

## Анализ и моделирование взаимосвязей между показателями потерь, производства и потребления пищевой продукции

О.Н. Яркова, П.П. Лях

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет*

**Аннотация:** Анализ процесса жизненного цикла пищевой продукции, взаимосвязей между показателями производства, потребления, потерь пищевой продукции, а также качества жизни населения, позволит сформировать ряд мер по снижению продовольственных потерь и пищевых отходов. В работе поставлены задачи выявления источников продовольственных потерь на основе статистического исследования уровня потерь по регионам РФ и анализа жизненного цикла пищевого продукта. Проведен анализ показателей производства и потерь продукции на примере картофеля, овощей, фруктов, мяса, молока, яиц. Корреляционный анализ показателей производства, потребления продукции, продовольственных потерь показал, что наибольшие потери возникают на этапах производства продукции, при переработке, при реализации в торговых сетях. Выполнена кластеризация регионов РФ по показателям продовольственных потерь. По каждому исследуемому виду пищевых продуктов сформированы кластеры с высокими показателями производства, потребления, потерь, и с низкими показателями производства, потребления, потерь. Построена модель жизненного цикла продуктов питания в нотации BPMN 2.0. Выявлены этапы жизненного цикла, характеризующиеся продовольственными потерями. Сформированы общие рекомендации по управлению продовольственными потерями.

**Ключевые слова:** продовольственные потери, моделирование продовольственных потерь, корреляционный анализ, кластерный анализ, моделирование бизнес-процессов

### Введение

Индустрия продуктов питания подвержена потерям продукции из-за несоблюдения условий хранения и сертификации, сроков годности, сезонности производства. Большие объемы нереализуемой продукции ведут к неоправданным расходам и проблемам, связанным с необходимостью утилизации отходов. Анализ процесса жизненного цикла пищевой продукции, взаимосвязей между показателями производства, потребления, потерь пищевой продукции, а также качества жизни населения позволит сформировать ряд мер по снижению продовольственных потерь и пищевых отходов.

Вопросам исследования проблем продовольственной безопасности, к которым относятся проблемы образования продовольственных потерь и

---

органических отходов, посвящены ряд исследований отечественных и зарубежных авторов. Продовольственные потери создают немало проблем от социальных до экологических, но помимо этого Саликов Ю.А. [1], проведя сравнения количества выбрасываемых ресурсов с реальными жизненными объемами воды, еды и денег, поднял в своей работе тему того, что такие потери – это угроза всей продовольственной безопасности в целом. Скульская Л.В. [2], исследуя официальные данные о потерях продукции, пришла к заключению, что данные не всегда соответствуют действительности. Во многом это связано с «неучтенным производством» и другими несовершенствами системы оценивания [2]. В своем исследовании Ким В.В., Галактинова Е.А., Антонец К.В. [3] подробно разобрали продовольственно-сбытовую цепочку, потери, возникающие на каждом этапе, их причины и следствия. Жукова Н.С., Самарская Н.С. проанализировали экологические и экономические особенности системы обращения с твердыми отходами потребления, к которым относятся пищевые отходы [4]. Хантимилова С.Б. и др.[5] провели обоснование выбора способа переработки отходов производства и потребления, позволяющего обеспечить экологическую безопасность в регионе. Ван Диен Хуа, Гаврикова Н.Ю., Носкова Н.С. [6] исследовали закономерности функционирования и развития Российского продовольственного рынка методами регрессионного анализа. Гончарова Н.З. в своей работе [7] провела моделирование спроса и предложения на продовольствие, решая оптимизационную задачу минимизации издержек производства. Также автором был сделан вывод о явной взаимосвязи между потреблением основных видов продуктов и среднедушевыми доходами. Романенко Ю.Д. [8] предложила концепцию оптово-распределительных центров, как усовершенствованный механизм сбыта продукции, включающий хранение, контроль качества, реализацию и транспортировку продукции с наименьшими потерями. Также одним из

---

вариантов решения проблем являются разработанные Тяпухиным А.П., Коловертновой М.Ю., Гусевой Е.П. [9] принципы логистического подхода к сокращению продовольственных потерь. Girotto F, Alibardi L., Cossu R. [10] в своей статье говорят о необходимости и полезности промышленного использования отходов с целью получения выгоды. Lin H., Huang B. [11] в своем исследовании предложили математическую модель для вторичной переработки пищевых отходов, в результате чего было выявлено, что создание новых перерабатывающих производств снизит неблагоприятное воздействие на окружающую среду и общую стоимость утилизации. На наш взгляд, для формирования комплекса мер, направленных на нивелирование проблем, связанных с образованием продовольственных потерь и пищевых отходов, необходимо исследовать процессы жизненного цикла пищевой продукции, математически анализировать взаимосвязи между показателями производства, потребления, потерь пищевой продукции.

