

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТЕЛА

**Бронникова Анастасия Игоревна**

**Магистерская диссертация**

**Анализ продовольственной безопасности  
на основе статистических данных**

Направление 01.04.02

«Прикладная математика и информатика»

Магистерская программа «Надежность и безопасность сложных систем»

Научный руководитель,  
доктор физ.-мат. наук,  
профессор  
Колпак Е. П.

Санкт-Петербург

2017

# Содержание

Введение.....	3
Постановка задачи .....	5
Обзор литературы .....	6
Глава 1. Проблема продовольственной безопасности в странах Африканского региона .....	8
1.1. Анализ качества жизни стран Африканского региона.....	8
1.2. Математическая модель миграции населения .....	17
1.3. Выводы.....	23
Глава 2. Продовольственная ситуация накануне I мировой войны .....	24
2.1. Статистические данные: промышленность и вооруженные конфликты в конце XIX - начале XX веков .....	24
2.2. Модель аграрных обществ Турчина .....	31
2.3. Выводы.....	33
Глава 3. Современное состояние продовольственной безопасности ....	34
3.1. Ситуация в Российской Федерации .....	34
3.2. Модель аграрного сектора России .....	54
3.3. Выводы.....	59
Заключение .....	60
Список литературы .....	61

## **Введение**

На сегодняшний день наиболее остро стоит проблема поддержания всемирной продовольственной безопасности. Ежедневно более 800 млн. человек не получают необходимое количество продуктов питания для ведения здорового и активного образа жизни, то есть примерно каждый восьмой человек на нашей планете ложится спать голодным. Такая ситуация не может считаться удовлетворительной. Именно поэтому в 1974 году в Риме состоялась Всемирная конференция по проблемам продовольствия, и был введен новый термин «Продовольственная безопасность».

*Продовольственная безопасность* – это сложная система во многом иерархических задач, обеспечивающих стабильное существование как производителя, так и потребителя, рынка, да и самого государства [1]. Другими словами, это такая ситуация в мире и, в частности, в стране, когда каждый житель имеет физическую и экономическую доступность к безопасной пище [2]. Продовольственная безопасность в мире – это не только система мер, связанная с решением проблем производства и обработки продуктов, но и с их эффективным распространением.

Данное исследование выполнено в соответствии с программой «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», пункт 15.г от 1 декабря 2016 года, утвержденной президентом [3].

В первой главе данной работы рассмотрены статистические данные по Африканскому континенту. Произведены сравнение качества и уровня жизни населения и динамика развития продовольственной безопасности в целом. Стоит отметить, что изобилие продовольствия одних стран сопровождается нехваткой продуктов в ряде других стран. Немаловажен тот факт, что с ростом населения требуется большее количество продуктов питания, а именно на Африканском континенте наблюдается их острый дефицит.

Во второй главе проведен анализ продовольственной ситуации на примере I мировой войны. Собрана статистика по таким показателям, как

динамика численности скота, урожайность хлебов, мероприятия на развитие сельского хозяйства, процент грамотного населения, а также – сколько человек было призвано на войну.

В работе при анализе продовольственной безопасности оценивалась потребительская корзина, обеспечение физиологической нормы в калориях в соответствии с существующими критериями в РФ и степенью внешних угроз в начале XX века. В качестве критерия была выбрана урожайность по зерну.

В третьей главе подробно исследована продовольственная безопасность в современной России. Она зависит не только от достатка продуктов питания. Важным фактором здесь является способность страны самопроизвольно поддерживать уровень продовольствия, когда импорт продуктов составляет не более 20%.

## **Постановка задачи**

*Цели и задачи исследования* состоят в следующем: дать оценку состояния продовольственной безопасности на текущий момент на основе статистических данных и разработать математические модели, позволяющие дать прогноз по возможным вариантам нестабильного и стабильного развития страны.

*Актуальность темы* определяется программой научных исследований, утвержденной президентом Российской Федерации.

*Научная новизна:* в работе дан анализ о соответствии текущего состояния обеспечения продовольствием населения страны в соответствии с индикаторами, установленными федеральным законом. Оценены возможные угрозы расширения продовольственной безопасности России, исходящие из внутренних и внешних причин.

Каждый человек имеет по-настоящему бесценное богатство – жизнь. Чтобы видеть и слышать, радоваться близким людям и просто жить, необходимо полноценное питание. Мы не можем говорить об оптимальном уровне продовольственной безопасности, когда на Земле существует такое понятие как голод. Более того, на данный момент ежедневно в разных точках планеты происходят катаклизмы: землетрясения, извержения вулканов, наводнения, оползни и т.д. Все это приводит к ситуациям, когда еще вчера благополучно живущие люди становятся климатическими беженцами. И только объединение, и всемирное решение этой проблемы может помочь сохранить жизни многим людям нашей планеты.

## Обзор литературы

В процессе написания данной работы были изучены литературные источники, опубликованные в Российской Федерации. В. И. Назаренко в своей работе «Продовольственная безопасность (в мире и в России)» [1] рассматривает проблемы, связанные с производством продовольствия мирового сельского хозяйства, и пути их решения. Одна из основных проблем, на его взгляд, касается удельной землеобеспеченности – из-за истощения первоначальных возможностей «зеленой революции» необходим переход к более наукоемким методам производства. Другая проблема – обеспечение малоимущих слоев населения экономическим и физическим доступом к продуктам питания.

На сегодняшний день опубликовано небольшое количество статей по проблемам продовольственной безопасности, в которых используются математические методы. При анализе продовольственной ситуации отдельных регионов авторы рассмотрели модель, связанную с коэффициентом Джини, для расчета индикаторов преимуществ и обобщенного уровня продовольственной безопасности Новгородской области [4]. Матричная модель национальной продовольственной безопасности Республики Беларусь была предложена в работе [5]. В книге П. В. Турчина «Историческая динамика» [6] приводится пример общей схемы моделирования аграрных обществ в виде системы дифференциальных уравнений.

Для общей оценки состояния продовольственной безопасности Российской Федерации и прогноза ее дальнейшего развития была рассмотрена ситуация в отдельных областях и республиках: Брянской [7], Волгоградской [8, 9], Вологодской [10], Калининградской [11], Кемеровской [12-15], Костромской [16, 17], Тамбовской [18], в Республике Крым [19]. Несмотря на то, что каждый автор описывает различные критерии, применительно к ситуации в своей области, по этим данным можно

составить общую картину. Например, в Брянской области наблюдается высокий уровень самообеспеченности продовольствием, именно она является одним из «интеграторов» продуктов питания в другие регионы.

Как было сказано выше, важным пунктом считается эффективное распространение продуктов между регионами. Богданов [20] рассмотрел возможность совместной обработки площадей и расширил ее до международного уровня. Одним из вариантов уменьшения зависимости от импорта может являться рациональная интеграция производства сельскохозяйственной продукции с сопредельными странами.

# Глава 1. Проблема продовольственной безопасности в странах Африканского региона

## 1.1. Анализ качества жизни стран Африканского региона

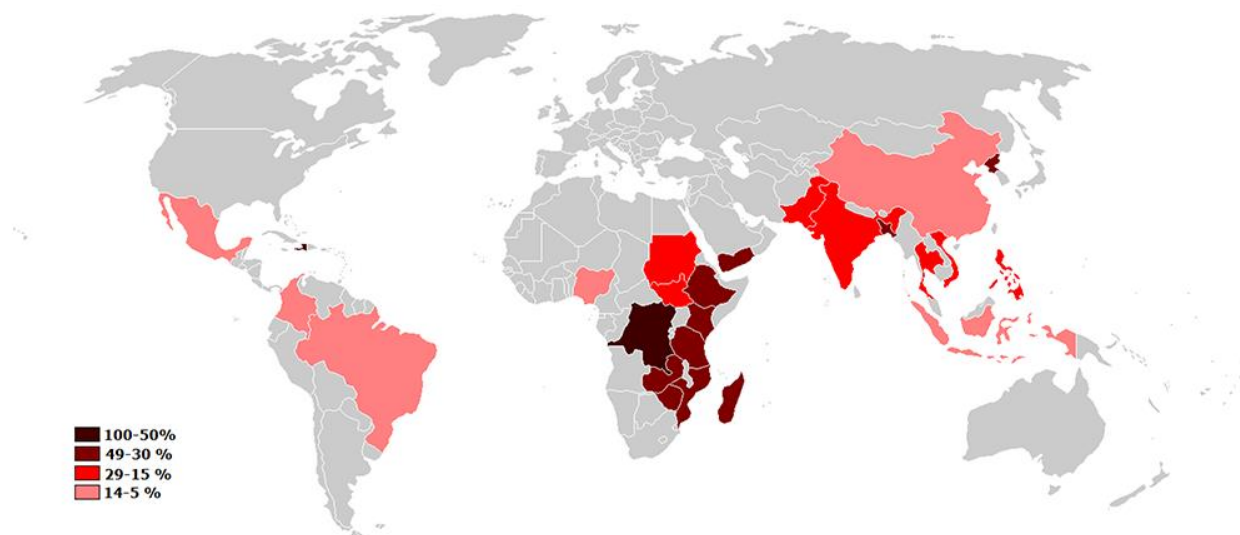


Рис. 1. Карта массового голода в мире, 2015 год (цветом обозначен % голодающих людей по отношению ко всем жителям страны) [21].

На карте массового голода (рис.1) есть обширная область, в которой большинству жителей приходится в прямом смысле этого слова выживать. Люди не только не получают нужное количество калорий для поддержания здорового образа жизни, но им также не хватает важных витаминов, минеральных веществ и микроэлементов. Эта область – страны Африканского региона.

Даже трудно представить, что есть такое место на Земле, где люди живут на 1\$ в день. Страны с низким уровнем жизни называют «наименее развитыми», именно им необходима всесторонняя помощь. Чтобы проанализировать сложившуюся ситуацию, рассмотрим такие показатели, как ВВП на душу населения, прирост населения, средняя продолжительность жизни, ее уровень и качество, затраты на здравоохранение и т.п. За основу взяты показатели продовольственной безопасности, рекомендованные ООН.

Для более понятного представления статистики, выделим, какие страны относятся к Африканскому континенту (табл. 1.1).



## Страны Африки [22]

Страна	Столица	Страна	Столица
Алжир	Алжир	Мадагаскар	Антананариву
Ангола	Луанда	Малави	Лилонгве
Бенин	Порто-Ново	Мали	Бамако
Ботсвана	Габороне	Марокко	Рабат
Буркина-Фасо	Уагадугу	Мозамбик	Мапуту
Бурунди	Бужумбура	Намибия	Виндхук
Габон	Либревиль	Нигер	Ниамей
Гамбия	Банжул	Нигерия	Абуджа
Гана	Аккра	Руанда	Кигали
Гвинея	Конакри	Сан-Томе и Принсипи	Сан-Томе
Гвинея-Бисау	Бисау	Свазиленд	Мбабане
Джибути	Джибути	Сейшельские острова	Виктория
Египет	Каир	Сенегал	Дакар
Замбия	Лусака	Сомали	Могадишо
Западная Сахара	-	Судан	Хартум
Зимбабве	Хараре	Сьерра-Леоне	Фритаун
Кабо-Верде	Прая	Танзания	Додома
Камерун	Яунде	Того	Ломе
Кения	Найроби	Тунис	Тунис
Коморские острова	Морони	Уганда	Кампала
Конго	Браззавиль	ЦАР	Банги
Конго (Дем. Респ.)	Киншаса	Чад	Нджамена
Кот-д'Ивуар	Ямусукро	Экваториальная Гвинея	Малабо
Лесото	Масеру	Эритрея	Асмэра
Либерия	Монровия	Эфиопия	Аддис-Абеба
Ливия	Триполи	ЮАР	Претория
Маврикий	Порт-Луи	Южный Судан	Джуба
Мавритания	Нуакшот		

Теперь перейдем к анализу наибольшего прироста населения в мире, 2015-2020 (среднегодовой прирост, %). Например, в России он составляет

0,04%. Для большей наглядности выделим курсивом здесь и далее страны Африки. Как видно из таблицы 1.2 – их большинство [23].

Таблица 1.2

Наибольший прирост населения, %

№	Страна	%	№	Страна	%	№	Страна	%
1	<i>Нигер</i>	3,9	15	<i>Кения</i>	2,7	29	<i>Либерия</i>	2,4
2	<i>Мали</i>	3,2	16	<i>Нигерия</i>	2,7	30	<i>Мозамбик</i>	2,4
3	<i>Уганда</i>	3,2	17	<i>Сенегал</i>	2,7	31	<i>Того</i>	2,4
4	<i>Замбия</i>	3,2	18	<i>Конго-Киншаса</i>	2,6	32	3. Берег и Газа	2,4
5	<i>Гамбия</i>	3,1	19	<i>Экв. Гвинея</i>	2,6	33	<i>Гвинея-Бисау</i>	2,3
6	<i>Ангола</i>	3,0	20	Ирак	2,6	34	Кувейт	2,3
7	<i>Бурунди</i>	3,0	21	<i>Руанда</i>	2,6	35	<i>Мавритания</i>	2,3
8	<i>Чад</i>	2,9	22	<i>Ю. Судан</i>	2,6	36	<i>Судан</i>	2,3
9	Сирия	2,9	23	<i>Зимбабве</i>	2,6	37	Афганистан	2,2
10	<i>Танзания</i>	2,9	24	<i>Бенин</i>	2,5	38	<i>Габон</i>	2,2
11	<i>Малави</i>	2,8	25	<i>Камерун</i>	2,4	39	<i>Кот-д'Ивуар</i>	2,2
12	<i>Сомали</i>	2,8	26	<i>Конго-Браззавиль</i>	2,4	40	Таджикистан	2,2
13	<i>Буркина-Фасо</i>	2,7	27	<i>Эфиопия</i>	2,4	41	Йемен	2,1
14	<i>Эритрея</i>	2,7	28	<i>Гвинея</i>	2,4	42	ОАЭ	2,0

Следующая таблица демонстрирует наибольший общий коэффициент рождаемости на 2014 год, то есть количество рождений на 1 тыс. человек населения (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Число рождений на 1 тыс. чел. населения на 2014 год

№	Страна	№	Страна	№	Страна	
1	Нигер	50	7	Замбия	45	
2	Чад	48	8	Сомали	44	
3	ЦАР	47	9	Буркина-Фасо	43	
4	Ангола	46	10	Мали	42	
5	Конго-Киншаса	46	11	Гамбия	41	
6	Бурунди	45	12	Малави	40	
				13	Сенегал	40
				14	Танзания	40
				15	Камерун	39
				16	Нигерия	39
				17	Конго-Браззавиль	38
				18	Гвинея	38

Согласно вышеприведенной статистике, максимальное количество рождений наблюдается только в странах Африки.

Для последующего анализа нам понадобятся данные Всемирной организации здравоохранения по средней продолжительности жизни (таблица 1.4) [24].

Таблица 1.4

Средняя продолжительность жизни на 2015 год

Максимальная, лет			Минимальная, лет		
1	Япония	83,7	1	<i>Ангола</i>	38,2
2	Швейцария	83,1	2	<i>Замбия</i>	38,6
3	Сингапур	83	3	<i>Лесото</i>	40,4
4	Австралия	82,8	4	<i>Мозамбик</i>	41,2
5	Испания	82,8	5	<i>Сьерра-Леоне</i>	41,2
6	Исландия	82,7	6	<i>Либерия</i>	41,8
7	Италия	82,7	7	<i>Джибути</i>	43,4
8	Израиль	82,5	8	<i>Малави</i>	43,8
9	Франция	82,4	9	<i>ЦАР</i>	44,5
10	Швеция	82,4	10	<i>Зимбабве</i>	45,8
11	Республика Корея	82,3	11	<i>Нигерия</i>	46,9
12	Канада	82,2	12	<i>Чад</i>	47,7

Разница в продолжительности жизни отличается более чем в два раза между странами, занимающими «первое» и «последнее» место по данному показателю. Таким образом, в странах Африки наблюдается минимальная средняя продолжительность жизни.

В следующей таблице 1.5 представлены десять выборочных стран Африки и их показатели: прирост населения, коэффициент рождаемости и средняя продолжительность жизни.

Таблица 1.5

## Демографические характеристики Африканских стран на 2014 год

№	Страна	Наиб. прирост населения, в % ко всему населению	Наибольшее число рождений на 1 тыс. чел.	Средняя продолжительность жизни
1	Нигер	3,9	50	61,8
2	Замбия	3,2	45	61,8
3	Сомали	2,8	44	55
4	Буркина-Фасо	2,7	43	59,9
5	Уганда	3,2	43	62,3
6	Ангола	3,0	46	52,4
7	Мали	3,2	42	58,2
8	Чад	2,9	48	53,1
9	Сенегал	2,7	40	66,7
10	Танзания	2,9	40	61,8

Неотъемлемой частью анализа являются показатели качества жизни. Рассмотрим высокие и низкие показатели (табл. 1.6 и 1.7 соответственно). *Индекс развития человеческого потенциала, или индекс человеческого развития*, — это комбинированный показатель, который представляет собой сводную статистику характеристик ожидаемой продолжительности жизни, образования и душевого дохода для ранжирования стран [23, 25].

Таблица 1.6

## Страны с высоким уровнем жизни на 2013 год

№	Страна	Высокий ВВП, \$	Индекс развития человеческого потенциала	Инфляция, %
1	Германия	46 930	91,1	1,6
2	Испания	29 882	86,9	-0,2
3	Португалия	21 738	82,2	-0,2
4	Франция	42 560	88,4	1,6
5	Словения	23 295	87,4	1,6
6	Кипр	25 249	84,5	-0,3
7	Греция	21 966	85,3	1,4
8	Швейцария	84 748	91,7	0,0

Таблица 1.7

Уровень и качество жизни для некоторых стран Африки на 2013 год

№	Страна	Низкий ВВП, \$	Индекс развития человеческого потенциала	Инфляция, %
1	Нигер	415	33,7	0,4
2	Гвинея	523	39,2	14,7
3	Эритрея	544	38,1	12,6
4	Буркина-Фасо	761	38,8	1,2
5	Уганда	657	48,4	9,1
6	Бурунди	267	38,9	9,2
7	Сьерра-Леоне	679	37,4	13,6
8	ЦАР	333	34,1	15,0
9	Гвинея-Бисау	564	39,6	1,6
10	Малави	226	41,4	17,4

Одним из критериев «наименее развитых стран» является низкий ВВП, который составляет менее 750\$ США на душу населения. Таким странам ООН предоставляет материальную поддержку.

