

Научная статья

Original article

УДК 631.582-048.34

DOI 10.55186/25880209\_2024\_8\_6\_4

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ АДАПТИВНЫХ  
СЕВООБОРОТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ**  
DESIGN AND OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF ADAPTIVE CROPE  
ROTATIONS BASED ON MODELING



**Веселова Марина Николаевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (644008 г. Омск, Институтская площадь, д. 1), тел. 8(3812) 65-24-72, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0229-1406>, [mn.veselova@omgau.org](mailto:mn.veselova@omgau.org)

**Щерба Валентина Николаевна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, доцент кафедры землеустройства, ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина» (644008 г. Омск, Институтская площадь, д. 1), тел. 8(3812) 65-24-72, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3169-0254>, [vn.scherba@omgau.org](mailto:vn.scherba@omgau.org)

**Marina N. Veselova**, candidate of agricultural sciences, associate professor, professor of department of land management, Omsk state agrarian university named after P.A. Stolypin (1 Institutskaya square, Omsk, 644008 Russia), tel. 8(3812) 65-24-72, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0229-1406>, [mn.veselova@omgau.org](mailto:mn.veselova@omgau.org)

**Valentina N. Scherba**, candidate of agricultural sciences, associate professor, professor of department of land management, Omsk state agrarian university named after P.A. Stolypin (1 Institutskaya square, Omsk, 644008 Russia), tel. 8(3812) 65-24-72, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3169-0254>, [vn.scherba@omgau.org](mailto:vn.scherba@omgau.org)

**Аннотация.** Земельная реформа коренным образом изменила систему сельскохозяйственного землепользования. Больше внимания уделяется экономическим результатам использования сельскохозяйственных земель, зачастую ухудшая экологические условия их использования. Одним из направлений рационализации использования пахотных участков является введение адаптивных севооборотов. Предлагается использовать адаптивные плодосменные севообороты, которые позволяют учесть качественное состояние пахотных участков и обеспечить эффективность сельскохозяйственного производства. Система кормовых и полевых плодосменных севооборотов разработана для ООО «Индейка» Калачинского муниципального района Омской области. Местоположение и площади севооборотов привязаны к используемым участкам пашни, учитывают экологическое состояние пахотных массивов, проявление на них негативных процессов. В севообороты включены сельскохозяйственные культуры, благоприятно влияющие на экологическое состояние пашни, обеспечивающие сохранение почвенного плодородия, а также рыночные культуры, обеспечивающие экономическую эффективность растениеводства. С целью оптимизации посевных площадей в разработанных адаптивных плодосменных севооборотах разработана экономико-математическая модель оптимизации структуры посевных площадей. Целевая функция направлена на получение максимальной стоимости валовой продукции яровой и озимой пшеницы и ячменя. Система ограничений представлена несколькими блоками. Лимитирующим фактором при оптимизации выступили трудовые ресурсы, поэтому разработаны два варианта моделей – с учетом имеющихся в хозяйстве трудовых ресурсов и с привлечением сезонных рабочих. По каждой модели определена структура использования пашни. Вторая модель оказалась более эффективной, при её

реализации хозяйство получит максимальную стоимость от реализации товарной продукции в размере более 155 млн. руб. Полученный результат решения экономико-математической модели отражает оптимальное состояние использования пашни хозяйства.

**Abstract.** Land reform radically changed the system of agricultural land use. More attention is paid to the economic results of using agricultural land, often worsening the environmental conditions of their use. One of the directions for rationalizing the use of arable land is the introduction of adaptive crop rotations. It is proposed to use adaptive fruit crop rotations, which make it possible to take into account the quality condition of arable land and ensure the efficiency of agricultural production. A system of forage and field crop rotations was developed for LLC “Indeyka” in the Kalachinsky municipal district of the Omsk region. The location and area of crop rotations are tied to the arable land areas used, taking into account the ecological state of arable areas and the manifestation of negative processes on them. Crop rotations include agricultural crops that have a beneficial effect on the ecological state of arable land, ensuring the preservation of soil fertility, as well as market crops that ensure the economic efficiency of crop production. In order to optimize the sown areas in the developed adaptive fruit crop rotations, an economic and mathematical model for optimizing the structure of the sown areas has been developed. The objective function is aimed at obtaining the maximum value of the gross production of spring and winter wheat and barley. The system of restrictions is represented by several blocks. The limiting factor in optimization was labor resources, so two versions of the models were developed - taking into account the labor resources available on the farm and using seasonal workers. For each model, the structure of arable land use is determined. The second model turned out to be more effective; when implemented, the farm will receive the maximum value from the sale of marketable products in the amount of more than 155 million rubles. The obtained result of solving the economic-mathematical model reflects the optimal state of use of the farm's arable land.