### **Цель и задачи исследования**

Цель исследования: выявление источников продовольственных потерь на основе статистического исследования уровня потерь по регионам РФ, анализа жизненного цикла пищевого продукта. Задачи: корреляционный анализ показателей производства, потребления продукции, продовольственных потерь; кластеризация регионов РФ по показателям продовольственных потерь; моделирование жизненного цикла продуктов питания, выявление возможных источников продовольственных потерь; формирование рекомендаций по управлению продовольственными потерями.

### **Методы, модели, результаты, обсуждение**

Для исследования использовались данные за 2021 год по производству (X3), импорту (X4), экспорту (X5), производственному потреблению (X6), личному потреблению (X7), потерям пищевой продукции (X8). Показателем

---

качества жизни выступает показатель – медианный доход ( $X_2$ ). Кроме того, на наш взгляд на потери и потребление оказывает влияние численность населения ( $X_1$ ) в соответствующем регионе, этот показатель так же включен в расчеты. В качестве базового выбран 2021 год, так как это наиболее близкий к текущему период, по которому удалось получить официальную статистику потерь пищевой продукции<sup>1</sup>. На наш взгляд, полученные закономерности будут справедливы и для текущего периода, так как изменения показателей, как правило, взаимосвязаны.

Сформулируем гипотезы:  $G_1$  – продовольственные потери и достаток населения взаимосвязаны;  $G_2$  – продовольственные потери взаимосвязаны с производством продукции;  $G_3$  – продовольственные потери взаимосвязаны с объемом личного потребления;  $G_4$  – продовольственные потери взаимосвязаны с производственным потреблением соответствующего продукта.

На первом этапе проведен корреляционный анализ показателей по классам продукции: картофель, овощи, фрукты, мясо, молоко, яйца.

В таблице 1 приведены значения коэффициента корреляции Пирсона для картофеля. Продовольственные потери для картофеля имеют высокую корреляционную зависимость с производством, экспортом и производственным потреблением.

В таблице 2 приведена корреляционная матрица для овощей. Продовольственные потери для овощей имеют среднюю корреляционную зависимость с производством, экспортом и личным потреблением.

В таблице 3 приведены значения коэффициента корреляции Пирсона для фруктов.

Таблица № 1

---

<sup>1</sup>Потребление основных продуктов питания населением РФ. Федеральная служба государственной статистики (Росстат), 2023 г. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278>.

---

## Значения коэффициента корреляции Пирсона для картофеля

Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Численность населения (X1)	1,00							
Медианный доход (X2)	0,35	1,00						
Производство (X3)	0,33	-0,13	1,00					
Импорт (X4)	<b>0,82</b>	0,39	0,03	1,00				
Экспорт (X5)	0,22	0,00	<b>0,67</b>	0,34	1,00			
Производственное потребление (X6)	0,24	-0,15	<b>0,89</b>	-0,08	0,45	1,00		
Личное потребление (X7)	<b>0,92</b>	0,21	<b>0,58</b>	<b>0,67</b>	0,30	0,48	1,00	
Потери (X8)	0,19	-0,06	<b>0,83</b>	-0,04	<b>0,64</b>	<b>0,66</b>	0,35	1,00

Таблица № 2

## Значения коэффициентов корреляции Пирсона для овощей

Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Численность населения (X1)	1,00							
Медианный доход (X2)	0,35	1,00						
Производство (X3)	0,25	-0,13	1,00					
Импорт (X4)	<b>0,84</b>	0,41	0,08	1,00				
Экспорт (X5)	0,27	-0,01	<b>0,89</b>	0,32	1,00			
Производственное потребление (X6)	0,09	-0,18	<b>0,66</b>	-0,03	0,51	1,00		
Личное потребление (X7)	<b>0,93</b>	0,25	<b>0,50</b>	<b>0,76</b>	0,47	0,22	1,00	
Потери (X8)	0,44	0,03	<b>0,64</b>	0,43	<b>0,67</b>	0,37	<b>0,54</b>	1,00

Показатель личного потребления для фруктов имеет высокую корреляцию с импортом. Продовольственные потери для фруктов коррелируют с производством и производственным потреблением.

Таблица № 3

## Значения коэффициентов корреляции Пирсона для фруктов

Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Численность населения (X1)	1,00							
Медианный доход (X2)	0,35	1,00						
Производство (X3)	0,29	-0,06	1,00					
Импорт (X4)	<b>0,78</b>	0,35	0,41	1,00				
Экспорт (X5)	0,45	0,19	<b>0,57</b>	<b>0,88</b>	1,00			
Производственное потребление (X6)	0,27	-0,01	<b>0,84</b>	0,41	0,44	1,00		
Личное потребление (X7)	<b>0,97</b>	0,35	0,42	<b>0,84</b>	<b>0,55</b>	0,38	1,00	

---

---

Потери (X8)	0,12	-0,03	<b>0,44</b>	0,25	0,33	<b>0,40</b>	0,17	1,00
-------------	------	-------	-------------	------	------	-------------	------	------

В таблице 4 приведены значения коэффициента корреляции Пирсона для молока. Продовольственные потери для молока имеют наибольшую корреляционную зависимость с производством и личным потреблением (численностью населения).