В первой десятке стран, получающих наибольшую финансовую помощь, находятся три страны Африки (табл. 1.8).

Таблица 1.8

Страны, получающие наибольшую помощь

№	Страна	Получаемая помощь, млн. \$, 2013
1	<i>Египет</i>	5 506
2	Афганистан	5 266
3	Вьетнам	4 085
4	Мьянма	3 935
5	<i>Эфиопия</i>	3 826
6	Сирия	3 627
7	<i>Танзания</i>	3 430
8	<i>Кения</i>	3 236
9	Турция	2 741
10	Бангладеш	2 669

Возникает вполне закономерный вопрос: почему бедные страны не могут поднять свой уровень жизни? Стоит отметить, что на благополучие граждан влияет ряд факторов: войны, невысокий уровень образования и здравоохранения, изменение климата.

Согласно статистике все первые 10 стран с наибольшей экономической зависимостью от сельского хозяйства – это страны Африки (табл. 1.9). Это значит, что уровень ВВП региона в большой степени зависит от производства продуктов питания [23].

Таблица 1.9

Страны с наибольшей экономической зависимостью от с/х на 2013 год

№	Страна	Наиб. экон. зависимость от с/х, % ВВП от с/х
1	Сьерра-Леоне	59,5
2	ЦАР	54,3
3	Чад	51,5
4	Эфиопия	45,0
5	Гвинея-Бисау	43,7
6	Мали	42,3
7	Бурунди	39,8
8	Либерия	38,8
9	Нигер	37,2
10	Бенин	36,5

К сожалению, на сегодняшний день, уровень жизни в странах Африканского региона не на высоте (табл. 1.10). Для сравнения, в России, согласно приказу «Об утверждении положения об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению» [26], на 1 врачебный участок в среднем приходится 2000 человек взрослого и детского населения и примерно 232 человека на 1 врача. Это в 10 раз меньше, чем в странах Африканского региона (табл. 1.11). Российская Федерация находится на 8 месте в списке стран с наименьшим числом людей на 1 врача (по данным на 2013 год) [23].

Таблица 1.10

Показатели качества жизни на примере стран Африки на 2015 год

№	Страна	Число автомобилей на 1000 чел.	Число грамотных людей, %	Средняя продолжит. жизни	Число смертей на 1000 рожденных
1	Нигер	6	15,5	60,5	45,3
2	Гамбия	5	52,0	59,8	51,5
3	Эритрея	7	70,5	65,1	34
4	Сьерра-Леоне	5	44,5	46,8	106,8
5	Уганда	3	73,2	60,8	50,2
6	Кот-д'Ивуар	16	41,0	52,4	65,1
7	Мали	10	33,6	56,8	76,2
8	Чад	2	37,3	53,1	86,8
9	Сенегал	16	52,1	64,2	45,3
10	Руанда	3	65,9	66,0	42,6

Таблица 1.11

Число больных жителей и количество жителей на 1 врача на примере стран Африки, 2015 год

№	Страна	Число жителей, больных ВИЧ/СПИД, среди населения от 15 до 49 лет, %	Число жителей на 1 врача
1	Мозамбик	10,8	25 000
2	Зимбабве	15,0	12 048
3	Руанда	2,9	17 857
4	Малави	10,3	52 632
5	Гвинея-Бисау	3,7	22 222
6	Того	2,3	18 868

Как видно из рис. 1.2, затраты на здравоохранение разнятся в 5 раз между странами Африки. Но можно отметить тот факт, что в 2013 году в четверти стран Африканского региона затраты на медицину составили менее 100 долларов на человека. А для повышения средней продолжительности жизни этого явно недостаточно.

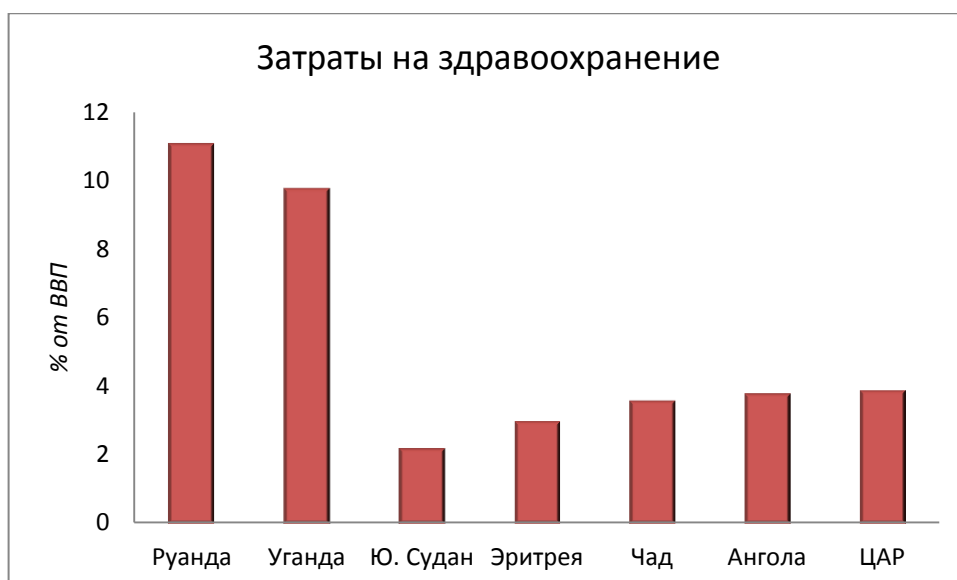


Рис. 1.2. Затраты на здравоохранение на примере стран Африки, 2013 г.

Одной из важных характеристик продуктов питания является их энергетическая ценность. В странах Африки наблюдается нехватка продовольствия, люди не получают необходимое количество калорий ежедневно (табл. 1.12) [23].

Таблица 1.12

Среднее количество пищи на человека в день на 2013 год

№	Страна	Наибольшая калорийность	№	Страна	Наименьшая калорийность
1	Бельгия	3 793	1	Замбия	1 930
2	США	3 639	2	Намибия	2 086
3	Египет	3 557	3	Чад	2 110
4	Германия	3 539	4	Зимбабве	2 110
5	Швейцария	3 487	5	Конго-Киншаса	2 195

Низкий уровень жизни в Африканских странах порождает национальные и региональные конфликты с человеческими жертвами. Значительное его отличие приводит к тому, что жители стран Африки мигрируют в страны Европы, создавая там тем самым социальную напряженность.



## 1.2. Математическая модель миграции населения

Ухудшение материального положения населения региона, падение доходов ниже уровня, обеспечивающего выживаемость, сопровождается социальными движениями внутри региона и миграцией части населения в регионы с более благоприятными для жизни условиями [27].

Мигранты поддерживают контакты с теми, кто остался в регионе, и информируют их о новых условиях жизни. С одной стороны, это приводит к возникновению новой волны миграции, а с другой – к усилению протестного движения. На начальном этапе миграционного процесса принимает участие небольшое количество граждан. Примем, что доля желающих мигрировать по отношению ко всем желающим уехать на текущий момент времени равна  $u_1$ . Тогда динамика лиц, готовых уехать, описывается уравнением

$$\frac{du_1}{dt} = u_1^2(1 - u_1). \quad (1.1)$$

Пусть  $u_2$  – число лиц, мигрировавших на текущий момент времени. Примем, что поддерживая контакты с оставшимися в регионе, они агитируют последних на отъезд. Учтем еще и тот факт, что власти предпринимают меры по ограничению миграции. Например, таким образом, что число мигрировавших будет уменьшаться при условии, что совокупность предпринимаемых мер достигнет определенного уровня на текущий момент времени. Тогда система уравнений, описывающих динамику  $u_1$  и  $u_2$ , принимает вид

$$\frac{du_1}{dt} = u_1^2(1 - u_1) - u_1 u_2, \quad (1.2)$$

$$\frac{du_2}{dt} = -\gamma u_2(I\alpha - u_1), \quad (1.3)$$

$$\frac{dI}{dt} = u_2(\beta u_2 - I), \quad (1.4)$$

где  $\gamma$  ( $0 < \gamma < 1$ ),  $\alpha$  и  $\beta$  – положительные параметры.

В этих уравнениях  $I$  – индекс активности властей. В уравнении для скорости активности властей предполагается, что она увеличивается пропорционально числу контактов между мигрирующими (слагаемое  $\beta u_2^2$  в третьем уравнении в скобках), а скорость убыли пропорциональна произведению  $u_2 I$ .

К уравнениям (1.2–1.4) необходимо добавить начальные условия: при  $t = 0$   $u_1 = u_1^0$ ,  $u_2 = u_2^0$ ,  $I = I^0$ .

На начальной стадии миграции естественно считать, что  $u_1^0$  и  $u_2^0$  – малые величины. Значения  $u_1^0$  близкое к единице, а  $u_2^0$  – близкое к нулю соответствуют началу миграции. Индекс активности властей  $I^0$  может принимать любые положительные значения. Для построения численного решения системы уравнений (1.2–1.4) использовались модифицированные методы Рунге-Кутты.

### Стационарные точки

1.  $u_1 = 0$ ,  $u_2 = 0$ ,  $I = 0$ .

Эта стационарная точка соответствует начальной стадии миграции населения.

$$J = \begin{bmatrix} u_1(2 - 3u_1) - u_2 & -u_1 & 0 \\ \gamma u_2 & -\gamma(I\alpha - u_1) & -\gamma u_2 \alpha \\ 0 & I(2\beta u_2 - I) & u_2(\beta u_2 - 2I) \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

Матрица Якоби правой части уравнений (1.2–1.4) в этой стационарной точке имеет три нулевых собственных значения. То есть линейное приближение решений уравнений при малых значениях  $u_1$  и  $u_2$  не позволяет сделать вывод о динамике изменения этих величин. С другой стороны, при  $u_2 = 0$  первое уравнение (1.2) становится автономным, и его решение при малых значениях  $u_1$  будет расти по гиперболическому закону (1.6):

$$u_1 = \frac{u_1^0}{1 - t u_1^0} \quad (1.6)$$

Это соответствует случаю, когда в отсутствие мигрирующих на начальной стадии миграции численность желающих будет расти при ухудшении материального положения. Но при этом, если  $I = 0$ , начнет расти и функция  $u_2$  – при нулевой активности властей сразу появятся мигрирующие.

Поведение решения системы уравнений (1.2–1.4) при значениях  $u_1^0 = 0.01$ ,  $u_2^0 = 1.1 \cdot u_1^0(1 - u_1^0)$  и  $I^0 = 0.4 \cdot u_1^0/\alpha$  в виде зависимостей  $u_1 = u_1(t)$  и  $u_2 = u_2(t)$  представлено на рис. 1.3 ( $\alpha = 5$ ,  $\beta = 0.35$ ,  $\gamma = 0.9$ ). При выбранных значениях начальных данных в начальный момент времени производные  $\frac{du_1}{dt}$ ,  $\frac{du_2}{dt}$ ,  $\frac{dI}{dt}$  отрицательны. Со временем функция  $u_1 = u_1(t)$  начинает расти, достигая значений, близких к единице, при этом начинается и заметный рост функции  $u_2 = u_2(t)$ . При значениях  $u_1 = u_1(t)$ , близких к единице, скорость изменения  $u_2 = u_2(t)$  положительна, так как  $I\alpha - 1 < 0$ . Поэтому  $u_1 = u_1(t)$  станет убывающей функцией (рис. 1.3).

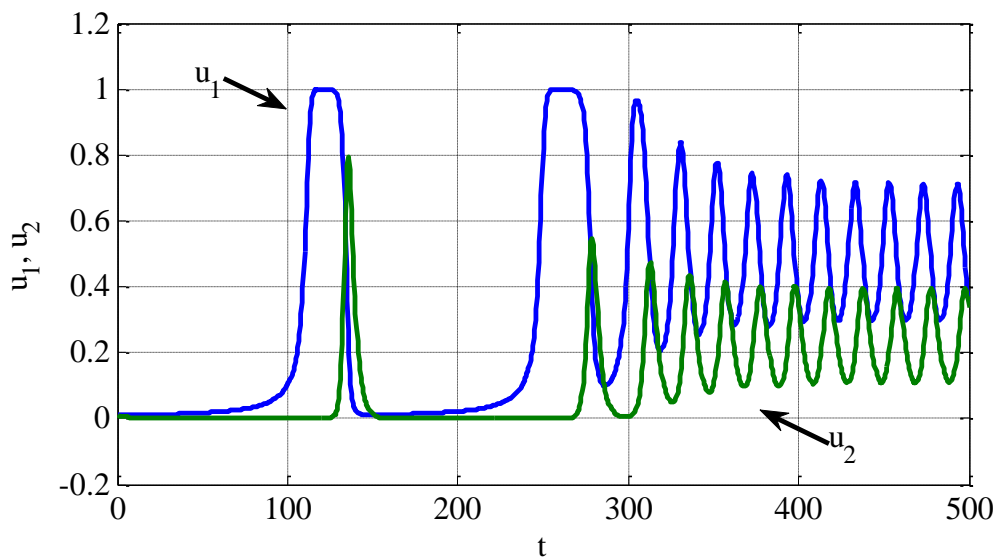


Рис. 1.3. Поведение решения системы при  $u_1^0 = 0.01$ ,  $u_2^0 = 1.1 \cdot u_1^0(1 - u_1^0)$ ,  
 $I^0 = 0.4 \cdot u_1^0/\alpha$ .

Этот вариант поведения решения соответствует постепенному возрастанию благосостояния до его максимальных возможностей, после достижения которых, из-за возникающих противоречий, начинаются протестные выступления. Уменьшение  $u_1 = u_1(t)$  и  $u_2 = u_2(t)$  до значений,

близких к нулю, можно интерпретировать как объявление руководителями запрета на миграцию. Для устойчивости этого положения необходимо, чтобы, как минимум, выполнялось условие  $I\alpha > 1$ .

2.  $u_1 = 1, u_2 = 0, I$  – любое положительное.

Этот вариант описывает случай, когда желающие мигрировать есть, но мигранты отсутствуют. При этом индекс активности властей может принимать любое положительное значение.

Для случая  $I = 0$  собственными значениями матрицы Якоби (1.5) будут  $\lambda_1 = \gamma, \lambda_2 = -1, \text{ и } \lambda_3 = 0$ . Первое собственное значение положительное, поэтому это положение равновесия будет неустойчивым.

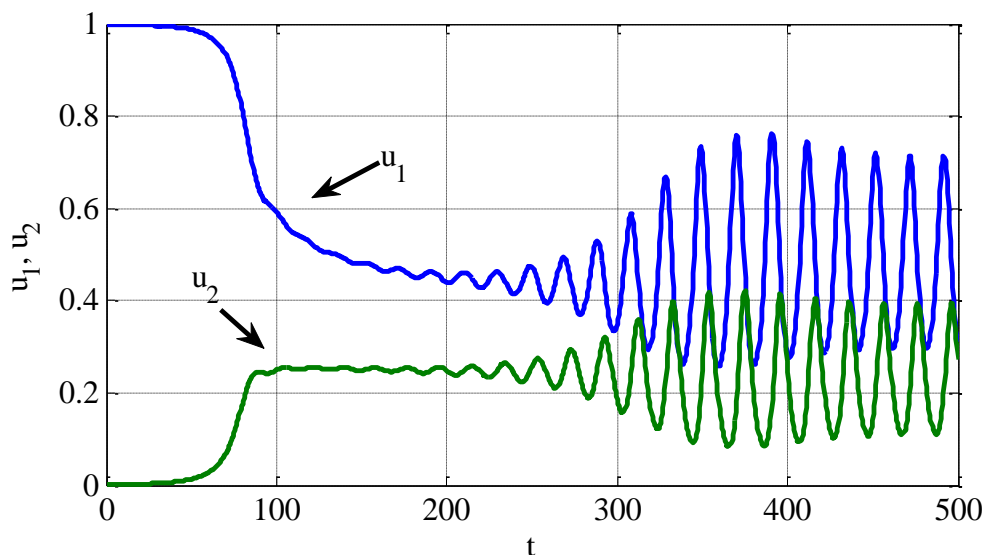


Рис. 1.4. Поведение решения системы при  $u_1^0 = 0.999, u_2^0 = 0.001,$   
 $I^0 = 0.96/\alpha.$

Как следует из второго уравнения системы (1.3), если выполняется неравенство  $I^0\alpha - u_1^0 > 0$ , то численность мигрирующих в начальный момент времени будет убывать. И при достаточно больших значениях  $I^0$  функция  $u_2(t)$  может стать убывающей функцией времени. На рис. 1.4 показаны зависимости  $u_1 = u_1(t)$  и  $u_2 = u_2(t)$  для набора  $u_1^0 = 0.999, u_2^0 = 0.001$  и  $I^0 = 0.96/\alpha, \alpha = 5, \beta = 0.35$ . Этот вариант соответствует случаю, при котором при недостаточной активности властей не удастся полностью прекратить миграцию.

$$3. u_1 = 1 - 1/\alpha\beta, u_2 = u_1/\alpha\beta, I = u_1/\alpha.$$

Эта стационарная точка имеет физический смысл, если выполняется неравенство  $1 < \alpha\beta$ . Параметр  $\alpha$  характеризует активность властей, направленную на уменьшение числа мигрантов при непосредственном контакте с ними, а параметр  $\beta$  – усиление самой активности. При этом чем больше значение произведения  $\alpha\beta$ , тем меньше стационарное значение  $u_2$  (меньше мигрантов).

В этой стационарной точке собственные значения матрицы Якоби являются корнями характеристического полинома

$$P(\lambda) = \lambda^3 - u_2[\beta\alpha(1 - 2u_1) - I]\lambda^2 - u_2u_1[I(1 - 2u_1) - I\gamma - \gamma]\lambda + \gamma I u_2 u_1 (\beta\alpha - 1).$$

Свободный член этого полинома при выполнении неравенства  $1 < \alpha\beta$  положителен, поэтому одно собственное значение матрицы Якоби (1.5) в этой точке будет отрицательным. Вещественные части пары комплексно сопряженных корней могут иметь как отрицательные, так и положительные вещественные части.

На рис. 1.5 отражена зависимость вещественных частей корней полинома от параметра  $\alpha$  при значениях  $\beta = 0.8, 1.6, 3.2$ , а на рис. 1.6 приведена граница раздела между положительными и отрицательными значениями вещественных частей пары комплексно-сопряженных корней характеристического полинома в системе координат  $(\alpha, \beta)$ . Как следует из этого анализа, в окрестности этой стационарной точки в зависимости от значений параметров  $\alpha$  и  $\beta$  могут возникнуть колебания.