**Ключевые слова:** *сельскохозяйственное землепользование, адаптивный плодосменный севооборот, сельскохозяйственная культура, оптимизация структуры посевных площадей, экономико-математическая модель, система ограничений, трудовые ресурсы, стоимость товарной продукции*

**Keywords:** *agricultural land use, adaptive crop rotation, agricultural crops, optimization of the structure of sown areas, economic and mathematical model, system of restrictions, labor resources, cost of marketable products*

**Введение.** В Омской области сельскохозяйственное производство является главной отраслью экономики региона. Особую роль в аграрном секторе выполняют земельные ресурсы, являясь главным средством производства, обеспечивая устойчивость и эффективность сельскохозяйственного производства. Поэтому вопросы организации использования сельскохозяйственных угодий всегда были актуальными.

Земельные преобразования коренным образом изменили систему сельскохозяйственного землепользования. Хозяйствование в новых экономических условиях ориентировано на получение максимума прибыли, при этом вопросы экологического состояния земель, восстановления их качественных характеристик отодвигаются на второй план, что привело к ухудшению экологических условий использования сельскохозяйственных земель, особенно пашни [1, 2, 3, 4].

Рационализация использования пашни связывается с введением адаптивных севооборотов. При этом необходимо сочетание эколого-экономических условий и задач сельскохозяйственного производства – учет качественного состояния пахотных участков и при этом, обеспечение эффективности сельскохозяйственного производства, обеспечение потребности в производстве сельскохозяйственной продукции [1, 5, 6, 7].

Организация сельскохозяйственного землепользования связана с оптимизацией посевных площадей. Оптимальная структура посевных площадей должна обеспечивать потребности скота в кормах, восстановление почвенного плодородия, включать культуры, дающие высокий экономический

результат, что в итоге обеспечит эффективность сельскохозяйственного производства [6, 8].

Это комплексная, многофакторная задача, успешно решить которую позволит применение моделирования. При различных способах моделирования принципы построения моделей едины и включают следующие стадии: постановка задачи; анализ качественных и количественных зависимостей; получение и обработка исходной информации; выбор математического метода решения задачи, математическая формулировка экономических, технологических, ландшафтно-экологических и других условий задачи; экономико-математический анализ оптимального решения [9, 10]. Экономико-математические методы и моделирование являются современным научным направлением, позволяющим учесть протекающие процессы в сельскохозяйственном землепользовании, управлять их поведением, анализировать функционирование экономических объектов и систем, разработать рекомендации по оптимальным параметрам внутрихозяйственного землепользования [11].

**Объект исследования.** ООО «Индейка» располагается в границах Калачинского муниципального района Омской области [12]. Среди 12 сельскохозяйственных организаций района, по площади сельскохозяйственных угодий хозяйство занимает 2 место. Основным видом деятельности является выращивание зерновых, зернобобовых культур и семян масличных культур. Дополнительным – производство и консервирование мяса птицы.

Сельскохозяйственное производство осуществляется на 8420 га пашни и на 87 га пастбищ. Земельный массив представлен отдельными участками в границах трех сельских поселений. По данным эколого-экономической оценки земли хозяйства характеризуются средним уровнем. Около 20% сельскохозяйственных угодий подвержены засолению, около 52% - дефляции. Средний балл бонитета почв – 74. В структуре использования пашни хозяйства около 69% занимают зерновые и зернобобовые культуры.

Отрасль животноводства ориентирована на производство молока и мяса крупного рогатого скота и птицы. В таблице 1 представлена структура поголовья скота и птицы в хозяйстве.