Таблица № 4

Значения коэффициентов корреляции Пирсона для молока

Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Численность населения (X1)	1,00							
Медианный доход (X2)	0,35	1,00						
Производство (X3)	0,45	-0,14	1,00					
Импорт (X4)	<b>0,86</b>	0,46	0,09	1,00				
Экспорт (X5)	<b>0,60</b>	0,14	<b>0,55</b>	0,64	1,00			
Производственное потребление (X6)	0,30	-0,15	<b>0,85</b>	0,02	0,45	1,00		
Личное потребление (X7)	<b>0,98</b>	0,33	<b>0,55</b>	<b>0,84</b>	<b>0,63</b>	0,39	1,00	
Потери (X8)	0,27	0,01	0,33	0,10	0,09	0,18	0,27	1,00

В таблице 5 приведена корреляционная матрица для яиц. Продовольственные потери для яиц имеют наибольшую корреляционную связь с производством и производственным потреблением.

Таблица № 5

Значения коэффициентов корреляции Пирсона для яиц

Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Численность населения (X1)	1,00							
Медианный доход (X2)	0,35	1,00						
Производство (X3)	0,25	-0,12	1,00					
Импорт (X4)	<b>0,88</b>	0,40	0,03	1,00				
Экспорт (X5)	0,15	-0,07	<b>0,90</b>	0,08	1,00			
Производственное потребление (X6)	0,12	-0,09	<b>0,56</b>	0,04	0,40	1,00		
Личное потребление (X7)	<b>0,96</b>	0,31	0,31	<b>0,89</b>	0,20	0,17	1,00	
Потери (X8)	0,18	0,03	0,41	0,19	0,39	0,43	0,25	1,00

В таблице 6 приведены значения коэффициента корреляции Пирсона для мяса. Продовольственные потери для мяса наиболее тесно по отношению

к другим показателям коррелируют с производством и личным потреблением, а также численностью населения.

Таблица № 6

Значения коэффициентов корреляции Пирсона для мяса

Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Численность населения (X1)	1,00							
Медианный доход (X2)	0,35	1,00						
Производство (X3)	0,18	-0,10	1,00					
Импорт (X4)	<b>0,85</b>	0,41	0,14	1,00				
Экспорт (X5)	0,33	0,07	<b>0,87</b>	0,50	1,00			
Производственное потребление (X6)	0,02	-0,10	0,18	0,03	0,15	1,00		
Личное потребление (X7)	<b>0,98</b>	0,36	0,22	<b>0,90</b>	0,41	0,04	1,00	
Потери (X8)	0,44	0,08	0,42	0,32	0,39	-0,03	0,44	1,00

По всем продуктам питания импорт продукции имеет высокую корреляционную связь с численностью населения и личным потреблением. Также высокую корреляционную связь имеют экспорт и производство продукции, что вполне логично. Производство и производственное потребление наиболее тесно связаны между собой для всех представленных категорий, кроме мяса.

По результатам корреляционного анализа можно предположить, что наибольшие потери возникают на этапах производства продукции, при переработке, при реализации в торговых сетях, так как, очевидно, что фиксирование потерь в личных хозяйствах не производилось. Для минимизации потерь следует уделять особое внимание именно этим этапам жизненного цикла продукции.

На следующем этапе была предпринята попытка построения моделей множественной регрессии, которая не увенчалась успехом. Несмотря на то что удалось получить значимые коэффициенты моделей, остатки моделей не обладали свойством нормальности. Одной из возможных причин неадекватности построенных зависимостей, на наш взгляд, является отсутствие единого подхода к учету потерь, что приводит к сильному

занижению показателей в статистических данных. Эту проблему отмечают так же и другие авторы работ, направленных на исследования в сфере продовольственных потерь и пищевых отходов [3].

Далее проведена кластеризация регионов РФ по выбранным показателям. Так как параметры количественные, но распределены по закону, отличному от нормального, для кластеризации использовано Манхэттенское расстояние:  $d(O_i, O_j) = \sum_{l=1}^k |x_{il} - x_{jl}|$ , где  $d(O_i, O_j)$  – расстояние между  $i$ -ым и  $j$ -ым объектами;  $O_i$  –  $i$ -ый объект (вектор значений признаков, характеризующих  $i$ -ый объект);  $k$  – количество объектов;  $x_{il}$  – значение  $l$ -го признака у  $i$ -го объекта.

Функционал качества построенной классификации при использовании манхэттенской метрики оценивается как среднее внутриклассовое расстояние:

$$Q_1(S) = \frac{\sum_{l=1}^p \sum_{\substack{O_i \in S_l \\ O_j \in S_l \\ i < j}} d(O_i, O_j)}{\sum_{l=1}^p \frac{n_l \cdot (n_l - 1)}{2}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $p$  – количество классов;  $n_l$  – количество объектов в классе  $S_l$ .