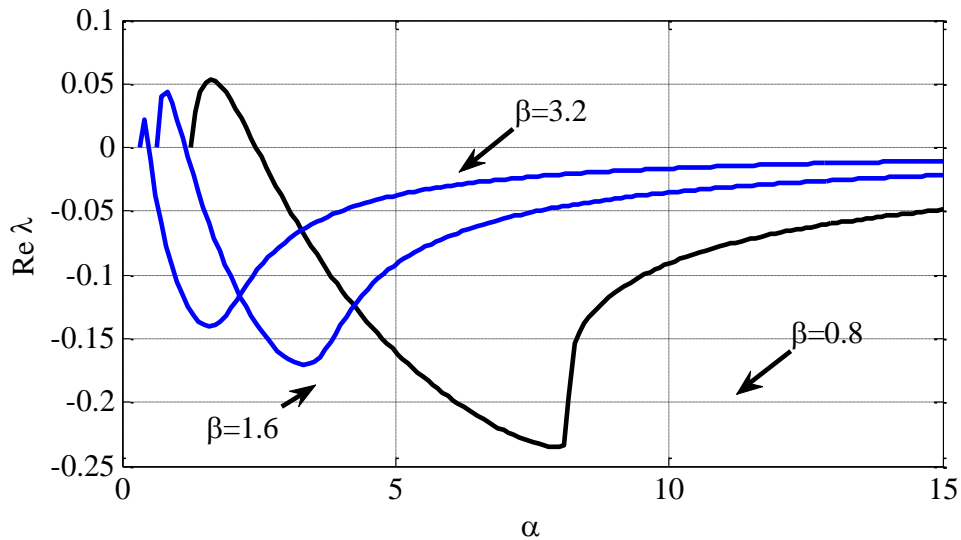


Рис. 1.5. зависимость вещественных частей корней полинома от параметра  $\alpha$  при значениях  $\beta = 0.8, 1.6, 3.2$ .

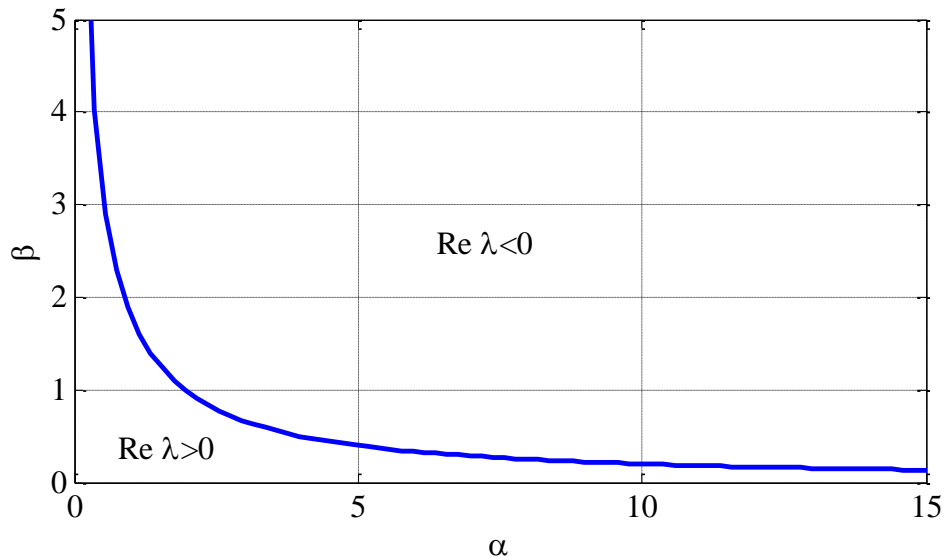


Рис. 1.6. Граница раздела между положительными и отрицательными значениями вещественных частей пары комплексно-сопряженных корней характеристического полинома в системе координат  $(\alpha, \beta)$ .

Разработанная модель позволяет объяснить периодичность протестных выступлений, вызванную недостаточным влиянием органов управления на социальную и экономическую среду, в которой происходит производственный процесс. На начальной стадии развития производства при нулевой активности властей миграционное движение начнется сразу, а при развитом производстве – при недостаточной активности властей. В рамках

этой модели стабильность производственного процесса обеспечивается не только удовлетворением текущих требований желающих выехать, но и развитием социальной инфраструктуры. Это в значительной степени согласуется с историческими событиями, происходившими в России как в XIX веке, так и в более поздние периоды [28].

### **1.3. Выводы**

В первой главе представлены статистические данные по странам Африканского региона. На сегодняшний день ситуация критическая: наибольший прирост населения сочетается с низким уровнем здравоохранения, минимальной продолжительностью жизни и недостаточным количеством пищи. Дальнейшее развитие ситуации прогнозируемо: начнется массовая миграция населения. Для ее прекращения развитым странам необходимо оказывать всестороннюю безвозмездную помощь наименее развитым странам.

В 2015 году число беженцев в Европу достигло 1 миллиона 300 тысяч человек [29]. И даже такая небольшая цифра привела к коллапсу. Не все закончилось мирным путем – нашлись люди, которые, вырвавшись «на свободу» в другую страну, начали делать, что хотят. И хотя таких людей немного, но на этой почве разожглась ненависть у принимающей стороны по отношению ко всем иммигрантам.

## **Глава 2. Продовольственная ситуация накануне I мировой войны**

### **2.1. Статистические данные: промышленность и вооруженные конфликты в конце XIX - начале XX веков**

В этой главе проведен анализ продовольственной ситуации в период I мировой войны. Для этого была собрана статистика по урожайности хлебов, динамике численности скота до войны, а также процент грамотного населения, количество призванных на войну и т.д.

В работе при анализе продовольственной безопасности оценивалась потребительская корзина в середине XIX и начале XX веков, обеспечение физиологической нормы в калориях, анализ продовольственной безопасности в соответствии со степенью внешних угроз в начале XX века. В качестве критерия была выбрана урожайность по зерну.

На человека физиологическая норма потребления продуктов составляет около 3000 калорий в сутки. При растущем населении в стране необходимо увеличивать и производство сельскохозяйственной продукции. Основным показателем в России в конце XIX – начале XX веков считалось количество произведенного зерна. Ниже анализируются показатели, связанные с потребительской корзиной и производством зерна.

В течение 50 лет потребительская корзина несколько уменьшилась. К началу I мировой войны упало потребление хлебных продуктов на 2%, молочных продуктов – почти в 2 раза, мяса – на 33%. Как следует из анализа таблиц 2.1 и 2.2, физиологические нормы продуктов питания обеспечивали необходимые 3000 калорий на человека в сутки [30]. В конце XIX – начале XX веков доступность к продовольствию населения была гарантирована.



Таблица 2.1

Потребительская корзина в середине XIX века на душу населения [30]

Продукты	Потребление		Состав продуктов			Ккал в день	
	в год, кг (л)	в день, г (мл)	белки	жиры	углеводы	всего	усвоено
Мука, крупа	240	658	69,4	12,9	431	2 165	1 885
Картофель	54	148	2,9	0,3	30,7	139	123
Овощи и фрукты	45	123	1,5	0,1	12,4	58	51
Молочные продукты	108	296	9,5	6,5	14,0	159	146
Мясо	44,2	121,1	23,1	6,4	1,1	162	152
Рыба	7,4	20,3	3,2	2,1	0,6	36	33
Масло коровье	2,1	5,8	-	4,9	-	45	42
Жиры	13	35	-	30,1	-	280	263
Масло растит.	8,3	23	-	23,0	-	214	201
Яйца	1,9	5,2	1,0	1,0	0,44	14	14
Сахар	3,6	9,9	-	-	9,4	39	38
Мед	4,7	12,9	-	-	10,0	42	40
Итого	532,2	1458	110,6	87,2	509,6	3 353	2 988

Таблица 2.2

Потребительская корзина в 1900-1916 гг. на душу населения [30]

Продукты	Потребление, г	Состав продуктов, г			Ккал	
		белки	жиры	углеводы	всего	усвоенных
Хлебные	644	68,1	12,6	422,7	2 120	1 848
Картофель	159	3,1	0,2	32,9	149	129
Овощи, фрукты	138	1,8	0,2	13,9	66	58
Молочные	157	5,1	3,4	7,5	84	80
Мясные	81	15,5	4,3	0,8	109	102
Рыбные	15,6	2,5	1,7	0,5	28	27
Масло коровье	7,7	-	6,6	-	61	58
Жиры	9,3	-	8,0	-	74	70
Масло растит.	21,6	-	21,6	-	201	171
Яйца	8,3	1,6	1,6	0,7	25	23
Сахар	31,2	-	-	30,0	123	111
Итого	1 272,7	60,2	60,2	509,0	3 040	2 677

1908-1912 годы считались неурожайными. В табл. 2.3 приведены данные по сбору зерновых культур с 1 десятины [31]. Как следует из этой таблицы, несмотря на неурожайные годы, сбор зерновых культур увеличивался.

Таблица 2.3

Сбор зерна с десятины, млн. пудов\* [31]

	1913 г.	1912 г.	В среднем за 1908-1912 гг.
Пшеница	121,1	101,5	96,3
Рожь	98,8	99	88,5
Овес	61,5	54,9	52,7
Ячмень	63,9	57,7	56,4

\*1 пуд = 16,38 кг

Правительство понимало необходимость поддержания продовольственной безопасности. Совместная деятельность руководства и общественных организаций по восстановлению сельского хозяйства уже тогда дала результаты (табл. 2.4): было открыто более 300 новых сельскохозяйственных учебных заведений, проводилось свыше 1000 лекций по данной теме [31].

Таблица 2.4

Расходы на развитие сельского хозяйства, тыс. руб. [31]

	в 1912 г.	в 1913 г.	Разница, %
С/х техника	2124	3008	+ 29%
Опытные с/х учреждения	2266	3725	+ 39%
С/х образование	3803	4953	+ 23%
Общие меры	3475	4699	+ 25%
Меры агроном. помощи в засел. районах	980	1533	+ 36%
Агроном. помощь в районах землеустройства	5112	5886	+ 13%

Россия – страна с высоким риском неурожайности из-за климатических условий и свойств пахотных земель (табл. 2.5). К тому же одними из основных причин низкого производства являлись недостаток удобрений и уровня механизации сельскохозяйственного труда, не позволяющий повысить урожайность.

Таблица 2.5

Производство зерна и картофеля в России, странах Европы, Азии и Северной Америки в 1913 г., пудов с десятины [31]

Страна	Зерно	Картофель	Зерно на душу насел.	Население, млн. чел.
Австро-Венгрия	676	1072	19,3	51,3
Великобритания	393	1086	16,7	45,4
Бельгия	666	1338	27,4	7,5
Германия	578	1057	20,5	67,8
Голландия	598	1176	24,8	6
Испания	222	-	18,3	19,6
Россия	236	491	18,0	175,1
Румыния	253	641	25,1	6,8
Франция	314	571	19,1	39,3
Швейцария	556	1038	13,4	3,8
Швеция	517	-	15,2	5,7
Канада	370	750	3,6	53
США	291	408	29,9	8,1

Урожайность зерновых культур была ниже, чем в большинстве стран Европы и Америки. Тем не менее производство зерна на душу населения отличалось от стран Европы незначительно (табл. 2.5). Это можно объяснить предпринимаемыми органами управления мерами, направленными на повышение урожайности. Так, в таблицах 2.6, 2.7 приведены данные по ввозу удобрений в Россию и по улучшению механизации сельскохозяйственного труда. За этот период стали закупать большее количество удобрений за границей (табл. 2.6), то есть их импорт к 1911 году увеличился в 2,5 раза, а общее потребление с/х техники – в 2 раза [31].

Таблица 2.6

Производство искусственных удобрений в России, тыс. пудов [31]

Год	Производство	Импорт	Итого
1907	10032,9	9448,1	19481,0
1908	10458,4	10186,2	20644,6
1909	11452,4	15446,1	26898,5
1910	12176,1	22811,4	34987,5
1911	12068,1	26380,6	38448,7
1912	14211,0	34423,7	48634,7
1913	16251,0	34000,0	50251,0

По данным на 1901-1906 гг., ввоз сельскохозяйственных машин составил более половины от числа общего пользования (табл. 2.7). Управленческий персонал стал принимать меры для увеличения продовольственной безопасности страны.

Таблица 2.7

Потребление и наличие с/х техники в России в 1901-1906 гг., тыс. руб. [31]

Год	Общее потребление	Ввоз с/х машин
1896-1900 (среднее)	21 431	-
1901	30 319	18 261
1902	33 867	20 196
1903	42 939	27 655
1904	37 490	20 593
1905	38 762	20 253
1901-1905 (среднее)	36 675	20 251
1906	39 650	21 392

В 1901-1913 гг. несколько лучше обстояло дело со стадом КРС в России. Оно увеличилось за 10 лет примерно на 12% (табл. 2.8). В начале XX века был резерв в виде живого материала на человека – 210 кг говядины в год.

Таблица 2.8

Динамика численности скота в Европейской России, тыс. голов [31]

Виды скота	1901 г.	1907 г.	1913 г.
Лошади	270154,7	20477,6	22771,0
Крупный рогатый	3902,5	20675,1	31074,6
В переводе на КРС	60631,0	58676,9	64398,0
На 100 чел.	60,5	53,0	52,9

Одной из угроз, приводящих к разрушению производства сельскохозяйственной продукции, является война. В период вооруженных конфликтов происходит потеря населения и уменьшение площадей пахотных земель. В табл. 2.9 приведена возрастная структура погибших граждан России в I мировой войне. А в табл. 2.10 – общие потери [32].

Таблица 2.9

Состав армии в I мировой войне

Состав армии, лет	1916-1917 гг.
19	16%
20-29	49%
30-39	30%
>40	5%

Таблица 2.10

Потери в I мировой войне

Потери в войне, 1916-1917 гг.	
Фронтовики	2 202 970
Инвалиды	349 000
Всего потерь (вместе с ранеными)	9 347 300
* грамотное население	36,9%
Потери в войне, 1918-1920 гг.	
Потери	580 000

Набор в вооруженные силы происходил ежегодно (табл. 2.11). И в общей сложности на фронт было призвано 47,4% трудоспособного населения, что составило около 9% общего населения страны.

Таблица 2.11

Сборы на I мировую войну

Взято в армию, в среднем	1914-1917 гг.
11,2 %	от всего населения
22,6 %	от всех мужчин
47,4 %	от трудоспособных
* в 1914 году в армии 8,7 % населения	

В России в начале XX века около 90% населения составляли крестьяне. Во время войны потери мужского населения составили 7% от количества

всех крестьян [32], следовательно, 7% земель перестало обрабатываться. К тому же упало количество посевных площадей на 20%. То есть, условно говоря, примерно 25% составила общая потеря в зерне. А зерно, в свою очередь, связано с птицей и другими животными.

Военные действия стали причиной падения производства зерна. Так, в табл. 2.12 приведены данные по уменьшению посевных площадей под зерновые культуры в воевавших странах и нейтральных странах [33].

Таблица 2.12

Производство хлебов в мировых масштабах, тыс. га [33]

Годы	Пшеница	Рожь	Ячмень	Овес	Кукуруза	Итого
Посевные площади в тыс. гектаров						
<b>I. Воевавшие страны Европы</b>						
1909-1913	22 361	11 377	6551	14 533	8532	63 354
1920	17 453	7920	5471	11 615	6593	39 052
1920 в % к						
1909-1913	78,0	69,6	83,5	79,9	77,3	77,4
<b>II. Нейтральные страны Европы</b>						
1909-1913	4606	1731	1907	2000	460	10 704
1920	4895	1541	2239	2079	475	11 229
1920 в % к						
1909-1913	106,3	89,0	117,4	103,9	103,2	104,9
<b>III. Заокеанские страны</b>						
1909-1913	48 580	954	7180	25 765	48 469	130 948
1920	56 188	2305	7226	25 324	48 781	139 824
1920 в % к						
1909-1913	115,7	241,7	100,6	98,3	100,6	106,8
<b>IV. Все страны</b>						
1909-1913	25 182,3	4687,3	5212,7	14 099,3	19 153,7	68 335,3
1920	26 178,7	3922,0	4978,7	13 066,0	18 618,3	66 701,7
1920 в % к						
1909-1913	103,9	83,7	95,5	92,7	97,2	97,6

Как мы видим из таблицы 2.12, во время войны сократили производство хлебов только воевавшие страны Европы. Причем уменьшение составило порядка 20% от первоначального количества.

Несмотря на серьезные потери в пахотных площадях, тем не менее, к началу XXI века удалось повысить урожайность посевных культур в 3 раза.

## 2.2 Модель аграрных обществ Турчина

В рассматриваемой ниже модели учтены численность населения, ВВП и активность властей. Предполагается, что численность населения растет по логистическому закону, рост валового продукта пропорционален ей, а уровень социальной напряженности зависит от численности населения и объемов валового продукта.

В работе [6] представлена общая схема моделирования аграрных обществ в виде системы дифференциальных уравнений (2.1-2.4).

$$\frac{dN}{dt} = \mu_N N \left(1 - \frac{N}{K}\right) - \gamma_N N I, \quad (2.1)$$

$$\frac{dW}{dt} = \mu_W N \left(1 - \frac{N}{K}\right) - \gamma_W N, \quad (2.2)$$

$$\frac{dI}{dt} = \mu_I N^2 - \gamma_I I - \beta W, \quad (2.3)$$

$$K = K(I) = K_{max} - \alpha I. \quad (2.4)$$

Здесь  $N$  – население,  $W$  – накопление,  $I$  – социополитическая нестабильность (измеряемая как превышение смертности из-за внутренних вооруженных конфликтов),  $\mu_N$ ,  $\mu_W$ ,  $\mu_I$ ,  $\gamma_N$ ,  $\gamma_W$ ,  $\gamma_I$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$  – весовые коэффициенты.

Состояния с нулевой нестабильностью отсутствуют при  $I = 0$ .

$$\alpha I < K_{max}.$$

Стационарные точки  $N = 0$ ,  $W = 0$ ,  $I = 0$ .

$$\mu_N \left(1 - \frac{N}{K}\right) - \gamma_N I = 0, \quad (2.5)$$

$$\mu_W \left(1 - \frac{N}{K}\right) - \gamma_W = 0, \quad (2.6)$$

$$\mu_I N^2 - \gamma_I I - \beta W = 0, \quad (2.7)$$

$$K = K(I) = K_{max} - \alpha I. \quad (2.8)$$

Из уравнения (2.6) находим, что  $\frac{N}{K} = 1 - \frac{\gamma_w}{\mu_w}$ , тогда должно выполняться неравенство  $\gamma_w < \mu_w$ . Это означает, что удельная скорость расходов на содержание населения должна быть меньше удельной скорости роста накоплений.

