VPO 120301.65 – Zemleustroystvo, 120300.62 – Zemleustroystvo i kadastry / T.V. Nozhenko, E.V. Nekrasova. – Omsk, 2012. – S. 10.  
 2. Marakaeva T.V., Nozhenko T.V. Analiz organizatsii sistem sevooborotov selskokhozyaystvennykh organizatsiy Tyukalinskogo rayona Omskoy oblasti na landshaftno-ekologicheskoy osnove // Vestnik Kazanskogo GAU. – 2016. – S. 24-30.  
 3. Spektor M.D. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli zemleustroystva. – Astana, 2006. – 175 s.

4. Volkov S.N. Zemleustroystvo. Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli: v 6 t. – T. 4. – M.: Kolos, 2001. – 696 s.  
 5. Volkov S.N. Sovershenstvovanie metodiki rascheta balansa gumusa v proektakh vnutrikhozyaystvennogo zemleustroystva / Internet resurs. Guz.ru>media/ file/rekdoc/13.doc.  
 6. Formy otchetnosti o finansovo-ekonomicheskom sostoyanii tovaroproduzvoditeley agropromyshlennogo kompleksa // Prilozhenie k prikazu Minselkhoza Rossii. – 2015. – 52 s.  
 7. Ekonomiko-matematicheskie metody i modelirovanie [Elektronnyy resurs]: uchebno-metodicheskoe posobie dlya vypolneniya kursovoy raboty dlya studentov bakalavrov, obuchayushchikhsya po napravleniyu podgotovki 120700.62 «Землеустройство и кадастры» профил «Кадастр недвижимости» и «Землеустройство» / Н.П. Шалдунова, А.Л. Желясков, Н.В. Осокина, Д.Э. Сетуридзе; М-во с.-х. РФ, ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА. – Пермь, 2015. – 50 с.



УДК 630\*114:631.436:630\*17:630\*271 (571.15)

**Л.В. Лебедева**  
 L.V. Lebedeva

**ВЛАГОСОДЕРЖАНИЕ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ  
 ПОД ДРЕВЕСНЫМИ ФИТОЦЕНОЗАМИ В УСЛОВИЯХ ДЕНДРАРИЯ**

**MOISTURE CONTENT AND SOIL THERMOPHYSICAL PROPERTIES  
 UNDER TREE FITOCENOSES IN ARBORETUM**

**Ключевые слова:** серые лесные почвы, дерново-подзолистые почвы, черноземы выщелоченные, дубовые, березовые и еловые насаждения, влажность почвы, общие запасы влаги, продуктивные запасы влаги, сумма температур.

Влагосодержание в почве имеет определяющее значение для произрастания древесных пород в условиях дендрария. Именно влажность кардинально влияет на формирование теплофизического состояния генетических горизонтов почвенного профиля. В этой связи были исследованы режимы увлажнения и теплопередачи в серых лесных почвах под дубовыми насаждениями, в дерново-подзолистых почвах под елями и в черноземах обыкновенных под березовыми посадками. Было установлено, что режим почвенного увлажнения определялся характером древесных насаждений. Так, в серых лесных почвах в течение всей вегетации наблюдался дефицит почвенной влаги, особенно в иллювиальном горизонте и почвообразующей породе. Оптимальный режим увлажнения почвы складывался в черноземах обыкновенных, а переувлажнение имело место в дерново-подзолистой почве. В то же время мак-

симальная теплопроводность была характерна для гумусово-аккумулятивного горизонта чернозема под травяным покровом (поляна), а минимальная – под ельником в серой лесной почве. Аналогичные результаты получены и для тепловых потоков.

**Keywords:** gray forest soils, sod-podzolic soils, leached chernozems, oak plantations, birch and spruce plantations, soil moisture, total soil moisture storage, available moisture, accumulated temperatures.

Soil moisture content is a decisive factor for the growth of tree species under the conditions of arboretum. It is moisture content that drastically affects the formation of the thermo-physical state of soil profile genetic horizons. In this regard we studied the regimes of moistening and heat transfer in gray forest soils under oak plantations, under spruces in sod-podzolic soils, and under birch plantations in ordinary chernozems. It was found that the soil moistening regime was determined by the nature of tree plantations. In gray forest soils, during the entire growing season, soil moisture shortage was observed, particularly in the illuvial horizon and parent