Кластеризация проведена по методу  $k$ -средних ( $k$ -Means) с помощью программы «Кластеризация данных» [12] по показателям: производство, производственное потребление, личное потребление, потери.  $k$ -средних – итерационный метод, в котором результаты итераций существенно зависят от задания начальных центроидов. Для выбора наилучшей классификации алгоритм был реализован несколько раз для разного числа кластеров, по результатам выбрана классификация с наилучшим показателем функционала

качества (1). Для всех категорий продуктов наилучшая классификация получена при числе кластеров 2.

Графики k-средних центрированных нормированных признаков для исследуемых продуктов приведены на рисунке 1.

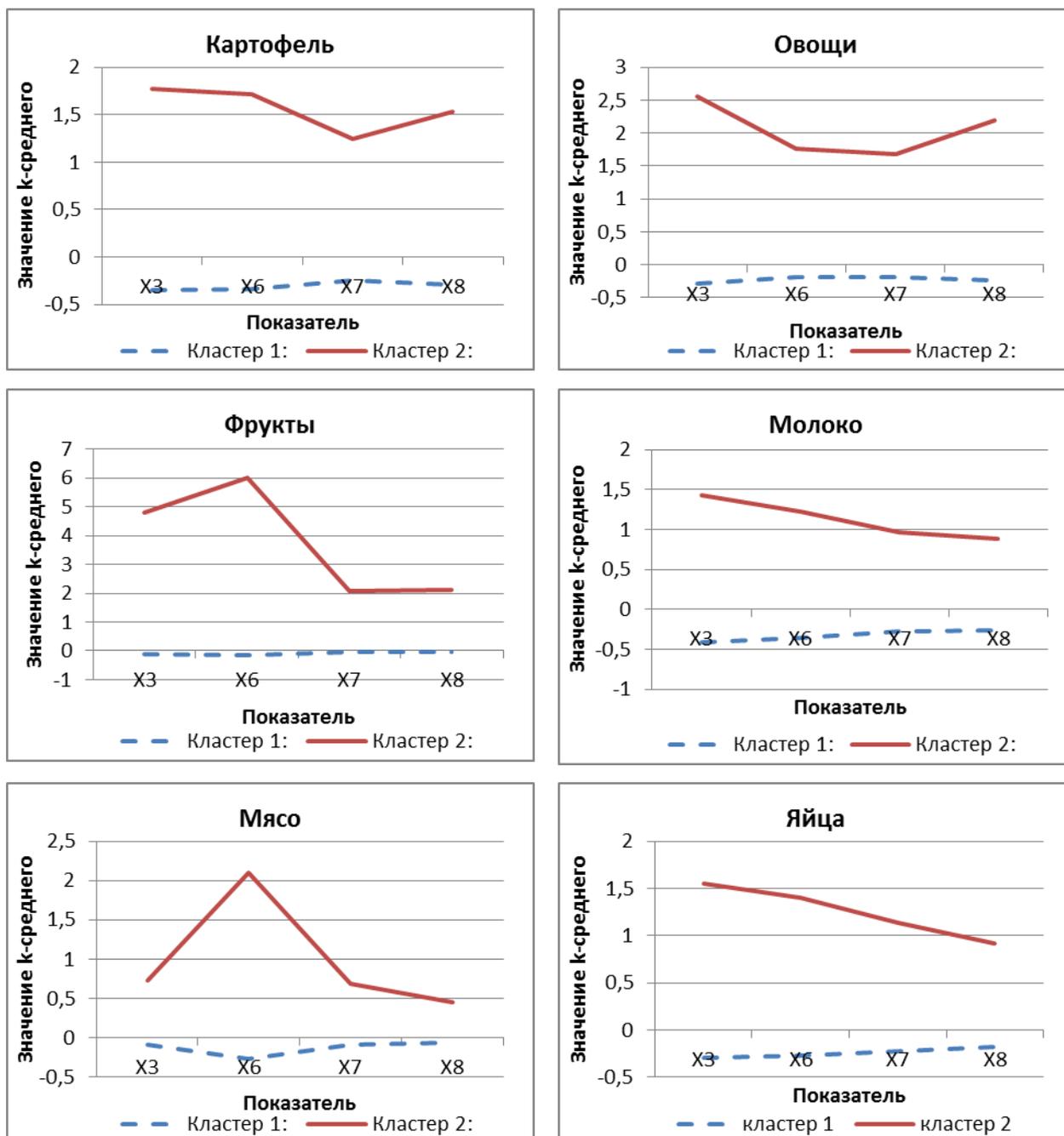


Рис. 1. – Графики k-средних

По всем продуктам в первый кластер вошли регионы с более низкими показателями производства, потребления, производственного потребления и

потерь. Ко второму кластеру относятся регионы с высокими показателями по производству, потреблению и потерям. Анализ итогов кластеризации показал, что второй класс содержит меньшее количество регионов. В таблице 7 приведены регионы, относящиеся ко второму кластеру по каждому продукту, в скобках для каждого региона указаны: первый показатель – ранг региона по уровню производства, второй, через дробь – ранг региона по уровню потерь, полученные при простом ранжировании от максимального значения к минимальному.