Из уравнения (2.6) было найдено:

$$1 - \frac{N}{K} = \frac{\gamma_w}{\mu_w}$$

Из уравнения (2.5):

$$I = \frac{\left(1 - \frac{N}{K}\right) \mu_N}{\gamma_N} = \frac{\mu_N \gamma_w}{\mu_w \gamma_N}.$$

Из уравнений (2.6-2.8):

$$\beta W = \mu_I K^2 \left(1 - \frac{\gamma_w}{\mu_w}\right)^2 - \gamma_I \frac{\mu_N \gamma_w}{\mu_w \gamma_N},$$

$$K = K_{max} - \alpha I.$$

Как отмечено в [6], эта модель описывает циклические процессы в аграрных сообществах. Однако наряду с этим в модели отсутствуют состояния с нулевой неустойчивостью. Неустойчивость влияет только на численность населения, а на накопления непосредственного влияния не оказывает. Если неустойчивость рассматривать как войны или стихийные бедствия, то они, кроме гибели населения, приводят и к уничтожению материальных ценностей. Скорость роста накоплений не зависит от их общего количества, а зависит только от общего количества населения. К тому же система содержит и решения с отрицательной неустойчивостью.



### **2.3. Выводы**

Война – катастрофическое событие для страны. В данной главе была рассмотрена продовольственная ситуация накануне I мировой войны и после нее. При анализе продовольственной безопасности оценивалась потребительская корзина, обеспечение физиологической нормы в калориях в соответствии с существующими критериями в РФ и степенью внешних угроз в начале XX века. В качестве критерия была выбрана урожайность по зерну. Первая мировая война привела к гибели значительной части населения, к уменьшению поголовья скота и площадей пахотных земель.

Война – невыгодная политика для тех стран, которые принимают в ней участие. Итог военных конфликтов, переворотов всегда один и тот же – это потери грамотного и, в большинстве своем, молодого населения, гигантские разрушения, падение экономики и множество загубленных судеб...

## Глава 3. Современное состояние продовольственной безопасности

### 3.1 Ситуация в Российской Федерации

В данной главе выполнен анализ в соответствии с доктриной продовольственной безопасности. Необходимо проверить, насколько уровень самообеспечения страны удовлетворяет заявленным в доктрине нормам.

В табл. 3.1 представлено ранжирование постсоветских / постсоциалистических стран по проценту населения, живущего менее чем на 4 доллара на человека в день [34].

Таблица 3.1

Ранжирование постсоветских стран по уровню бедности, 2004 год [34]

Бедность (1 – максим. уровень)	Страна	%	Благополучие (23 – максим. уровень)	Экон. развитие (1 – максим. уровень)	ВВП на душу населения в год, в ППС
1	Азербайджан	85,9	23	18	4153
2	Таджикистан	84,7	22	23	1202
3	Армения	80,5	21	19	4101
4	Туркмения	79,4	20	17	4584
5	Кыргызстан	72,5	19	21	1935
6	Молдова	64,7	18	22	1729
7	Грузия	61,9	17	20	2844
8	Казахстан	56,7	16	12	7440
9	Румыния	54,8	15	10	8480
10	Албания	48	14	16	4978
<b>11</b>	<b>Россия</b>	<b>45,3</b>	<b>13</b>	<b>9</b>	<b>9902</b>
12	Украина	44,7	12	15	6394
13	Болгария	39,9	11	11	8078
14	Литва	36	10	5	13107
15	Эстония	33,2	9	4	14555
16	Латвия	26,3	8	8	11653
17	Македония	22	7	14	6610
18	Польша	20,6	6	6	12974
19	Белоруссия	15,9	5	13	6970
20	Венгрия	15,9	4	2	16814
21	Словакия	11,4	3	3	14623
22	Хорватия	10	2	7	12191
23	Чехия	1	1	1	19408

Миграция населения в случае ухудшения экономической обстановки будет происходить именно в те страны, где лучше условия. К числу таких стран относится Россия по отношению к странам средней Азии и Кавказа.

В 2014 году были введены санкции, ограничивающие закупки иностранных товаров Россией. Хотя они и оказали влияние на российскую экономику, с другой стороны этот факт дал обратный эффект, став поводом для импортозамещения в нашей стране, что обеспечивает продовольственную независимость, а также позволяет улучшить сотрудничество с другими странами, например, с Китаем. В итоге импорт из стран, попавших под эмбарго, уменьшился почти в два раза.

Проблема обеспечения продовольственной безопасности имеет многоаспектный характер. Рассмотрим нормы потребления продуктов питания в год на одного человека (таблица 3.2). Федеральный закон РФ № 227-ФЗ от 3 декабря 2012 года установил следующую потребительскую корзину [35]:

Таблица 3.2

Потребительская корзина РФ [35]

Наименование	Объем потребления (в среднем на одного человека в год), кг			Потребление в день, г	Ккал в день
	трудоспособное население	пенсионеры	дети		
Хлебные продукты	126,5	98,2	77,6	350	927,5
Картофель	100,4	80,0	88,1	280	215,6
Овощи и бахчевые	114,6	98,0	112,5	310	201,5
Фрукты свежие	60,0	45,0	118,1	160	142,4
Сахар	23,8	21,2	21,8	65	251,5
Мясопродукты	58,6	54,0	44,0	160	228,8
Рыбопродукты	18,5	16,0	18,6	51	105
Молоко и молокопродукты	290,0	257,8	360,7	800	336
Яйца (штук)	210	200	201	0,5	75
Масло и другие жиры	11,0	10,0	5,0	30	265,2
Соль, чай, спец.	4,9	4,2	3,5	13	-

Как следует из анализа табл. 3.2 и 2.1, 2.2 предыдущей главы, потребительская корзина по калорийности значительно не отличается.

В целях контроля состояния продовольствия, указом Президента Российской Федерации № 120 от 30 января 2010 года была утверждена Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. В ней выделены 4 главных направления.

Первое – это обеспечение населения продовольствием в том объеме, который бы не только смог удовлетворить потребности людей, но и соответствовал медицинским и рациональным нормам питания. В доктрине определены пороговые значения импорта продуктов.

Второе направление – это непосредственно качество продовольствия, а также его безопасность. Продукт не должен наносить вред здоровью человека.

Третьим направлением является обеспечение экономической доступности продуктов питания для всех жителей. Оно характеризуется уровнем доходов населения, то есть происходит распределение различных ресурсов продовольствия между социальными группами с учетом уровня их доходов.

Четвертое – это физическая доступность продовольствия. Это важнейшее направление подразумевает наличие продуктов в любой точке нашей страны.

Согласно «Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации» доля импорта имеет пороговые значения. Для поддержания продовольственной безопасности необходимо следующее количество отечественной продукции:

- зерна и картофеля – не менее 95 %;
- молока и молокопродуктов – не менее 90 %;
- мяса, мясопродуктов и пищевой соли – не менее 85 %;
- сахара, растительного масла и рыбной продукции – не менее 80 % [36].

Если учесть, что основными продуктами являются первые три категории, тогда, грубо говоря, импорт продовольствия в нашей стране должен составлять не более 15%. Ниже будет проведен анализ выполнения заявленных значений как по отдельным регионам, так и в целом по стране.

### **Состояние продовольственной безопасности в регионах России**

Анализ проведен с учетом данных, опубликованных в литературных источниках, и данных Федеральной службы государственной статистики. Под *продовольственной безопасностью региона* следует понимать «способность региональной системы гарантированно снабжать население продовольственным обеспечением в пределах установленных норм, с помощью рационального сочетания собственных и внешних поставок продуктов питания» [12].

Проанализировав различные источники, было выяснено, производством каких продуктов в большей степени обладает та или иная область. Несмотря на то, что в данной литературе года немного разнятся, мы можем сделать общий вывод в связи с тем, что, например, производство мяса остается более-менее стабильным в пределах нескольких лет, а урожайность зависит от погодных условий в конкретном году.

В **Брянской области** наблюдается увеличение производства мяса в 2015 году на 49,9% по сравнению с 2014 годом, а его импорт – на 17,4 %. Производственное и личное потребление остается примерно на одинаковом уровне. Вывоз увеличился на 64,5%.

Производство молока в 2015 году уменьшилось на 13,7% по сравнению с 2010 годом и на 6,9% – с 2014. Увеличился импорт молока на 70,9% по сравнению с 2010 годом и на 14,4% – с 2014. При поддержке региональных властей выплачиваются субсидии.

Производство картофеля увеличилось на 87,4% и 17,1% в сравнении с 2010 и 2014 годами соответственно. Импорт уменьшился примерно на 30%, а

экспорт увеличился в 2,3 раза. Производственное потребление увеличилось на 13% и на 1,8%, а личное – уменьшилось на 10,9% и 2,8%.

В целом, в Брянской области наблюдается высокий уровень самообеспечения продовольствием [7].

На территории **Волгоградской области** сельское хозяйство имеет важное значение не только для жителей области, но и для всего Южного федерального округа.

Объем производства зерновых культур упал более чем на 50% по сравнению с 2012 годом вследствие снижения урожайности и посевных площадей сельхозпредприятиями области из-за увеличения импорта и трудностей хранения. Наблюдается рост производства овощей – на 16,1 %. По другим видам сельскохозяйственной продукции практически нет изменений, за исключением производства картофеля – оно выросло на 22,7%.

Потребление основных продуктов питания в Волгоградской области, в целом, соответствует рациональным нормам, за исключением молока. Из-за роста индекса потребительских цен существуют *угрозы для населения по экономической доступности* продовольствия [8, 9].

**Вологодская область** включает в себя 26 районов с разной площадью посевов, урожайностью и расстоянием до центров зоны [10]. Площадь посевов достаточная, но *существует нехватка мощностей по переработке муки*. Планируется к 2030 году увеличить их в 4 раза, иначе эта ситуация будет представлять угрозу продовольственной безопасности Вологодской области.

Так как **Калининградская область** является полуэксклавом, в ней импорт преобладает над экспортом (82,3% и 17,7% соответственно). Местное сельское хозяйство не справляется с поддержанием доктринальных норм по таким продуктам, как мясо, молоко и зерно. Однако потребление мяса, сахара и масла оказывается выше нормы, в то время как картофеля, молока и зерна явно не хватает. Это наталкивает на мысль о переработке потребительской корзины для данного региона [11].

Проанализировав данные по **Кемеровской области**, можем отметить, что в регионе достигнута самообеспеченность по зерну, картофелю, овощам и яйцам. Причем производство последних увеличилось на 30% в сравнении с 2009 годом. Тем не менее самообеспеченность региона понизилась из-за увеличения экспорта молока. Также в области существует проблема задолженности по заработной плате, что влияет на экономическую доступность продуктов питания. В Сибирском федеральном округе Кемеровская область находится на низкой позиции, наблюдается *большой уровень инфляции* (2015 г. к 2013 г. на 28,7%). Считается невозможным полное продовольственное самообеспечение. Необходимо внедрять инновационную деятельность в сельском хозяйстве. На данный момент формируются новые птицефабрики [12-15].

В **Костромской области** производство овощей и мясопродуктов занимает наибольший объем в структуре сельского хозяйства – 46% и 38% соответственно. Но, к сожалению, происходит сокращение мясопроизводства, а также уменьшение сельскохозяйственных организаций. Около 15 лет назад область занимала 2 место по производству яиц и 3 место по овощам в Российской Федерации, но сейчас позиции упали до 28 и 42 мест. Причинами могут быть как рост производства в других областях Российской Федерации, так и сокращение продуктов питания в Костромской области. Потребление мясных продуктов на 40% ниже нормы, установленной Федеральным законом РФ № 227-ФЗ. В области производятся такие продукты, как яйца, молоко, мясо, картофель и овощи, остальные ввозятся из других регионов. Костромская область обеспечена за счет собственного производства только по картофелю, овощам и яйцу на протяжении последних 10 лет [16, 17].

В **Республике Крым** наблюдается критический уровень продовольственной безопасности: мясо, молоко, рыбная продукция превышают допустимые пороговые значения по их импорту [19].

В таблицах 3.3-3.8 приведены данные по динамике производства и потребления основных продуктов питания в отдельных областях Российской Федерации.

Таблица 3.3

Производство основных продуктов питания по областям РФ

	<b>Брянская область</b>	<b>Волгоградская область</b>	<b>Кемеровская область</b>	<b>Костромская область</b>
	2015 г. к 2010 г., %	2012г. к 2010 г., %	2013 г. к 2009 г., %	2014 г. к 2010 г.,%
<i>Мясо и мясопродукты</i>				
Производство	в 3 раза	-0,4	1,48	-39
Ввоз	+7		2,1	
Вывоз	в 4 раза		15,49	
Личное потребление	+0,8		15,63	
<i>Молоко и молокопродукты</i>				
Производство	-13,7	4,4	-3,56	-22
Ввоз	+70,9		7,09	
Вывоз	+70,5		57	
Личное потребление	-14,9		-2,61	
<i>Картофель</i>				
Производство	+87,4	22,7	+32	+45
Ввоз	-28,2			
Потери	в 2,3 раза			
Вывоз	в 2,3 раза			
Личное потребление	-10,9		-2,26	
<i>Зерновые культуры</i>				
Производство		-53,3	+70	
<i>Овощи</i>				
Производство		16,1		
<i>Яйца</i>				
Производство		+0,09	+30	+15

Таблица 3.4

Оценка самообеспеченности продовольствием областей РФ, %

	Нормы	<b>Брянская область, 2015 год</b>	<b>Калининградская область, 2013 год</b>	<b>Кемеровская область, 2013 год</b>	<b>Костромская область, 2014 год</b>
Зерно	95	105,2	Выше нормы	100,1	Ниже нормы
Картофель	95	135,7	136,6	109,7	117
Овощи	80	81,9	<i>51,3*</i>	91,4	100
Мясо	85	154,3	72,7	43,8	59
Молоко	90	108,4	47,2	55,6	58
Яйца	80	86,2	78,7	124,7	123

\*курсивом выделены значения ниже нормы



Анализ некоторых исследователей был услышан руководителями отдельных регионов. Ситуация за 3 года изменилась кардинальным образом. Например, в Калининградской области по данным на ноябрь 2016 года улучшается полная самообеспеченность по зерну, молочным продуктам, мясу и картофелю [37].

В табл. 3.5, 3.6 представлены соответствия норм и фактического потребления продуктов питания на душу населения в год по отдельным областям и РФ в целом. Как следует из таблиц, на сегодняшний день потребление молока, овощей и хлебных продуктов не соответствует заявленным нормам.

Таблица 3.5

Соответствие норм и фактического потребления продуктов питания на душу населения в год, кг

	Российская Федерация, 2012 год		Волгоградская область, 2012 год		Калининградская область, 2013 год	
	Нормы	Фактически	Нормы	Фактически	Нормы ИП РАМН	Фактически
Хлебные продукты	126,5	<i>119*</i>	95-105	127	100	<i>96,1</i>
Картофель	100,4	111	95-100	134	97,5	<i>77,5</i>
Овощи	114,6	<i>109</i>	120-140	167	130	<i>113,2</i>
Мясо	58,6	74	70-75	76	72,5	<i>109,4</i>
Молоко	290	<i>249</i>	320-340	<i>201</i>	330	<i>291,7</i>
Яйца, шт.	210	276	260	305	260	<i>248</i>
Сахар	23,8	40	24-28	34	26	<i>33,6</i>

\*курсивом выделены значения ниже нормы

Таблица 3.6

Соответствие норм и фактического потребления продуктов питания на душу населения в год, кг

	Кемеровская область, 2013 год		Костромская область, 2014 год		Тамбовская область, 2013 год	
	Нормы	Фактически	Нормы	Фактически	Нормы	Фактически
Хлебные продукты	95	124	126,5	<i>102</i>	100	<i>91,8</i>
Картофель	95	130	95-100	114	97,5	<i>73,1</i>
Овощи	120	<i>80*</i>	120-140	130	130	<i>77,7</i>
Мясо	70	74	70-75	<i>43</i>	72,5	<i>71</i>
Молоко	320	<i>224</i>	320-340	<i>192</i>	330	<i>224,4</i>
Яйца, шт.	260	268	260	321	260	<i>185</i>
Сахар	24	34	24-28	27	26	<i>27,3</i>
Масло	10	10,2	10-12	8,5	11	<i>7,9</i>

\*курсивом выделены значения ниже нормы

В табл. 3.7, 3.8 представлены данные по производству продуктов питания в отдельных регионах РФ. По ЮФО наибольшее количество овощей производится в Волгоградской области, а зерновых культур – в Краснодарском крае [9].

Таблица 3.7

Производство продуктов питания по ЮФО, 2013 год, тыс. тонн [9]

Регион	Картофель	Зерновые культуры	Овощи
Российская Федерация, млн. т	29,5	70,9	14,6
ЮФО в целом	1717,9	17936,5	3167,3
Волгоградская область	401,1	2422,7	<b>829,1</b>
Республика Адыгея	36,7	323,4	71,3
Республика Калмыкия	6,2	159,9	18,9
Краснодарский край	<b>581,5</b>	<b>8839,2</b>	753,6
Астраханская область	291,5	31,8	811,3
Ростовская область	400,9	6159,5	683,1

Таблица 3.8

Производство продуктов питания по регионам, 2012 год, тыс. тонн

	Производство					
	Мясо	Картофель	Овощи	Молоко	Яйца	Зерно
Брянск	121,4					
Волгоградская область	145,6	401,1	<b>829,1</b>	521,2	778,3	
Калининград	46,3	137,6	61,8	148,6	181,2	222,1
Кемеровская область	87,7			382,5		
Курская область	120,6			394,2		2844,2
Белгородская область	<b>1021,4</b>	454,1	181,3	557,7		2498,4
Воронежская область	223,9	<b>1423,6</b>	401,7	<b>742,4</b>		<b>3111,3</b>
Оренбургская область	142,6			861,1		739,6
Свердловская область		801,5		652,4		
Томская область	87,5	244,3	84,4	138,8	114,5	

В литературных источниках описываются 2 модели. Одна из них связана с коэффициентом Джини (характеризует разброс, неравномерность распределения продуктов питания) для анализа количественных характеристик продовольственной безопасности в Новгородской области [4]. Также предлагается матричная модель, описывающая линейное производство и распределение продуктов [5].