Таблица 1. **Поголовье скота и птицы**

Крупный рогатый скот, гол			Птица, тыс.гол		Лошади, гол
коровы	нетели	молодняк на откорме	взрослая	молодняк на выращивании	
100	20	160	3	5	17

Таблица 2. **Выручка от реализации продукции**

Вид реализуемой продукции	Выручка, тыс. руб.
Продукция растениеводства, всего	95097
в том числе, зерно пшеницы	76573
зерно ячменя	13010
зерно зернобобовых	5514
Продукция животноводства, всего	31843
в том числе, мясо крупного рогатого скота	5284
молоко	12212
яйца	5588
Продукция первичной переработки (животноводство)	8759

Среднегодовая структура товарной продукции представлена в таблице 2. Более 75% в структуре доходов занимает продукция растениеводства.

**Методология проведения исследования.** Целью исследования является оптимизация адаптивных севооборотов с целью повышения эффективности растениеводства. В ходе исследования решены следующие задачи:

- разработана система адаптивных севооборотов в условиях рыночного сельскохозяйственного производства;

- выполнена оптимизация структуры сельскохозяйственных культур и пара в адаптивных севооборотах на основе экономико-математического моделирования.

Для формирования адаптивных севооборотов использована методика В.Н. Наумкина [13], в основе которой лежит принцип плодосмена, позволяющий сохранять плодородие почв, использовать биологический потенциал самих

растений, повысить урожайность и увеличить кормовую базу хозяйства. Адаптивные севообороты проектировались на основе следующих положений методики: включение в севооборот

- различных по биологическим и агротехническим особенностям сельскохозяйственных культур;
- бобовых культур;
- нескольких рыночных культур, обеспечивающих высокую экономическую эффективность растениеводства.

Данная методика предполагает с одной стороны – учет природных особенностей и экологических условий использования земель, с другой стороны – создание условий для осуществления эффективного сельскохозяйственного производства в условиях рынка.

Методической основой оптимизации структуры адаптивных севооборотов является применение экономико-математической модели оптимизации структуры посевных площадей и установление типов севооборотов [9, 14, 15]. Данная модель направлена на взаимоувязку планируемой структуры посевных площадей с рекомендуемыми схемами чередования сельскохозяйственных культур для адаптивных севооборотов в зоне расположения хозяйства, учитывающие агротехнические требования чередования культур.

В ходе исследования использованы методы: математического моделирования, абстрактно-логический, экономико-статистический, картографический.

**Результаты и обсуждение.** При формировании адаптивного сельскохозяйственного землепользования решаются многие вопросы, однако основным элементом является система севооборотов. Согласно предложенной методике предлагается ввести плодосменные полевые и кормовые севообороты, при проектировании которых учитывалась структура использования пашни, особенности содержания животных, сложившаяся в хозяйстве система севооборотов, организация территории пашни [16, 17].

Потребность скота в кормах обеспечивается за счет пастбищ и посева сельскохозяйственных культур на пашне. Под кормовые культуры необходимо

занять около 950 га пашни. Остальная площадь пашни может быть использована для пара и посева товарной растениеводческой продукции.

При формировании адаптивных севооборотов учитывались основные положения используемой методики [13]. Для обеспечения эффективности производства автором предлагается включать в плодосменный севооборот рыночные культуры: озимую пшеницу и рожь, яровой ячмень, овес, гречиху, просо, рапс, картофель и др. Совершенствование технологий их выращивания позволяет существенно увеличить урожайность и нормально функционировать хозяйству в рыночных условиях. Предпочтение предлагается отдавать озимой пшенице, яровому ячменю и кукурузе как наиболее продуктивным культурам. Поскольку в ООО «Индейка» на территории Осокинского и Кабаньевского сельских поселений в составе пашни есть засоленные почвы, то в первую очередь предлагается увеличить посеvy трав, как фитомелиорантов и предшественников для других сельскохозяйственных культур. Система адаптивных севооборотов представлена в табл. 3. Средний размер поля составляет 266 га.