Таблица № 7

Перечень регионов, отнесенных ко второму кластеру

Вид продукта	Перечень регионов, отнесенных ко второму кластеру
Картофель	Брянская область (1/1); Воронежская область (4/17); Московская область (7/14); Тульская область (3/6); Республика Башкортостан (9/4); Республика Татарстан (2/11); Нижегородская область (5/2); Свердловская область (6/9); Тюменская область (14/3); Челябинская область (12/10); Красноярский край (8/19); Алтайский край (11/12); Кемеровская область (10/8)
Овощи	Московская область (7/2); Краснодарский край (5/4); Астраханская область (1/5); Волгоградская область (2/1); Ростовская область (6/19); Республика Дагестан (3/24); Оренбургская область (4/18); Саратовская область (8/3)
Фрукты	Краснодарский край (1/2); Республика Дагестан (3/11)
Молоко	Воронежская область (6/24); Московская область (13/20); Ленинградская область (15/3); г. Санкт-Петербург (16/4); Краснодарский край (3/13); Ростовская область (5/29); Республика Дагестан (7/35); Кабардино-Балкарская Республика (25/7); Республика Башкортостан (2/23); Республика Татарстан (1/22); Удмуртская Республика (8/25); Кировская область (11/11); Оренбургская область (19/10); Саратовская область (12/17); Свердловская область (10/6); Тюменская область (22/2); Алтайский край (4/19); Новосибирская область (9/8)
Мясо	Воронежская область (5/13); Московская область (18/16); Тамбовская область (3/25); Тверская область (31/49); Ставропольский край (6/1); Республика Татарстан (8/18); Удмуртская Республика (30/36); Кировская область (45/56); Челябинская область (10/27)
Яйцо	Белгородская область (3/5); Московская область (50/10); Ярославская область (2/9); Ленинградская область (1/6); Краснодарский край (8/16); Ростовская область (11/25); Ставропольский край (24/1); Республика Башкортостан (14/17); Республика Мордовия (6/23); Республика

---

	Татарстан (7/12); Свердловская область (4/19); Тюменская область (9/13); Челябинская область (5/15)
--	---

Как видно из таблицы, во второй кластер попали практически все регионы с максимальными значениями производства и/или потерь по исследуемым показателям. Несколько отличная ситуация наблюдается для мяса, что может быть обусловлено низким, зафиксированным статистикой, уровнем потерь в целом, так как по многим регионам показатель потерь для мяса равен 0.

Сделаем выводы относительно предварительно сделанных предположений. По гипотезе G1 «Продовольственные потери и достаток населения взаимосвязаны» – анализ не выявил существенных связей между достатком населения и продовольственными потерями. Гипотезы G2 «Продовольственные потери взаимосвязаны с производством продукции», G3 «Продовольственные потери взаимосвязаны с объемом личного потребления», G4 «Продовольственные потери взаимосвязаны с производственным потреблением соответствующего продукта» подтверждены итогами корреляционного анализа и кластерного анализа.

Возможные пути реализации потерь пищевой продукции отражены на рисунках 2-4 в виде процесса в нотации BPMN 2.0, описывающего жизненный цикл продукта. На рисунке 2 представлен начальный этап - производство, хранение, подготовка к реализации продукции.

Пути реализации продовольственных потерь обозначены на схемах пунктирными линиями, направленными в пул «Переработка отходов и утилизация».

На рисунке 3 представлен следующий этап - транспортировка потребителям.

На рисунке 4 представлен этап потребления, переработки и завершение жизненного цикла продукции.