За последние годы Россия поднялась по позициям в мировом производстве пшеницы (табл. 3.9, рис. 3.1) [23]. Если мы будем придерживаться данной стратегии, то сможем с Европой торговать зерном, а не нефтью. Россия, в целом, обеспечивает себя зерном в отличие от таких стран, как Китай, Индия.

Таблица 3.9

Страны с наибольшим потреблением/производством пшеницы [23]

№	Страна	Пшеница, млн. тонн, 2013-2014	
		Производство	Потребление
1	Евросоюз	143,06	114,6
2	Китай	121,93	123,33
3	Индия	93,51	93,74
4	США	58,11	34,23
5	Россия	52,1	34,55
6	Пакистан	24,0	23,93
7	Украина	22,28	11,9
8	Турция	18,75	18,33

Следующие гистограммы, изображенные на рис. 3.1-3.10, 3.12 составлены по статистическим данным, представленным на сайте Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций [38].

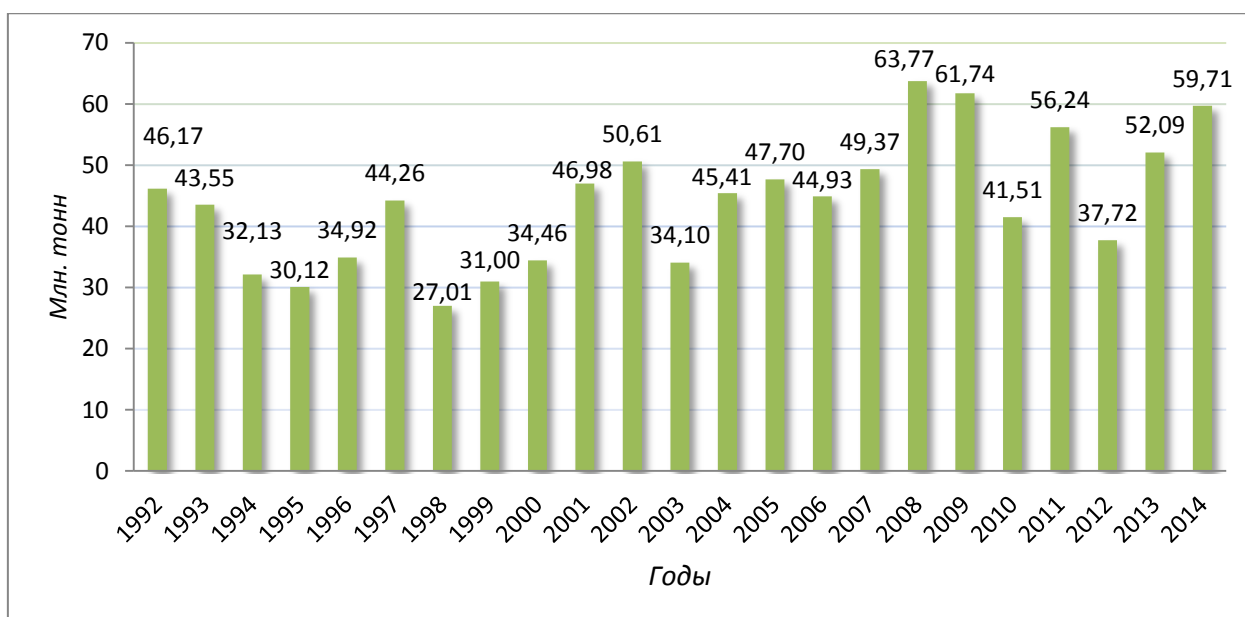


Рис. 3.1. Производство пшеницы в России, млн. тонн.

На сегодняшний день ситуация такова: производство мяса крупного рогатого скота падает (рис. 3.2), но наблюдается его рост в ряде других стран. Таким образом, они наращивают свои мощности и будут увеличивать импорт, что негативно сказывается на продовольственной безопасности России по импорту продовольствия в условиях рыночных взаимоотношений.

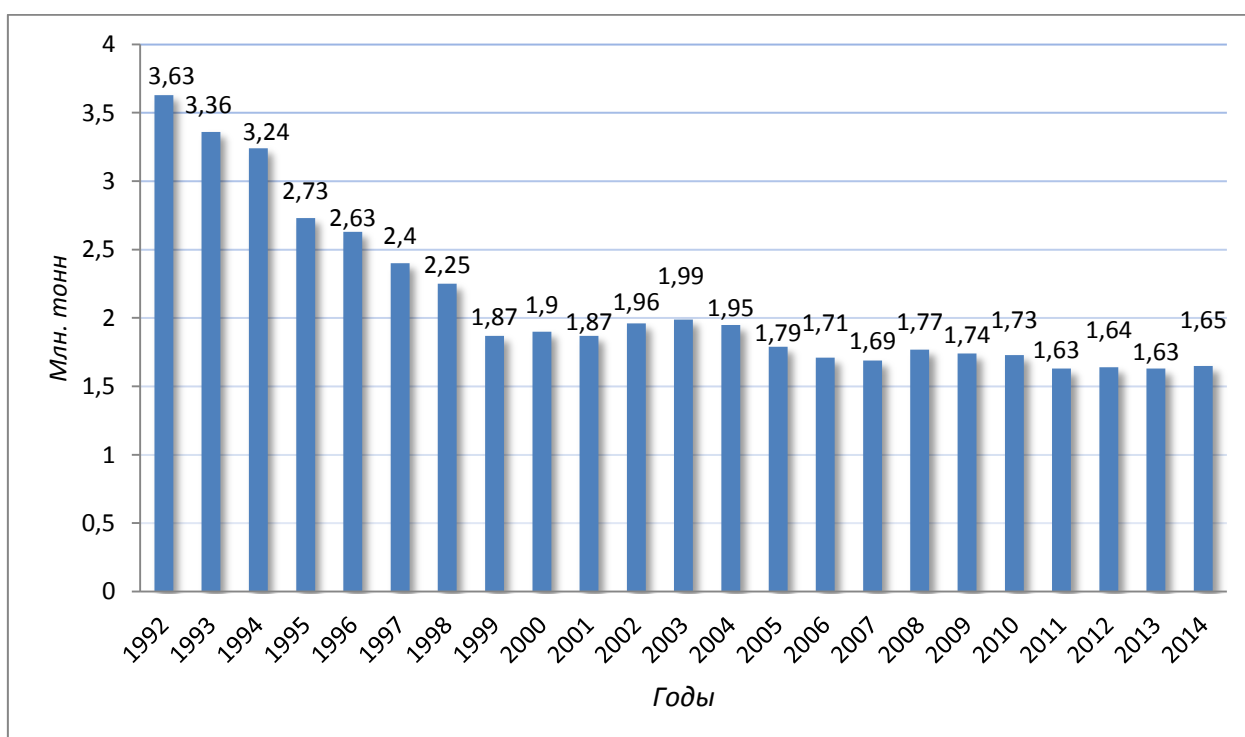


Рис. 3.2. Производство мяса крупного рогатого скота в России, млн. тонн.

Используя данные рис. 3.2 и 3.3, проанализируем долю импорта мяса крупного рогатого скота. На сайте Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций [38] имеются данные по его производству за 23 года. Путем несложных вычислений получаем, что импорт мяса КРС за этот период составил около 10 %. Это допустимое значение.

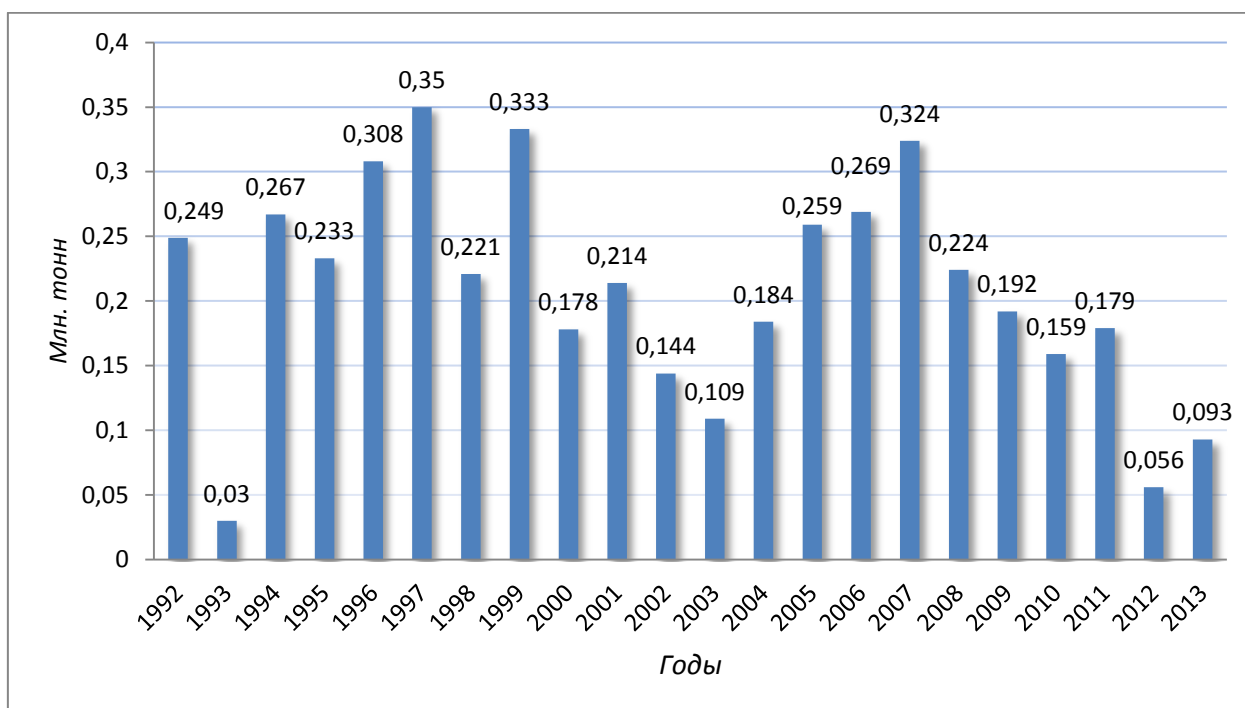


Рис. 3.3. Импорт мяса КРС в России, млн. тонн.

Из рис. 3.4 видно, что производство мяса птицы выросло в 6 раз по сравнению с 1997 годом и в 2,5 раза по сравнению с 1992 годом. Согласно таблице калорийности продуктов, 100 грамм мяса птицы составляет примерно 165 ккал, что почти равно энергетической ценности говядины (187 ккал на 100 грамм), а стоит первое в два раза дешевле. Это говорит о том, что с точки зрения экономики проще купить мясо птицы. А вот калорийность свинины составляет 300-400 ккал, в зависимости от ее жирности [39].

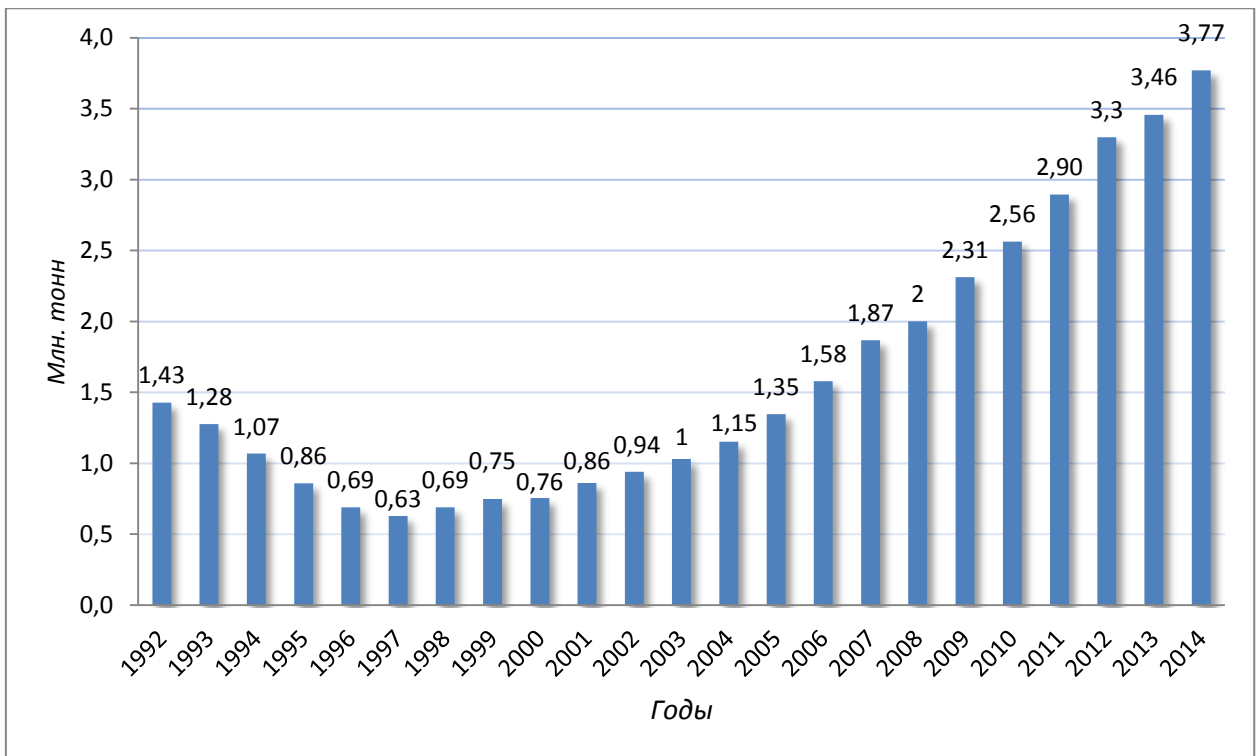


Рис. 3.4. Производство мяса птицы в России, млн. тонн.

Таким образом, производство свинины и мяса птицы растет, но значительно увеличить производство мяса крупного рогатого скота пока не удастся (рис. 3.2-3.5).

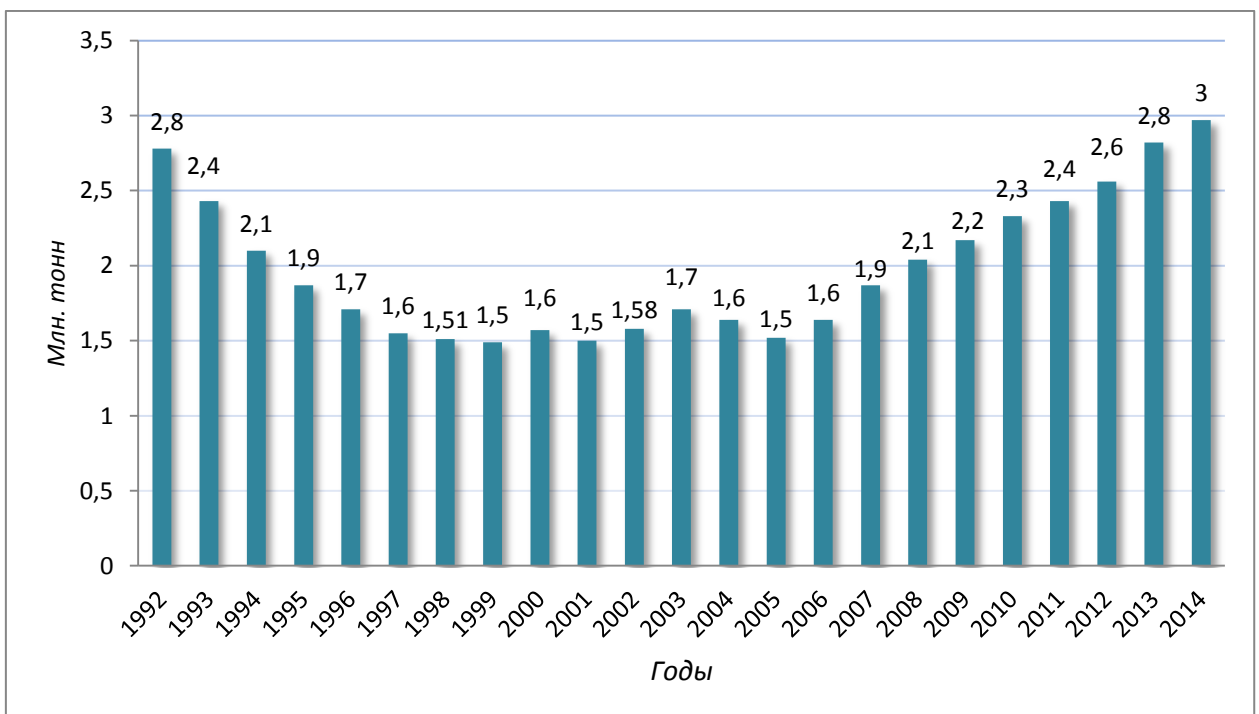


Рис. 3.5. Производство свинины в России, млн. тонн.

Согласно рис. 3.6, за последние несколько лет появилась небольшая доля экспорта мяса крупного рогатого скота, значит, производство начинает налаживаться. В России не только поддерживается уровень продовольствия, но и есть возможность получать прибыль за экспорт, и на вырученные деньги впоследствии развивать сельское хозяйство. Но это в будущем, а на данный момент производство мяса направлено на внутреннее потребление.