**Таблица 3. Характеристика системы адаптивных севооборотов**

Типы севооборотов	Число полей, шт	Средний размер поля, га	Примерная схема чередования культур	Сельское поселение
Полевой плодосменный	6	265	пар, рапс, пшеница, ячмень, горох, пшеница	Осокинское
	5		Пар, озимая пшеница, пшеница, кукуруза на силос, пшеница	
	7	246	пар, рапс, пшеница, овёс+подсев мн.трав, многолетние травы, многолетние травы, пшеница	Куликовское
	7	262	пар, озимая пшеница, пшеница, ячмень, горох, пшеница, овёс	Кабаньевское



Кормовой плодосменный	3	275	ячмень+донник, донник, пшеница	Осокинское
	4	281	ячмень+донник, донник, пшеница, овёс	Кабаньевское

Сформировано 3 полевых плодосменных и 2 кормовых плодосменных севооборотов. Их местоположение и площади привязаны к используемым участкам пашни хозяйства в границах трех сельских поселений.

В полевых плодосменных севооборотах предпочтение отдано зерновым и зернобобовым культурам. В кормовых плодосменных севооборотах в качестве травы – фитомелиоранта на засоленных почвах предлагается использовать донник, в качестве многолетних трав – лядвенец рогатый, свербигу восточную, кострец безостый, люцерну синюю.

Для оптимизации адаптивных севооборотов разработана экономико-математическая модель оптимизации структуры посевных площадей. За искомые переменные  $X_i$  приняты площади посева сельскохозяйственных культур, включая пар и площадь пастбищ.

Целевая функция направлена на получение максимальной стоимости валовой продукции озимой и яровой пшеницы и ячменя.

Система ограничений представлена блоками:

- ограничения по площади угодий и посевных культур;
- ограничения по объему производства отдельных видов растениеводческой продукции для обеспечения потребности скота в кормах;
- ограничения по объему производства товарной продукции;
- ограничения по объему производства продукции, обеспечивающей повышение плодородия почв;
- ограничение по трудовым ресурсам;
- ограничения по оптимальной структуре пара (14%);
- ограничения по внесению необходимого количества удобрений по их видам.

При оптимизации структуры посевных культур с применением моделирования лимитирующим фактором выступили трудовые ресурсы. Поэтому были рассмотрены два варианта моделей. При лимите имеющихся трудовых ресурсов в размере 15075 чел.-дн. с учетом обеспечения потребности скота и птицы в необходимых кормах, оптимального набора культур в адаптивных севооборотах хозяйство не может обеспечить полное использование пашни (вариант 1). Остается 598 га недоиспользованной пашни. Для оптимального варианта (вариант 2) полного использования пашни хозяйству необходимо привлечь около 1070 чел.-дн. (4-5 сезонных рабочих). В этом случае ООО «Индейка» получит максимальную стоимость от реализации валовой товарной продукции в сумме 155 367 тыс. руб., что превышает 1 вариант на 11 122 тыс. руб.

Таким образом, 2 вариант оптимизационной модели является наиболее приемлемым, так как отражает в большей степени решение поставленных задач.

Результаты оптимизации структуры посевных площадей представлены в таблице 4.

Таблица 4. Структура использования пашни

Наименование сельскохозяйственной культуры	Площадь, га			
	существующая	планируемая		
		адаптивные севообороты	оптимизационные модели	
			1 вар (при лимите имеющихся трудовых ресурсов)	2 вар (с дополнит. привлечением трудовых ресурсов)
Озимая пшеница	-	527	527	527
Пшеница	4790	2632	4207	4721
Овес	-	789	169	169
Ячмень	500	1083	672	672
Зернобобовые	500	527	169	169
Рапс	280	511	511	511
Кукуруза на силос	-	265	105	105
Однолетние травы/сено	850	556	12	12
Многолетние травы/з.к	50	492	164	164
Сенаж	-	-	64	64
Пар	1450	1038	1095	1178
Итого пашни	8420	8420	7822	8420

Объемы производства растениеводческой продукции по оптимальному варианту представлены в таблице 5.

**Таблица 5. Объемы производства растениеводческой продукции**

Вид продукции	Выход, ц
Товарная продукция, в том числе:	
пшеница	87 333
озимая пшеница	22 661
ячмень	16619
Продукция на корм, в том числе:	
ячмень	2600
овес	2 600
зернобобовые	2 222
силосные	15 788
сено	685
зеленый корм	14749
сенаж	2 860
Рапс	20 440

Произведённая сельскохозяйственная продукция на 100% обеспечивает потребность скота и птицы в необходимых кормах и позволяет повысить производство товарной продукции, обеспечивающей экономическую эффективность хозяйства.