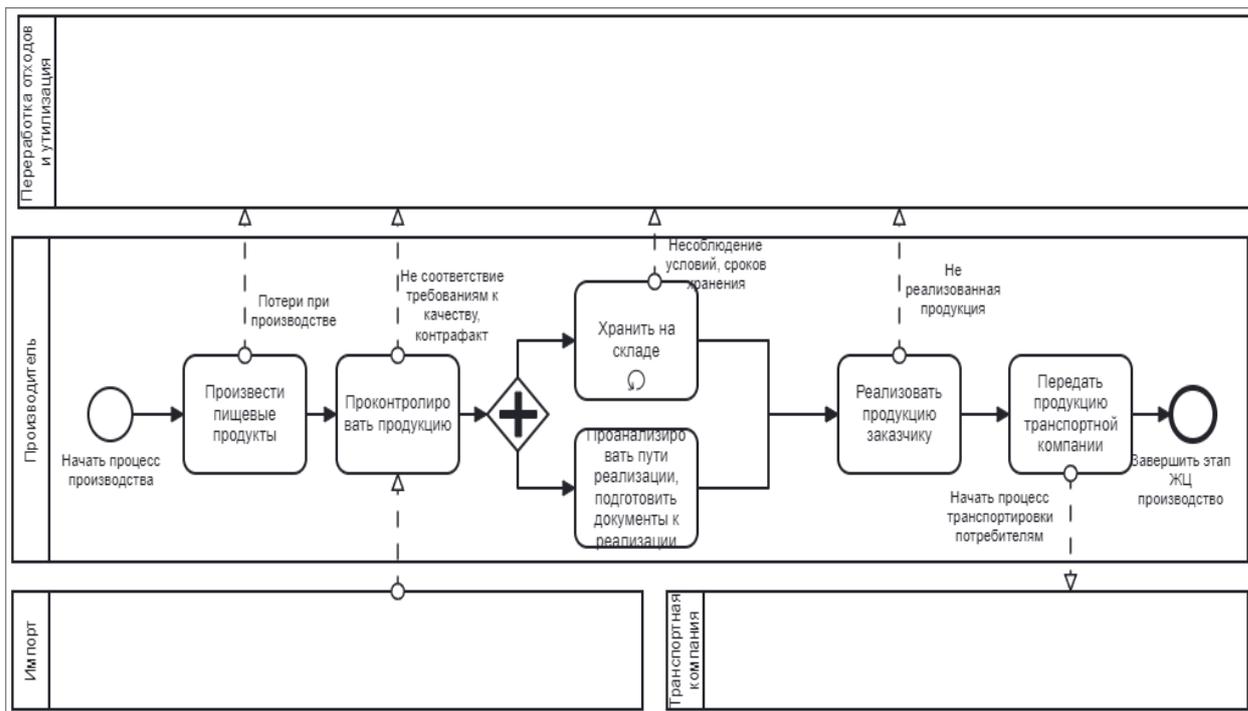


Рис. 2. – Этап жизненного цикла пищевой продукции «производство, хранение, подготовка к реализации продукции»

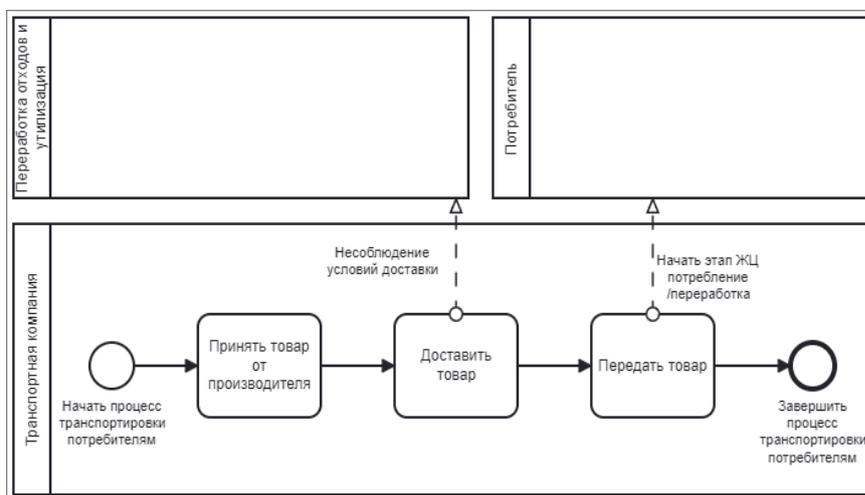


Рис. 3. – Этап жизненного цикла пищевой продукции «Транспортировка потребителям»

Анализ показал, что наибольшие потери пищевых продуктов происходят на этапах: производство, включая контроль на качество, производственное потребление, реализация (розничная). Таким образом для

решения проблем, связанных с потерями пищевой продукции необходимо, в первую очередь, улучшить менеджмент процессов производства пищевых продуктов, производственных процессов по их переработке, процессов реализации в торговых сетях.