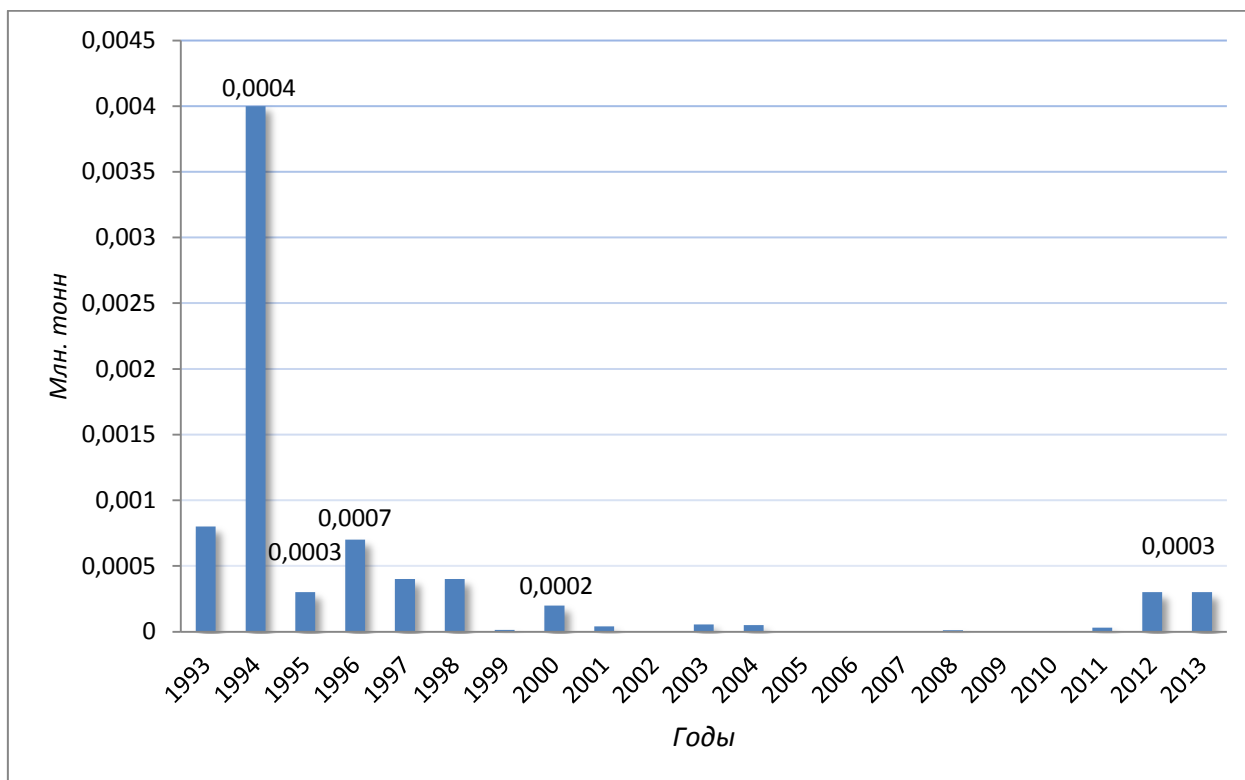


Рис. 3.6. Экспорт мяса КРС в России, млн. тонн.

Несмотря на то, что урожай пшеницы растет, площадь пахотных земель убывает (рис. 3.7). За 12 лет потеря составила около 25%. Это сказывается на будущих урожаях и на количестве крупного рогатого скота, показатели по которому не выполняются.

На рис. 3.8 представлена динамика производства молока в России, а на рис. 3.9 – динамика производства картофеля.

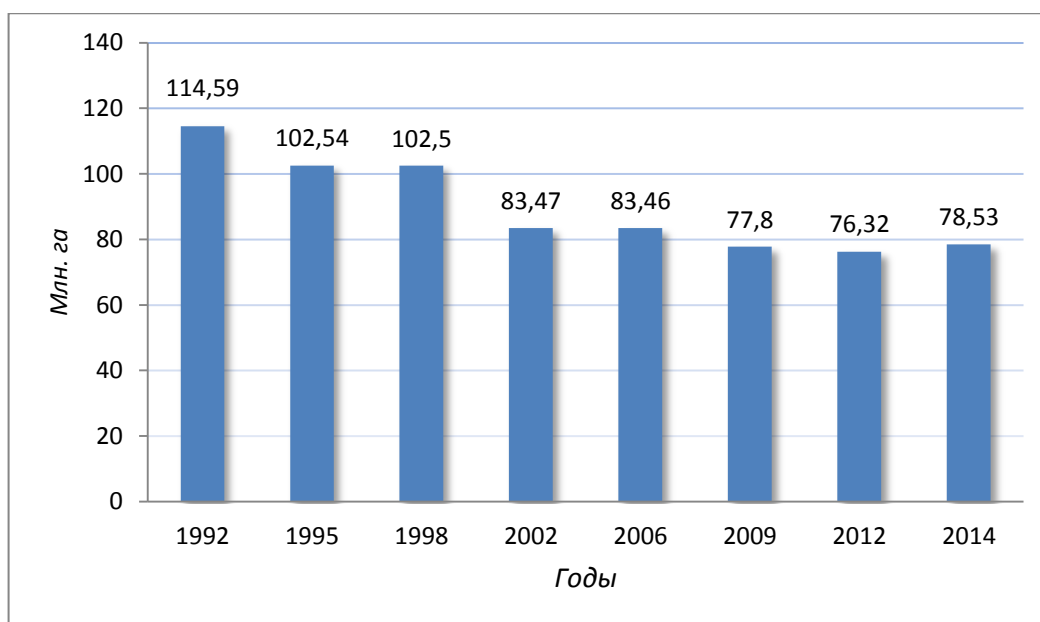


Рис. 3.7. Площадь пахотных земель, млн. га.

Согласно данным по потреблению молока на душу населения, его производство падает (табл. 3.5). Это видно и из статистических данных за 23 года (рис. 3.8). Пожалуй, производство молока – одна из самых слабых позиций на сегодняшний день в Российской Федерации.

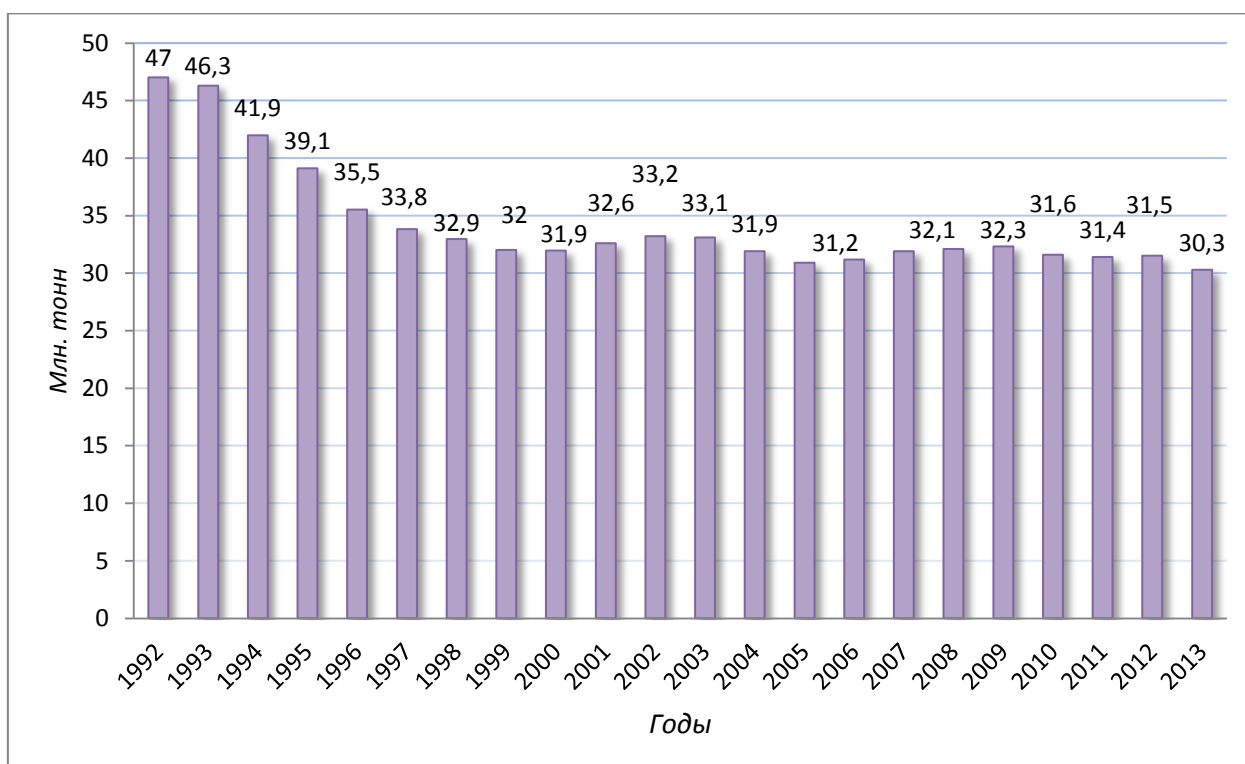


Рис. 3.8. Производство молока в России, млн. тонн.



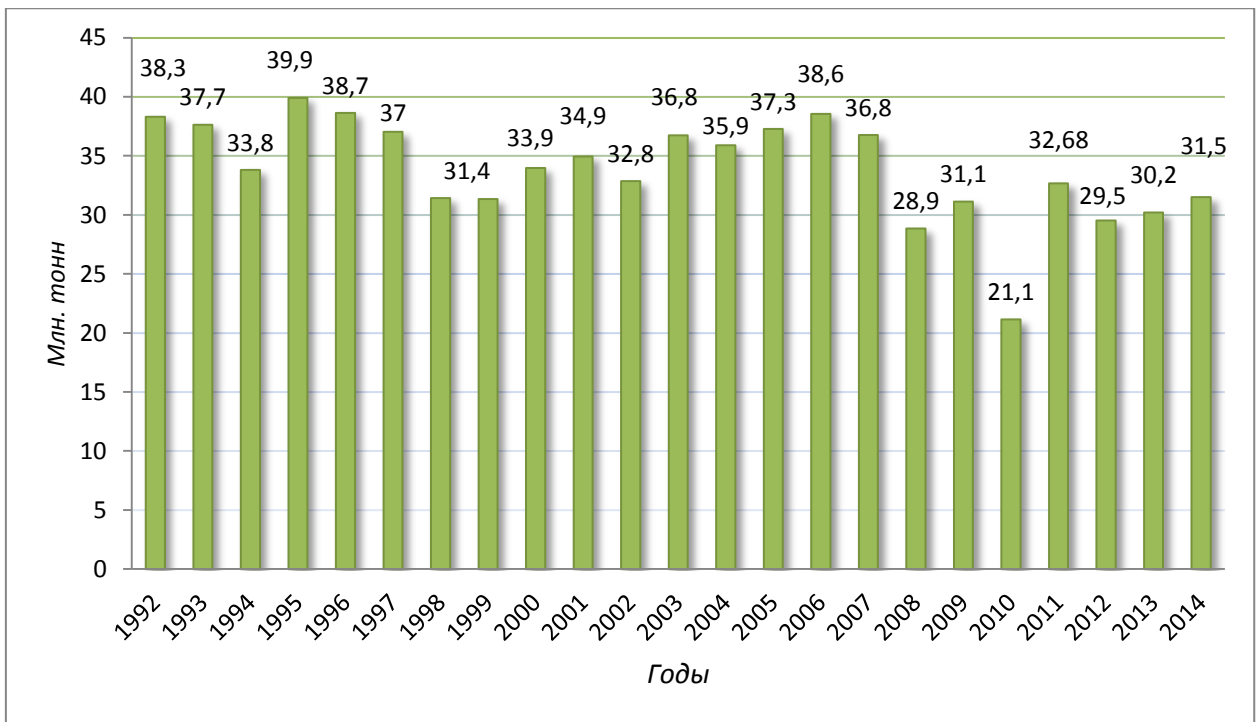


Рис. 3.9. Производство картофеля в России, млн. тонн.

Колебания производства картошки зависят от урожайности в конкретном году. Но, в целом, нормы потребления по картофелю выполняются.

Потребление овощей в 2013 г. выросло на 25% по сравнению с 1999 г., потребление мяса – на 40 % (рис. 3.10).

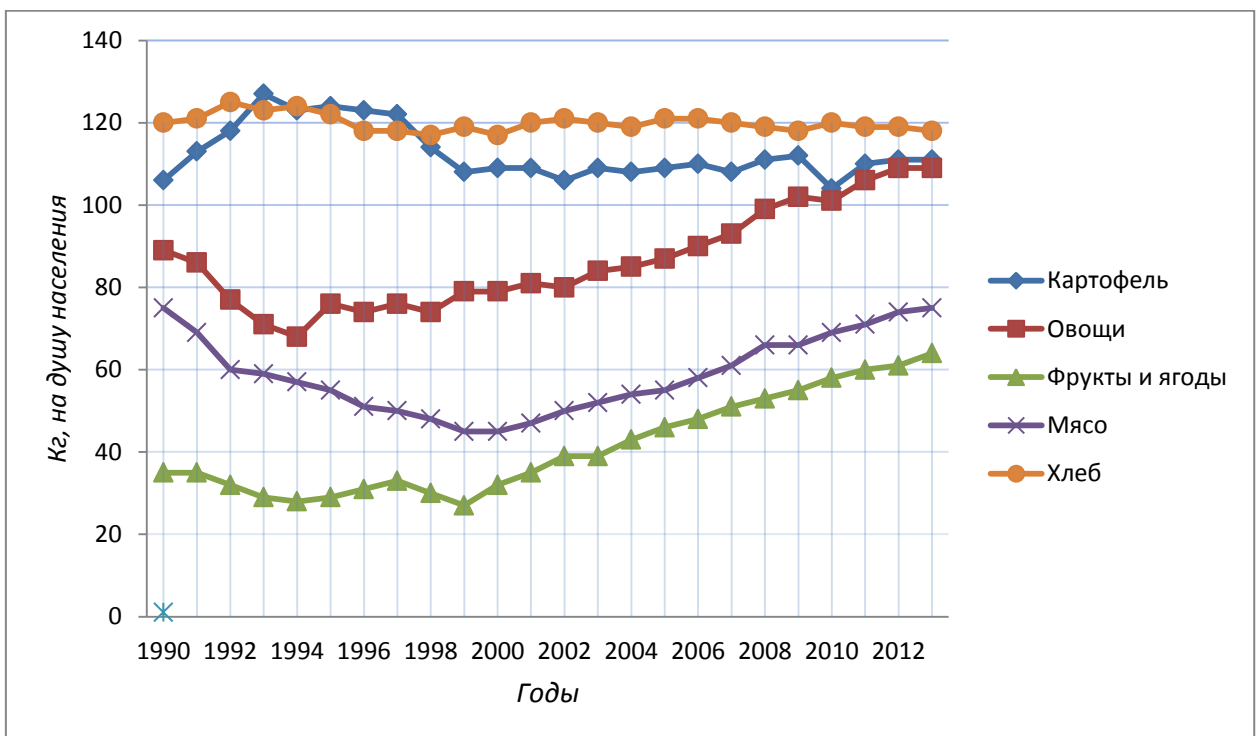


Рис. 3.10. Потребление основных продуктов питания по РФ, на душу населения в год, кг.

Была изучена статистика численности населения России (табл. 3.10) за период с 1950 по 2015 гг.

Таблица 3.10

Численность населения России, млн. чел.

<i>Годы</i>	<i>1950</i>	<i>1960</i>	<i>1970</i>	<i>1980</i>	<i>1990</i>	<i>2000</i>	<i>2009</i>
Млн. чел.	101,438	119,046	129,941	138,127	147,665	146,890	142,737
<i>Годы</i>	<i>2010</i>	<i>2011</i>	<i>2012</i>	<i>2013</i>	<i>2014</i>	<i>2015</i>	<i>2016</i>
Млн. чел.	142,834	142,865	143,056	143,347	143,700	146,267	146,545

Как видно из рис. 3.11, с 2010 года численность населения России растет. На 1 января 2017 года по оценке Федеральной службы государственной статистики (Росстата) в России 146 838 933 постоянных жителя [40, 41]. Численность населения увеличилась незначительно при существенном росте производства. Значит, в ближайшее время критической продовольственной ситуации не предвидится.

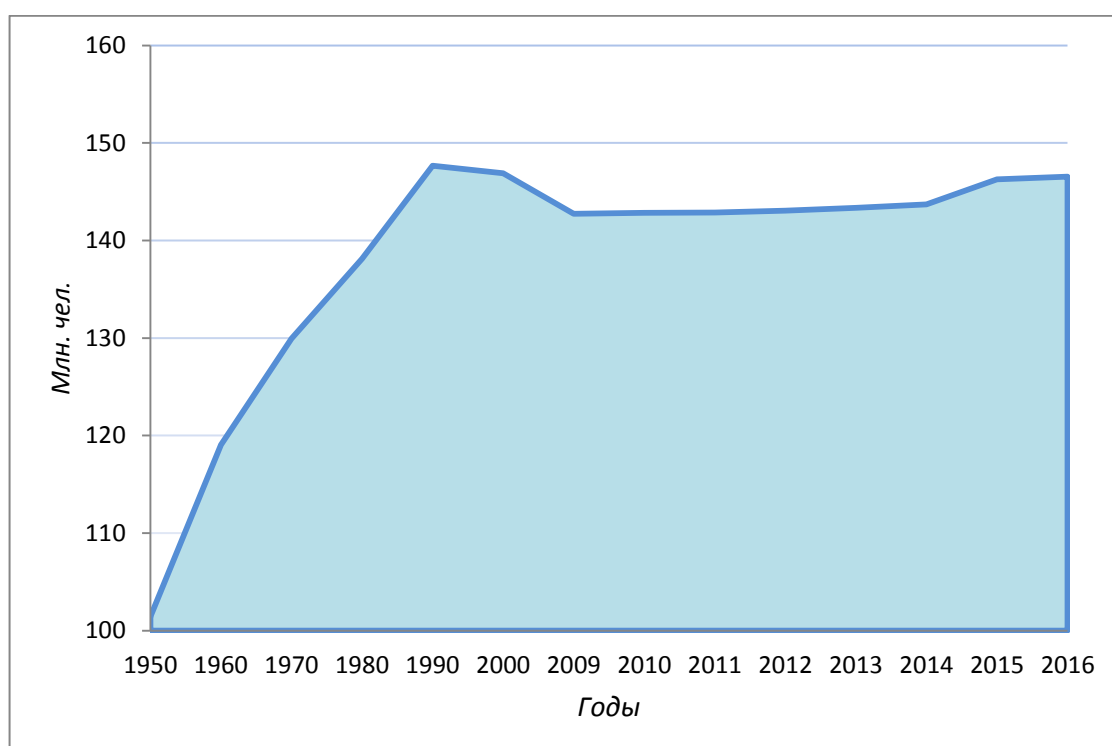


Рис.3.11. Численность населения России, млн. чел.

Зарубежные страны тоже решают свои проблемы (рис. 3.12) – Китаю не хватает мяса на душу населения, но, тем не менее, у них увеличивается стадо крупного рогатого скота. США тоже увеличивают производственные

мощности мяса, но пропорционально численности населения, которая вдвое больше численности населения России.