Для повышения продуктивности пахотных угодий требуется внесение органических, калийных, фосфорных и азотных удобрений. Потребность по видам удобрений представлена в таблице 6.

**Таблица 6. Потребность в удобрениях**

Вид удобрений	Ед. изм.	Количество
Органические удобрения	ц	218502
Азотные удобрения	кг	30625
Калийные удобрения	кг	22118
Фосфорные удобрения	кг	26371

Полученный результат решения экономико-математической модели отражает оптимальное состояние анализируемого объекта исследования. Все мероприятия, запланированные в ООО «Индейка» являются целесообразными и экономически выгодными. В технологический процесс вовлечены все

необходимые культуры для адаптивных севооборотов и все площади сельскохозяйственных угодий сохранены.

**Заключение.** Таким образом, система адаптивных севооборотов в условиях рыночного сельскохозяйственного производства будет способствовать эффективному использованию земельных ресурсов, созданию условий сохранения и воспроизводства почвенного плодородия и повышению доходности сельскохозяйственного производства.

Практическая значимость полученных результатов состоит в реализации предложений и рекомендаций, которые представлены в исследовании по совершенствованию структуры адаптивных севооборотов с применением моделирования, которые могут быть практически использованы в деятельности сельскохозяйственных организаций, что позволит повысить их эффективность производства.

### Литература

1. Кирюшин, В. И. Задачи оптимизации землепользования в России / В. И. Кирюшин // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2023. № 116. С. 5-25. DOI 10.19047/0136-1694-2023-116-5-25. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54616769>
2. Барабанов, А. Т. Принципы адаптивно-ландшафтного обустройства территории и разработки почвозащитных систем земледелия / А. Т. Барабанов // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 19-26. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25993935>
3. Щерба, В. Н. Методические подходы формирования адаптивного сельскохозяйственного землепользования / В. Н. Щерба // Московский экономический журнал. 2022. Т. 7, № 9. DOI 10.55186/2413046X\_2022\_7\_9\_511. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49593577>
4. Банкрутенко, А. В. Проблема организации территории сельскохозяйственных предприятий / А. В. Банкрутенко // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции : Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения

заслуженного деятеля науки Российской Федерации, Чувашской АССР, Почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Александра Ивановича Кузнецова (1930-2015 гг). В 2-х частях, Чебоксары, 16 ноября 2020 года. Том Часть 1. Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет. 2020. С. 48-52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44851330>

5. Зотова, К. Ю. К вопросу формирования землепользования на адаптивно-ландшафтной основе / К. Ю. Зотова, Е. В. Недикова // Кадастровое и эколого-ландшафтное обеспечение землеустройства в современных условиях : Материалы международной научно-практической конференции факультета землеустройства и кадастров ВГАУ, Воронеж, 20 апреля 2018 года. Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2018. С. 93-96. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35601420>

6. Свиридов, В. И. Методологические и методические аспекты проектирования оптимальной структуры посевных площадей в условиях перехода к адаптивно-ландшафтному земледелию / В. И. Свиридов // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2. С. 4-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32777922>

7. Рогатнев, Ю. М. Формирование адаптивного сельскохозяйственного землепользования / Ю. М. Рогатнев, М. Н. Веселова, К. В. Меданова // Геодезия, землеустройство и кадастры: проблемы и перспективы развития : Сборник материалов II Международной научно-практической конференции, Омск, 26 марта 2020 года. Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. 2020. С. 281-287. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42797907>

8. Шпедт, А. А. Агроэкологические аспекты проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия в условиях Средней Сибири / А. А. Шпедт, Ю. Ф. Едимейчев, Ю. Н. Трубников // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 5. С. 5-10. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10501. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35161366>

9. Волков С.Н. Землеустройство. Экономико-математические методы и моделирование: учеб. для вузов / С.Н. Волков. Т.4. М. : Колос. 2007. 696 с.