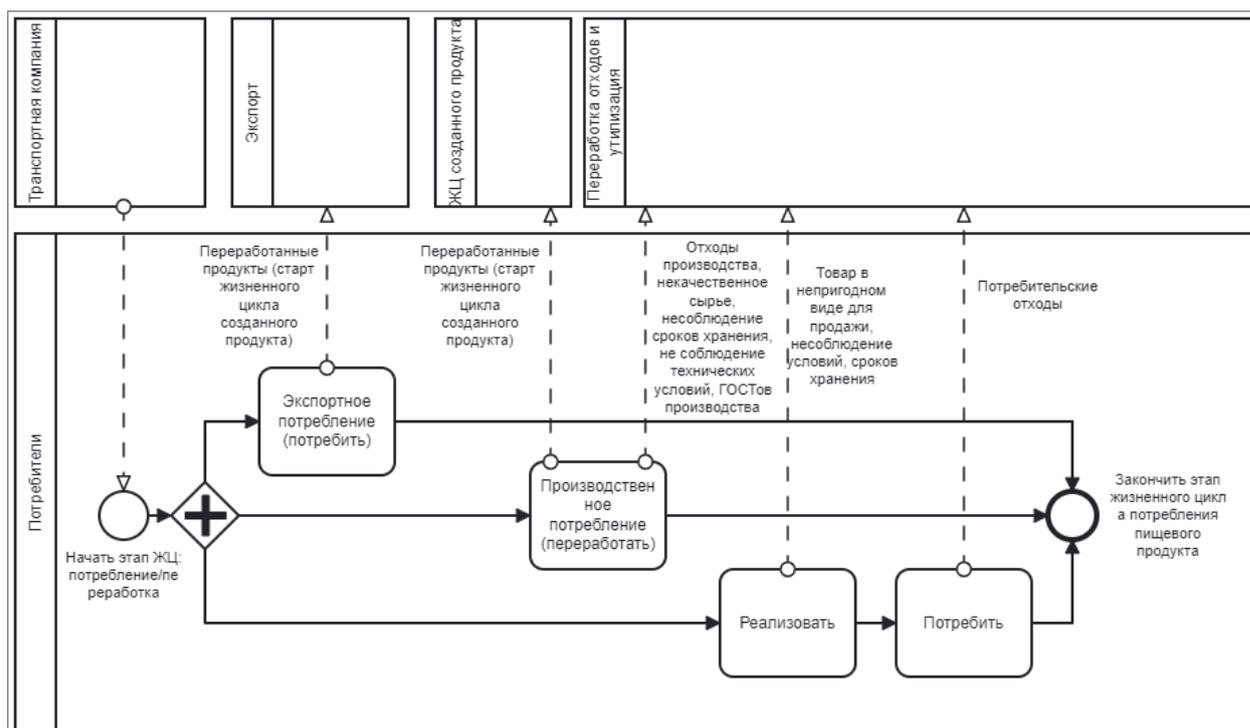


Рис. 4. – Этап жизненного цикла пищевой продукции  
 «Переработка/потребление»

Сформируем общие рекомендации по снижению продовольственных потерь на основе модели процесса жизненного цикла. Для снижения потерь при производстве необходимо совершенствовать технологии производства. К примеру, при производстве мясной (молочной, яиц) продукции совершенствование может быть направлено на снижение падежа скота/птицы за счет автоматизации процесса кормления, дойки, санитарной обработки помещений, контроля состояния здоровья, в том числе с применением технологий искусственного интеллекта, своевременной изоляции и лечения больных животных. При производстве (выращивании, сборе) овощей,

картофеля, фруктов часто потери связаны с порчей продукции при несвоевременном сборе, в связи с неблагоприятными погодными условиями, болезнями растений. Снижение потерь возможно за счет автоматизации полива, удобрения почвы, обработки растений от болезней, насекомых вредителей. Также возможно применение технологий искусственного интеллекта для контроля качества продукции, что позволит сократить время контроля. Выявленные контрафактные продукты, отвечающие при этом требованиям качества, вместо утилизации могут быть изъяты и перераспределены между нуждающимися потребителями. Снизить потери при хранении поможет автоматизация контроля микроклимата в складских помещениях, регулирование потоков поступления на склад / со склада по времени поступления отечественных сезонных продуктов, анализа спроса при организации ввоза импортной продукции и экспорта. Отходы производственного потребления могут быть снижены за счет: грамотной организации управления производственными запасами, контроля за хранением сырья, налаживания логистики доставки под спрос, автоматизации производственного процесса. Потери при розничной реализации также могут быть снижены за счет организации контроля за хранением продукции на складе, поддержания стабильного режима хранения, дополнительной обработки продукции для увеличения сроков хранения (например, вакуумная упаковка свежей продукции), прогнозирования потребительского спроса, введения системы скидок на продукцию с истекающим сроком годности.

### **Заключение**

В работе проведен анализ показателей производства и потерь продукции на примере картофеля, овощей, фруктов, мяса, молока, яиц. Корреляционный анализ показателей производства, потребления продукции, продовольственных потерь показал, что наибольшие потери возникают на

этапах производства продукции, при переработке, при реализации в торговых сетях. Выполнена кластеризация регионов РФ по показателям продовольственных потерь. По каждому исследуемому виду пищевых продуктов сформированы два кластера: с высокими показателями производства, потребления, потерь, и с низкими показателями производства, потребления, потерь. Построена модель жизненного цикла продуктов питания в нотации BPMN 2.0, выявлены этапы жизненного цикла, характеризующиеся продовольственными потерями. Сформированы общие рекомендации по управлению продовольственными потерями. Дальнейшие исследования в сфере анализа и управления продовольственными потерями и пищевыми отходами могут быть направлены: на детальный анализ конкретных этапов жизненного цикла пищевой продукции, например, моделирование процесса производства; имитационное моделирование жизненного цикла пищевой продукции с целью выявления управляющих параметров, наиболее сильно влияющих на образование потерь; моделирование процессов образования продовольственных потерь и пищевых отходов и формирование рекомендаций конкретным участникам по управлению процессом образования продовольственных потерь и пищевых отходов.