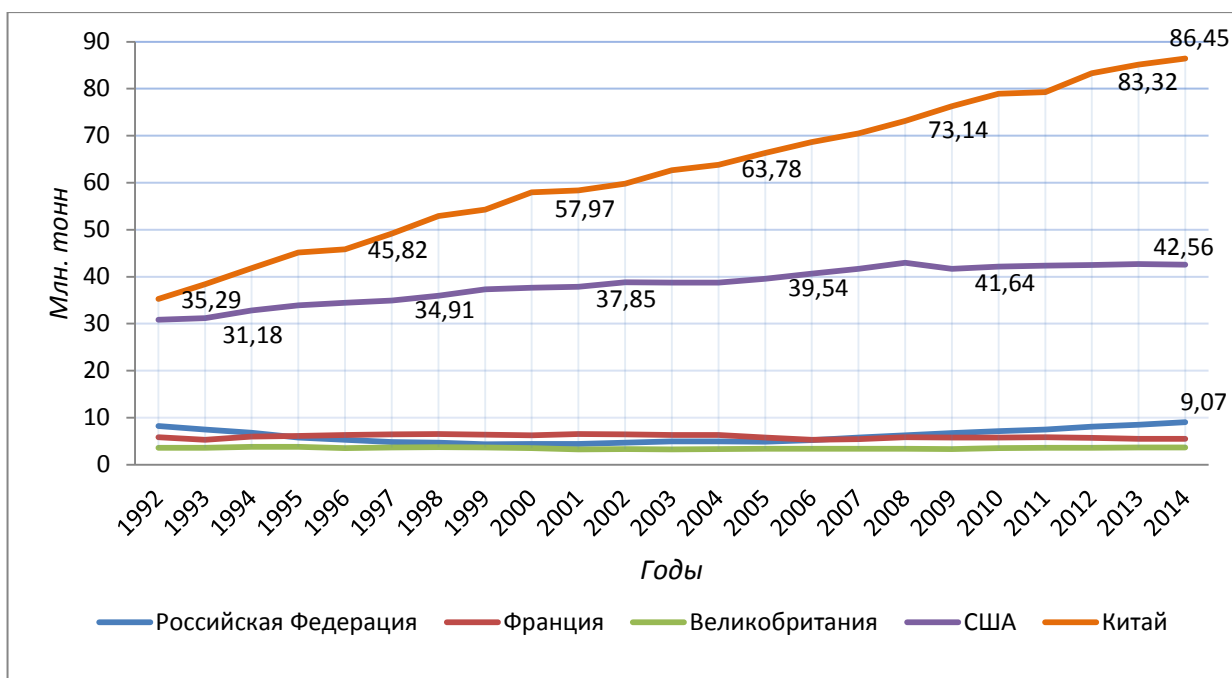


Рис. 3.12. Динамика производства мяса в разных странах.

Китай и США по-прежнему увеличивают производство молока, обеспечивая тем самым свою продовольственную независимость (рис. 3.13).

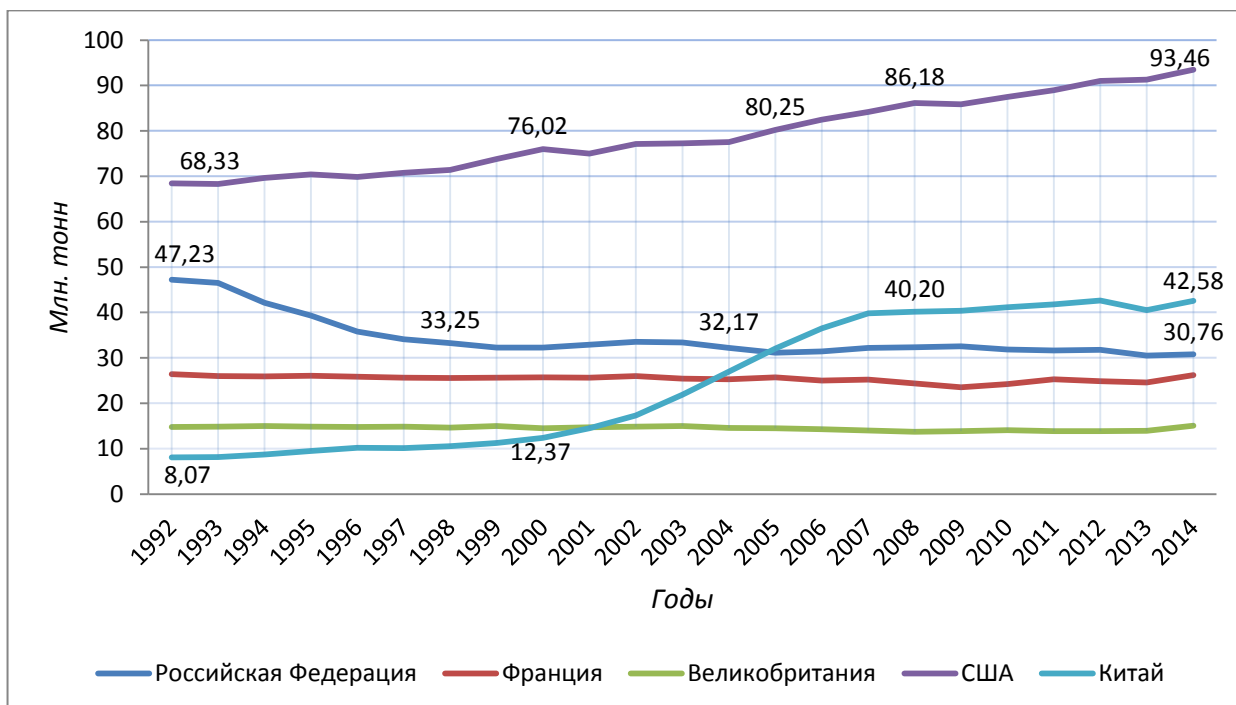


Рис. 3.13. Динамика производства молока в разных странах.

На рис. 3.14 представлена динамика производства сахара. Овощи и фрукты не входят в основные продукты питания, ограничения по импорту которых представлены в доктрине, но в Китае и США также наблюдается их рост (рис. 3.15-3.17). По производству овощей лидирует Китай, но и численность населения у него значительно больше.

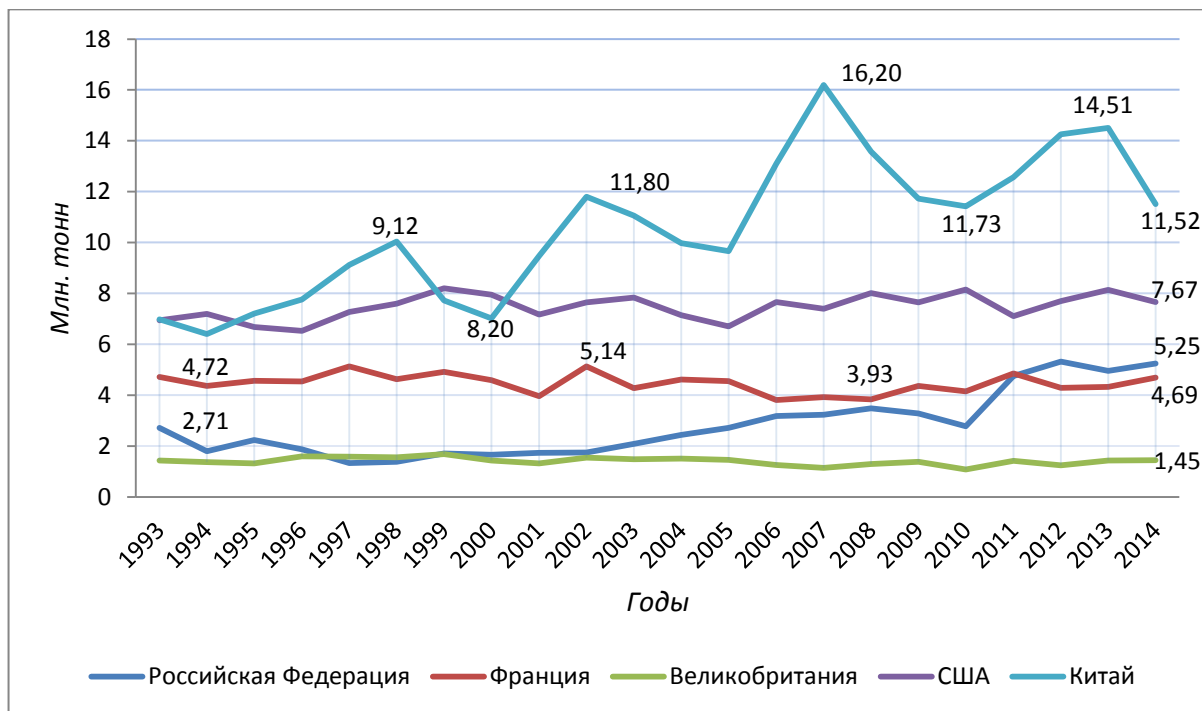


Рис. 3.14. Динамика производства сахара и сахаросодержащих продуктов.

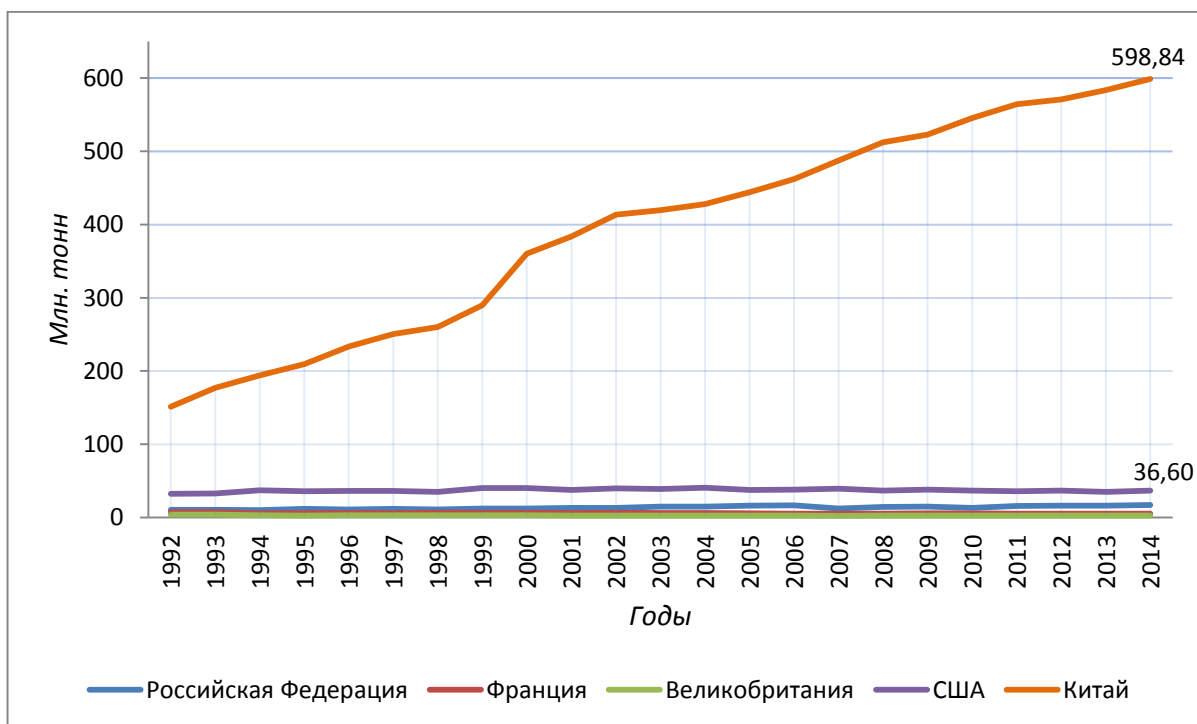


Рис.3.15. Динамика производства овощей в разных странах.

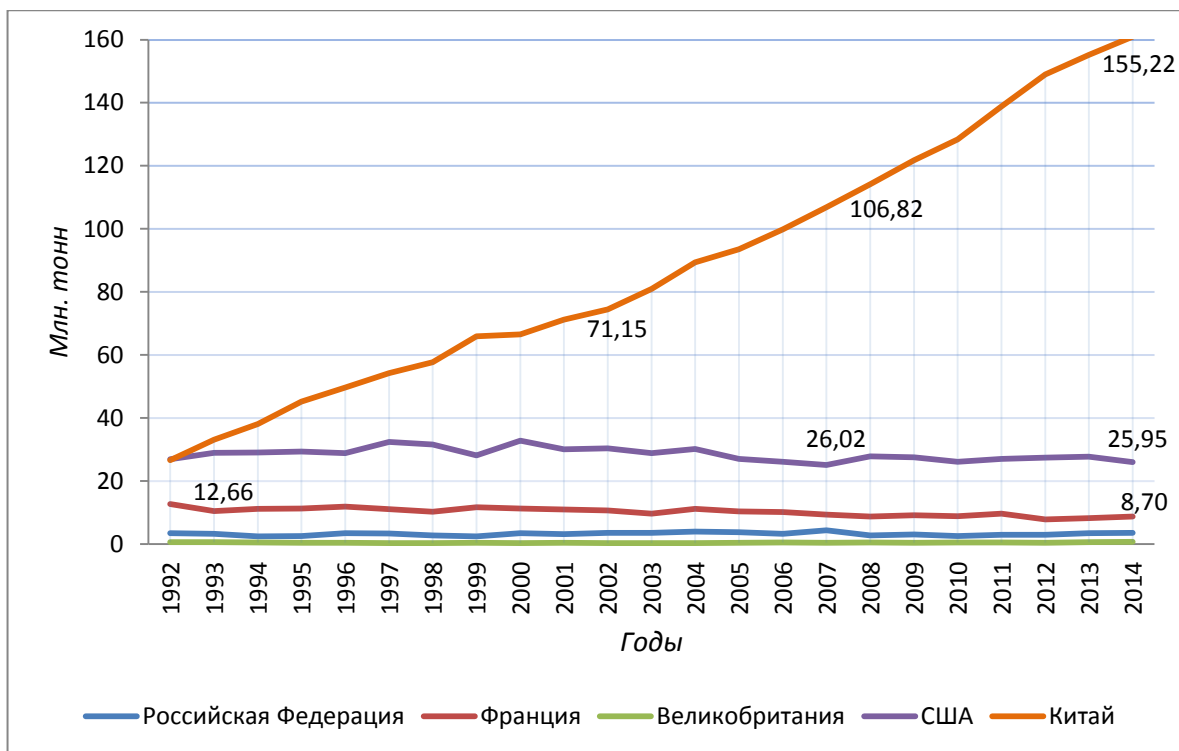


Рис. 3.16. Динамика производства фруктов в разных странах.

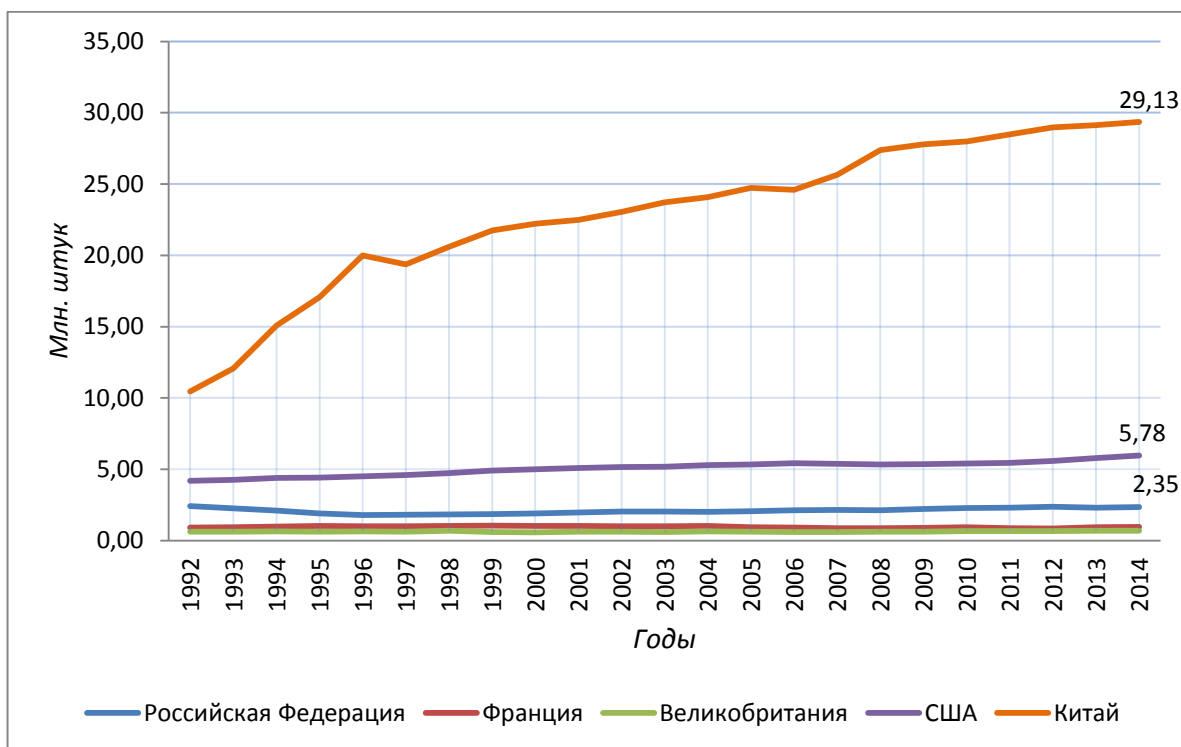


Рис. 3.17. Динамика производства яиц в разных странах.

По размеру посевных площадей Россия находится на третьем месте после США и Китая. Площадь пахотных земель уменьшается, это отразится на будущих поколениях.

В США урожайность составляет 35 центнеров с гектара, то есть в 3 раза больше, чем в России. Соответственно, производится больше зерна на душу населения. Таким образом, мы не «защищены» от импорта из таких стран, как США, Аргентина, Канада в условиях рыночных отношений.

Стоит также отметить, что существующий уровень потребления продуктов питания далеко не во всем совпадает с рациональными нормами потребления. Такое несоответствие может быть объяснено и тем, что часть населения находится за чертой бедности.

Одним из направлений доктрины продовольственной безопасности является качество продовольствия. Вторая половина XX века знаменита мировым введением минеральных удобрений и пестицидов. Рост химизации стал причиной повышения урожайности (в развитых странах она составила около 30%), однако с другой стороны повлек за собой загрязнение не только земельных участков, но и продуктов питания. А это негативно сказалось на здоровье людей, которые получили продовольствие с "химической начинкой". Причем страны, не пользующиеся химикатами, тоже почувствовали последствия «эры химизации» в виде импортных зараженных продуктов. [42].

### **3.2. Модель аграрного сектора России**

Основными характеристиками, которые рассматриваются в модели, являются численность населения, пищевые ресурсы, пищевые ресурсы из-за зарубежья. В модели также учитываются уменьшение пахотных площадей и скорость потребления продуктов питания.