10. Маракаева, Т. В. Организация систем севооборотов с учетом баланса гумуса на основе экономико-математического моделирования / Т. В. Маракаева, Т. В. Ноженко, Е. В. Некрасова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 8(154). С. 63-67. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29656359>

11. Конончук, В. В. Использование методов экономико-математического моделирования в повышении эффективности регионального АПК / В. В. Конончук // Экономика сельского хозяйства России. 2022. № 3. С. 88-93. DOI 10.32651/223-88. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48156591>

12. Веселова, М. Н. Анализ сельскохозяйственного природопользования Калачинского муниципального района Омской области / М. Н. Веселова, С. С. Завьялова // Актуальные проблемы геодезии, землеустройства и кадастра : Сборник материалов V Региональной научно-практической конференции, Омск, 18 мая 2023 года. Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. 2023. С. 100-106. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54915898>

13. Адаптивное растениеводство / В. Н. Наумкин, А. С. Ступин, Н. А. Лопачёв [и др.]. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань. 2023. 356 с. ISBN 978-5-507-47903-0. URL: <https://e.lanbook.com/book/339629>

14. Щерба, В. Н. Экономико-математические методы и моделирование в землеустройстве : Учебно-методическое пособие / В. Н. Щерба, Т. В. Ноженко, Е. В. Некрасова ; Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. 2012. 92 с. ISBN 978-5-89764-360-8. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26171888>

15. Цогоева, А. Р. Экономико-математическая модель оптимизации структуры посевных площадей / А. Р. Цогоева, А. Ю. Цогоев, М. Ч. Датиева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2015. Т. 52, № 4. С. 352-358. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24908412>

16. Веселова, М. Н. Организация использования земель в целях рационализации природопользования (на материалах Омской области) : специальность 25.00.26 "Землеустройство, кадастр и мониторинг земель" : диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Веселова Марина Николаевна. Омск. 2006. 196 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16079831>

17. Кочергина, З. Ф. Внутрихозяйственное землеустройство сельскохозяйственных организаций Западной Сибири на ландшафтно-экологической основе с применением моделирования / З. Ф. Кочергина, В. Н. Щерба. Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина. 2009. 232 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27202013>

### References

1. Kiryushin, V. I. Zadachi optimizatsii zemlepol'zovaniya v Rossii / V. I. Kiryushin // Byulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. 2023. № 116. S. 5-25. DOI 10.19047/0136-1694-2023-116-5-25. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=54616769>

2. Barabanov, A. T. Printsipy adaptivno-landshaftnogo obustroistva territorii i razrabotki pochvozashchitnykh sistem zemledeliya / A. T. Barabanov // Geografiya i prirodnye resursy. 2016. № 2. S. 19-26. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25993935>

3. Shcherba, V. N. Metodicheskie podkhody formirovaniya adaptivnogo sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya / V. N. Shcherba // Moskovskii ehkonomicheskii zhurnal. 2022. T. 7, № 9. DOI 10.55186/2413046X\_2022\_7\_9\_511. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49593577>

4. Bankrutenko, A. V. Problema organizatsii territorii sel'skokhozyaistvennykh predpriyatii / A. V. Bankrutenko // Nauchno-obrazovatel'nye i prikladnye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennoi produktsii : Sbornik materialov Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi 90-letiyu so dnya rozhdeniya zasluzhennogo deyatelya nauki Rossiiskoi Federatsii, Chuvashskoi ASSR, Pochetnogo rabotnika vysshego professional'nogo obrazovaniya Rossiiskoi

Federatsii, doktora sel'skokhozyaistvennykh nauk, professora Aleksandra Ivanovicha Kuznetsova (1930-2015 gg). V 2-kh chastyakh, Cheboksary, 16 noyabrya 2020 goda. Tom Chast' 1. Cheboksary: Chuvashskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. 2020. S. 48-52. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=44851330>

5. Zotova, K. YU. K voprosu formirovaniya zemlepol'zovaniya na adaptivno-landshaftnoi osnove / K. YU. Zotova, E. V. Nedikova // Kadastrovoe i ehkologo-landshaftnoe obespechenie zemleustroistva v sovremennykh usloviyakh : Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii fakul'teta zemleustroistva i kadastr VGPU, Voronezh, 20 aprelya 2018 goda. Voronezh: Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. Imperatora Petra I, 2018. S. 93-96. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35601420>

6. Sviridov, V. I. Metodologicheskie i metodicheskie aspekty proektirovaniya optimal'noi struktury posevnykh ploshchadei v usloviyakh perekhoda k adaptivno-landshaftnomu zemledeliyu / V. I. Sviridov // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii. 2018. № 2. S. 4-10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32777922>