*Работа выполнена в рамках гранта на выполнение научно-исследовательских работ обучающимися Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета (СПбГАСУ).*

### Литература

1. Саликов Ю.А. Пищевые потери как критическая угроза продовольственной безопасности // Продовольственная безопасность: научное, кадровое и информационное обеспечение: Сборник научных статей и докладов X Международной научно-практической конференции ВГУИТ, Воронеж, 19–20 ноября 2023 года. – Воронеж: Воронежский

государственный университет инженерных технологий, 2023. С. 53-55. EDN HZUWIS.

2. Скульская Л.В., Широкова Т.К. Потери сельскохозяйственной продукции и продовольственных ресурсов в Российской Федерации // Проблемы прогнозирования. 2010. № 6(123). С. 63-83. EDN NTVQYL.

3. Ким В.В. Галактионова Е.А., Антоневиц К.В. Продовольственные потери и пищевые отходы на потребительском рынке РФ // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 4. С. 1. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10191.

4. Жукова Н.С., Самарская Н.С. Экологические и экономические особенности системы обращения с твердыми отходами потребления // Инженерный вестник Дона. 2014. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2488.

5. Хантимирова С.Б., Мишустин О.А., Желтобрюхов В.Ф. Инженерно-экологические изыскания на объекте размещения отходов на территории г. Нижний Новгород // Инженерный вестник Дона. 2022. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7520.

6. Ван Д., Гаврикова Н.Ю., Носкова Н.С. Математическое моделирование рынка продовольствия России // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 11-2. С. 201-203. EDN TACGGL.

7. Гончарова Н.З. Методология анализа и прогнозирования уровня продовольственного обеспечения в регионах Российской Федерации // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 5: Экономика. 2023. № 4(330). С. 37-45. DOI: 10.53598/2410-3683-2023-4-330-37-45. EDN DCNQWS.

8. Романенко Ю. Д. Снижение рисков потери продукции рынка овощей путем совершенствования механизма системы сбыта продукции // Управление рисками в АПК. 2016. № 4. С. 71-83. EDN XAFYAR.
9. Тяпухин А. П., Коловертнова М.Ю., Гусева Е.П. Сущность и содержание логистического подхода к снижению продовольственных потерь // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2021. № 2. С. 85-98. DOI: 10.17308/econ.2021.2/3382.
10. Girotto F., Alibardi L., Cossu R. Food waste generation and industrial uses: A review // Waste management (New York). 2015. Vol. 45. P. 32-41. DOI: doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.008.
11. Lin H.-Y., Huang B. A mathematical programming model for the recycling of sustainable food waste // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 351(1). 012009. DOI: 10.1088/1755-1315/351/1/012009.
12. Яркова О.Н., Ротова А.М., Храмова К.В. Кластеризация данных // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021614882 Российская Федерация: № 2021613750: заявл. 25.03.2021: опубл. 31.03.2021. URL: [elibrary.ru/download/elibrary\\_45820952\\_25789773](http://elibrary.ru/download/elibrary_45820952_25789773). PDFEDN FSTBWD.

### References

1. Salikov Yu.A. Prodovol'stvennaya bezopasnost': nauchnoe, kadrovoe i informatsionnoe obespechenie: Sbornik nauchnykh statey i dokladov X Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii VGUIT, Voronezh, 19–20 noyabrya 2023 goda. Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet inzhenernykh tekhnologiy, 2023. pp. 53-55. EDN HZUWIS.
  2. Skul'skaya L.V., Shirokova T.K. Problemy prognozirovaniya. 2010. № 6(123). pp. 63-83.
-

3. Kim V.V., Galaktionova E.A., Antonevich K.V. International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 4. p. 1. DOI: 10.24411/2588-0209-2020-10191.
4. Zhukova N.S., Samarskaya N.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2014. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2488.
5. Khantimirova S.B., Mishustin O.A., Zheltobryukhov V.F. Inzhenernyj vestnik Dona. 2022. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2022/7520.
6. Van D., Gavrikova N.Yu., Noskova N.S. Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy. 2014. № 11-2. pp. 201-203.
7. Goncharova N.Z. Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5: Ekonomika. 2023. № 4(330). pp. 37-45. DOI: 10.53598/2410-3683-2023-4-330-37-45.
8. Romanenko Yu. D. Upravlenie riskami v APK. 2016. № 4. pp. 71-83. EDN XAFYAR.
9. Tyapukhin A. P., Kolovertnova M.Yu., Guseva E.P. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie. 2021. № 2. pp. 85-98. DOI: 10.17308/econ.2021.2/3382. EDN RCLWOG.
10. Giroto F., Alibardi L., Cossu R. Waste management (New York). 2015. Vol. 45. pp. 32-41. DOI: doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.008.
11. Lin H.-Y., Huang B. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. 351(1). 012009. DOI: 10.1088/1755-1315/351/1/012009.
12. Yarkova O.N., Rotova A.M., Khramova K.V. Klasterizaciya danny`x [Data clustering]. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM № 2021614882 Rossiyskaya Federatsiya. № 2021613750: zayavl. 25.03.2021: opubl. 31.03.2021. EDN FSTBWD.

**Дата поступления: 14.09.2024**

**Дата публикации: 24.10.2024**