7. Rogatnev, YU. M. Formirovanie adaptivnogo sel'skokhozyaistvennogo zemlepol'zovaniya / YU. M. Rogatnev, M. N. Veselova, K. V. Medanova // Geodeziya, zemleustroistvo i kadastry: problemy i perspektivy razvitiya : Sbornik materialov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Omsk, 26 marta 2020 goda. Omsk: Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni P.A. Stolypina. 2020. S. 281-287. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42797907>

8. Shpedt, A. A. Agroehkologicheskie aspekty proektirovaniya adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya v usloviyakh Srednei Sibiri / A. A. Shpedt, YU. F. Edimeichev, YU. N. Trubnikov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. T. 32, № 5. S. 5-10. DOI 10.24411/0235-2451-2018-10501. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35161366>

9. Volkov S.N. Zemleustroistvo. Ehkonomiko-matematicheskie metody i modelirovanie: ucheb. dlya vuzov / S.N. Volkov. T.4. M. : Kolos. 2007. 696 s.

10. Marakaeva, T. V. Organizatsiya sistem sevooborotov s uchetom balansa gumusa na osnove ehkonomiko-matematicheskogo modelirovaniya / T. V.



Marakaeva, T. V. Nozhenko, E. V. Nekrasova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. № 8(154). S. 63-67. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29656359>

11. Kononchuk, V. V. Ispol'zovanie metodov ehkonomiko-matematicheskogo modelirovaniya v povyshenii ehffektivnosti regional'nogo APK / V. V. Kononchuk // Ehkonomika sel'skogo khozyaistva Rossii. 2022. № 3. S. 88-93. DOI 10.32651/223-88. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48156591>

12. Veselova, M. N. Analiz sel'skokhozyaistvennogo prirodopol'zovaniya Kalachinskogo munitsipal'nogo raiona Omskoi oblasti / M. N. Veselova, S. S. Zav'yalova // Aktual'nye problemy geodezii, zemleustroistva i kadastra : Sbornik materialov V Regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Omsk, 18 maya 2023 goda. Omsk: Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. P.A. Stolypina. 2023. S. 100-106. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54915898>

13. Adaptivnoe rastenievodstvo / V. N. Naumkin, A. S. Stupin, N. A. Lopachev [i dr.]. 4-e izd., ster. Sankt-Peterburg : Lan'. 2023. 356 s. ISBN 978-5-507-47903-0. URL: <https://e.lanbook.com/book/339629>

14. Shcherba, V. N. Ehkonomiko-matematicheskie metody i modelirovanie v zemleustroistve : Uchebno-metodicheskoe posobie / V. N. Shcherba, T. V. Nozhenko, E. V. Nekrasova ; Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni P.A. Stolypina. Omsk : Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni P.A. Stolypina. 2012. 92 s. ISBN 978-5-89764-360-8. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26171888>

15. Tsogoeva, A. R. Ehkonomiko-matematicheskaya model' optimizatsii struktury posevnykh ploshchadei / A. R. Tsogoeva, A. YU. Tsogoev, M. CH. Datieva // Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. T. 52, № 4. S. 352-358. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24908412>

16. Veselova, M. N. Organizatsiya ispol'zovaniya zemel' v tselyakh ratsionalizatsii prirodopol'zovaniya (na materialakh Omskoi oblasti) : spetsial'nost' 25.00.26 "Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel'" : dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata sel'skokhozyaistvennykh nauk / Veselova Marina Nikolaevna. Omsk. 2006. 196 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16079831>

17. Kochergina, Z. F. Vnutrikhozyaistvennoe zemleustroistvo sel'skokhozyaistvennykh organizatsii Zapadnoi Sibiri na landshaftno-ekologicheskoi osnove s primeneniem modelirovaniya / Z. F. Kochergina, V. N. Shcherba. Omsk : Omskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni P.A. Stolypina. 2009. 232 s. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27202013>

© Веселова М.Н., Щерба В.Н., 2024. *International agricultural journal*, 2024, №6, 1649-1666

**Для цитирования:** Веселова М.Н., Щерба В.Н. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ АДАПТИВНЫХ СЕВООБОРОТОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ// *International agricultural journal*. 2024. №6, 1649-1666