Вводим  $N$  – численность населения,  $F$  – пищевые ресурсы,  $F_T$  – пищевые ресурсы из-за зарубежья за счет торговли,  $K$  – емкость среды. Примем, что изменение численности населения страны описывается уравнением

$$\frac{dN}{dt} = \mu_N N \left( \frac{F}{a_1 + F} - \frac{N}{K} \right), \quad (3.1)$$

в котором  $F$  – трофический ресурс,  $K$  – емкость среды,  $\mu_N$  – удельная скорость роста населения,  $a_1$  – постоянная.

Трофическая функция

$$f(F) = \frac{F}{a_1 + F}$$

при  $F = 0$  обращается в ноль, а при  $F \rightarrow \infty$  стремится к единице. То есть в отсутствие трофического ресурса прирост популяции не происходит, а при избытке трофического ресурса рост популяции от ресурса не зависит. В отсутствие природных и техногенных катастроф, социальных потрясений считается, что емкость среды  $K = 1$ . Так что при  $K = 1$  и  $F \rightarrow \infty$  уравнение (3.1) переходит в логистическое.

Примем, что скорость изменения трофического ресурса зависит от его производства населением, от расходования населением и от поступления ресурса из внешних источников. Примем, что

$$\frac{dF}{dt} = \mu_F F \left( \frac{N}{a_2 + N} - F \right) - \gamma \mu_N N \frac{F}{a_1 + F} + \alpha_1 F_T N.$$

В этом уравнении слагаемое  $\mu_F F \frac{N}{a_2 + N}$  представляет скорость восстановления трофического ресурса населением,  $\mu_F F \left( \frac{N}{a_2 + N} - F \right)$  – скорость изменения трофического ресурса. Предполагается, что его максимальное значение обусловлено его природной ограниченностью. Слагаемое  $\gamma \mu_N N \frac{F}{a_1 + F}$  – скорость уменьшения трофического ресурса, обусловленное его потреблением населением. Слагаемое  $\alpha_1 F_T N$  – скорость поступления трофического ресурса из внешних источников. Считается, что она пропорциональна внешнему трофическому ресурсу и численности населения.

Примем, что внешний трофический ресурс пополняется со скоростью  $\mu_T F_{T0}$ , потребляется населением со скоростью  $\alpha_1 F_T N$ , а в случае отсутствия его потребления принимает значение  $F_{T0}$ . Тогда скорость изменения трофического ресурса задается уравнением

$$\frac{dF_T}{dt} = \mu_T(F_{T0} - F_T) - \alpha_1 F_T N.$$

Примем, что емкость среды, в отсутствие внешнего ресурса описывается уравнением

$$\frac{dK}{dt} = \mu_K K^2 (1 - K).$$

Пусть при малых значениях пищевого ресурса емкость среды увеличивается медленно, а при больших значениях пищевого ресурса скорость изменения от ресурса не зависит. Примем также, что при увеличении внешнего ресурса скорость роста емкости среды будет падать, поскольку потребление внутреннего ресурса будет уменьшаться. При этом должно быть учтено пороговое значение внешнего ресурса, превышение которого приведет к уменьшению емкости среды. С учетом этих предположений уравнение для скорости изменения трофического ресурса примет вид

$$\frac{dK}{dt} = \mu_K K \left( \frac{F}{F + F_T} - K \right) \left( K - \beta \frac{F_T}{F_T + F_{T0}} \right).$$

В этой модели при  $F_T = 0$  и  $F \rightarrow \infty$  емкость среды  $K \rightarrow 1$ . Как следует из уравнения,  $0 \leq F_T \leq F_{T0}$ . Поэтому параметр  $\beta$  характеризует раздел между областями роста и убыли емкости среды.

Таким образом, модель влияния внешнего и внутреннего трофических ресурсов на рост населения представлена системой дифференциальных уравнений (3.2-3.5)

$$\frac{dN}{dt} = \mu_N N \left( \frac{F}{a_1 + F} - \frac{N}{K} \right), \quad (3.2)$$



$$\frac{dF}{dt} = \mu_F F \left( \frac{N}{a_2 + N} - F \right) - \gamma \mu_N N \frac{F}{a_1 + F} + \alpha_1 F_T N, \quad (3.3)$$

$$\frac{dF_T}{dt} = \mu_T (F_{T0} - F_T) - \alpha_1 F_T N, \quad (3.4)$$

$$\frac{dK}{dt} = \mu_K K \left( \frac{F}{F + F_T} - K \right) \left( K - \beta \frac{F_T}{F_T + F_{T0}} \right). \quad (3.5)$$

Константа  $\mu_T$  характеризует скорость поступления внешних ресурсов. При малых значениях этого параметра медленно будет накапливаться и внешний трофический ресурс. Поэтому возможно выполнение неравенства  $K < \beta \frac{F_T}{F_T + F_{T0}}$ . Тогда емкость среды  $K = K(t)$  станет уменьшаться. И как следует из уравнения (3.2), численность населения начнет убывать. В этом случае, согласно уравнению (3.3), уменьшится и скорость роста внутреннего трофического ресурса. При этом при высоких скоростях потребления ресурса (больших  $\gamma$ ) начнет уменьшаться и численность населения.

$$N = 0, F = 0, F_T = F_{T0}, K = 0.5$$

$$\lambda_{1,2} = 0, \lambda_3 = -\mu_T, \lambda_4 = -\frac{\mu_K}{4}$$

На рис. 3.18-3.20 представлены возможные варианты развития сценария, полученные с помощью программы MatLab. По горизонтальной оси отложено время, измеряемое в годах.

На первом рисунке поддерживается уровень продовольственной безопасности с малой долей импорта и со стабильным собственным производством (рис. 3.18).

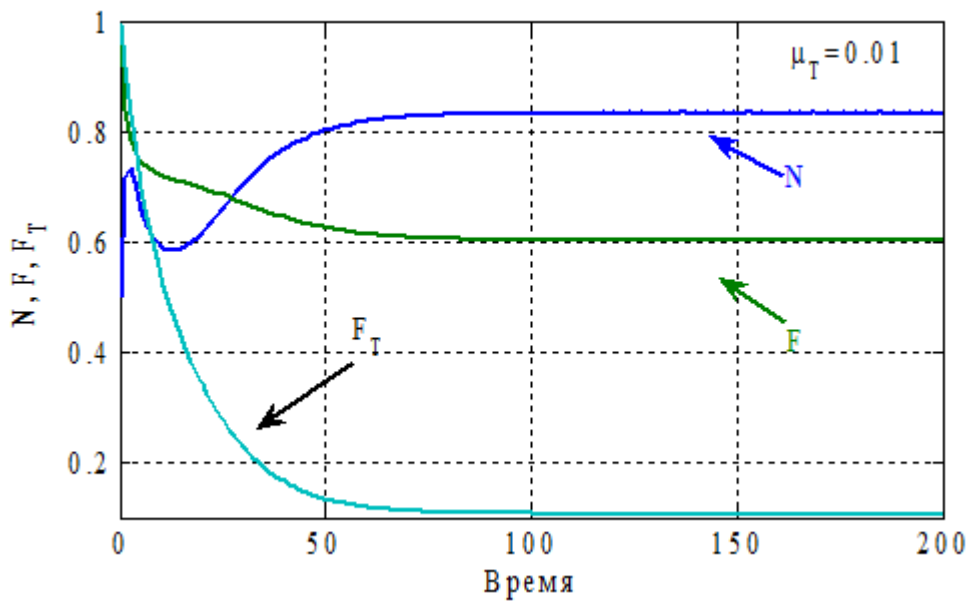


Рис. 3.18. Нормальная ситуация с малой долей импорта.

На рис. 3.19 представлено избыточное потребление трофического ресурса, затем его резкая нехватка, повлекшая за собой уменьшение численности населения, а впоследствии переход только на импорт.

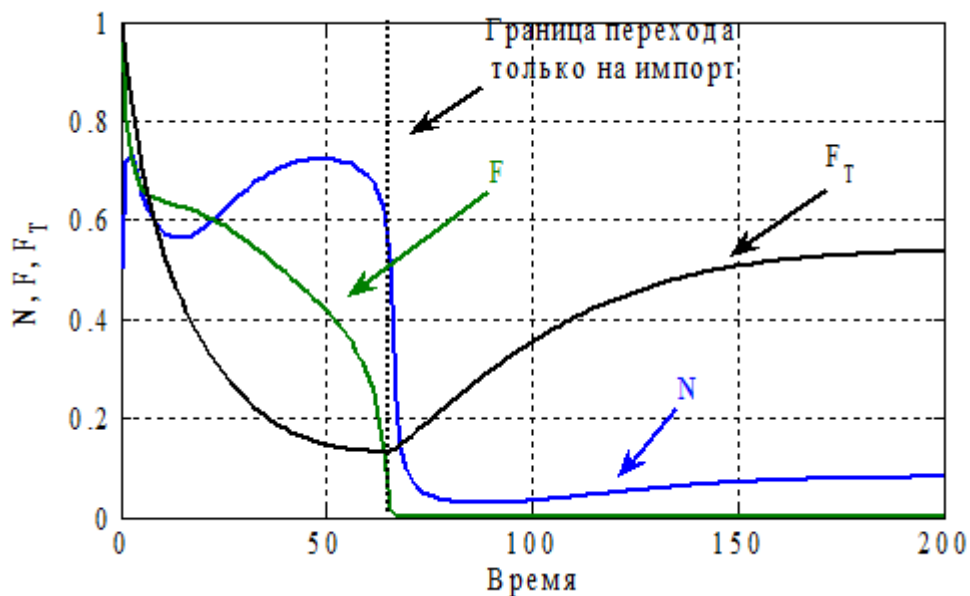


Рис. 3.19. Избыточное потребление. Переход только на импорт.

Падение количества продовольствия влечет за собой уменьшение численности населения. Если стратегия не изменится, то очередная глобальная катастрофа в рамках разработанной модели может наступить через 100-150 лет (рис. 3.20).

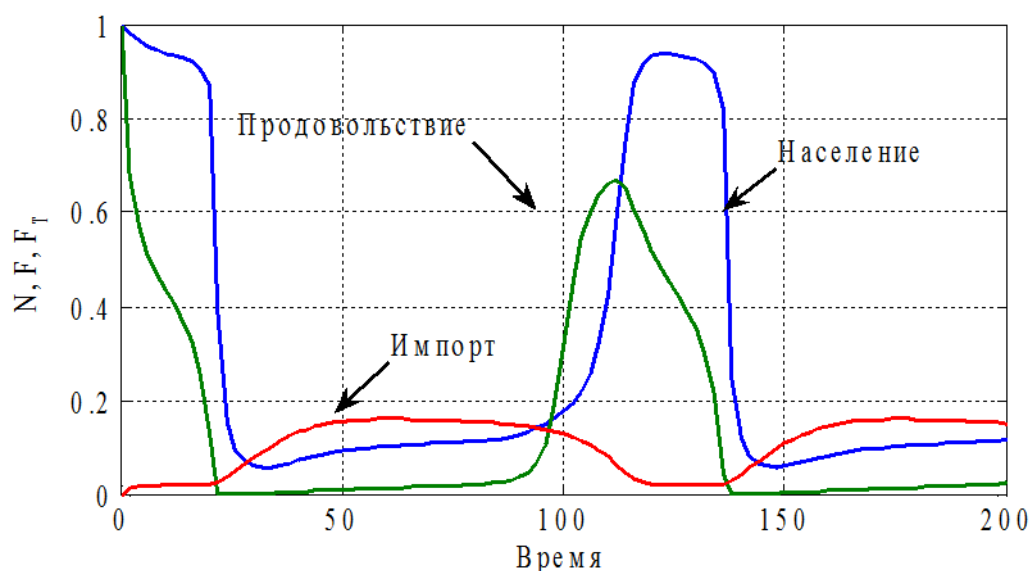


Рис. 3.20. Ухудшение ситуации, наступление глобальной катастрофы.

### 3.3. Выводы

В третьей главе была подробно исследована продовольственная безопасность в регионах и в целом по Российской Федерации согласно доктрине продовольственной безопасности. На сегодняшний день можно сделать вывод, что нормы по производству молока не выполняются, а отечественное производство мясопродуктов находится на пороге выполнения. Тем не менее, объемы картофеля и зерна позволяют поддерживать не только внутреннее потребление, но и вывозить часть продуктов за границу.

Была разработана математическая модель влияния внутреннего и внешнего трофических ресурсов на рост населения в виде системы дифференциальных уравнений (3.2-3.5). С помощью пакета MatLab получены сценарии развития продовольственной ситуации Российской Федерации.

## **Заключение**

Проанализировав источники, мы можем сделать вывод, что на сегодняшний день система обеспечения страны сельскохозяйственной продукцией не удовлетворяет требованиям, которые указаны в доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации по основным направлениям: производство мяса, молока. Сегодняшняя угроза – международные гражданские военные конфликты в ряде стран, которые могут привести к необходимости помогать населению продовольствием на конфликтующих территориях или принять беженцев, что приведет к уменьшению основных показателей. В отдельных регионах страны ситуация может привести к невыполнению индикаторов. Показатели по основным видам продуктов не достигаются. Внутренняя социальная неустойчивость в регионах может привести и к невыполнению доктрины в целом по России.

Как показывает прогноз развития сельскохозяйственных структур, разработанный на основе статистических данных математических моделей, основными критериями неустойчивости следует рассматривать избыточное потребление продуктов населением и избыточный импорт сельскохозяйственной продукции. В дополнение к этому, необходимо изменение стратегии производства и потребления сельскохозяйственной продукции, поскольку неизменность технологий производства может привести к продовольственной катастрофе в будущем.

Продовольственная безопасность может быть обеспечена только улучшением грамотности населения страны, удовлетворением их духовных потребностей, начиная с детского возраста, и повышением ответственности руководителей на всех уровнях.

## Список литературы

1. Назаренко В. И. Продовольственная безопасность (в мире и в России). М.: Памятники исторической мысли, 2011. – 286 с.
2. Римская Декларация по всемирной продовольственной безопасности, 13 ноября 1996 года.
3. Указ Президента Российской Федерации от 01.12.2016 г. № 642  
О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации.
4. Гришакина Н. И., Зарецкая А. С. Интегральная оценка уровня продовольственной безопасности Новгородской области // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. 2013. № 74-1. С. 20-26.
5. Г. В. Гусаков Модель национальной продовольственной безопасности республики Беларусь // Никоновские чтения. 2015. № 20-1 (20). С. 469-472.
6. Турчин П. В. Историческая динамика. На пути к теоретической истории: Пер. с англ. / Под общ. ред. Г. Г. Малинецкого, А. В. Подлазова, С. А. Боринской. Предисл. Г. Г. Малинецкого. – М.: Издательство ЛКИ, 2007. – 368 с.
7. Матюшкина И.А. Продовольственная безопасность как индикатор эффективности управления АПК региона // Успехи современной науки. 2017. Т. 3. № 1. С. 32-36.
8. Мазаева Т.И. Роль производства зерна в продовольственной безопасности (на примере Волгоградской области) // Экономика и предпринимательство. 2014. № 9 (50). С. 366-368.
9. Антамошкина Е.Н. Анализ динамики показателей продовольственной безопасности Волгоградской области // Экономика сельского хозяйства России. 2014. № 8. С. 62-69.
10. Мансуров Р.Е. Динамика развития зернопродуктового подкомплекса Вологодской области в контексте необходимости обеспечения

- продовольственной безопасности // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2015. № 3-2 (148). С. 101-105.
11. Никифорова И.В. Импортная продовольственная зависимость как угроза продовольственной безопасности Калининградской области // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Гуманитарные и общественные науки. 2015. № 3. С. 84-90.
  12. Дорофеева Т.П., Фролова Т.В., Синьков А.А. О состоянии продовольственной безопасности региона и мерах по ее обеспечению (на примере Кемеровской области) // Вестник Кемеровского государственного университета. 2015. № 2-5 (62). С. 191-197.
  13. Самоцветова Т.С., Пономарева А.А. Обеспечение продовольственной безопасности Кемеровской области как основа экономической безопасности региона // Инновации в сельском хозяйстве. 2015. № 2 (12). С. 296-301.
  14. Лубкова Э.М., Шилова А.Э. Оценка экономической доступности продовольствия в рамках обеспечения продовольственной безопасности региона на примере Кемеровской области // Современный ученый. 2016. № 3. С. 22-27.
  15. Шилова А.Э. Особенности продовольственной безопасности промышленного региона на примере Кемеровской области // Вестник Сибирского университета потребительской кооперации. 2016. № 2 (17). С. 81-87.
  16. Лебедева Е.О., Бычкова М.В., Расторгуева С.В. Анализ развития агропромышленного комплекса как инструмента обеспечения продовольственной безопасности региона (на примере Костромской области) // Успехи современной науки и образования. 2016. Т. 2. № 4. С. 67-73.
  17. Хомутова Л.А., Хомутов О.В. Оценка состояния продовольственной безопасности в Костромской области // Вестник Костромского университета. 2012. Т. 18. № 6. С. 257-261.

18. Меркулова Е.Ю., Московцев В.В. Продовольственная безопасность региона: анализ импортозамещения в Тамбовской области // Социально-экономические явления и процессы. 2015. Т. 10. № 8. С. 78-86.
19. Ярош О.Б., Зиновьев И.Ф. Оценка уровня обеспечения продовольственной безопасности Республики Крым // Успехи современной науки. 2017. Т. 3. № 1. С. 168-170.
20. Богданов С.М. Региональная интеграция и продовольственная безопасность. М.: Из-во Весь мир, 2013. - 320 с.
21. 10 фактов о голоде в Самарской губернии, о которых вы не знали. <http://best.kp.ru/samara/golod/> (дата обращения: 30.04.2017)
22. Список стран Африки. <http://worldgeo.ru/lists/?id=1&loc=africa> (дата обращения: 21.04.2017).
23. Мир в цифрах – 2016. Карманный справочник / [Пер. с англ. О. Лазуткиной, О. Шевель]. – М.: Издательство «Олимп-бизнес», 2016. – 272 с.: табл.
24. Life expectancy Data by country. <http://apps.who.int/gho/data/view.main.SDG2016LEXv?lang=en#> (дата обращения: 21.04.2017).
25. About Human Development. <http://hdr.undp.org/en/humandev/> (дата обращения: 21.04.2017).
26. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 15 мая 2012 г. N 543н "Об утверждении Положения об организации оказания первичной медико-санитарной помощи взрослому населению".
27. Системный мониторинг глобальных и региональных рисков: Арабская весна 2011 года. Ред. А. И., Коротаев, Ю. В. Зенькина, А. С. Ходунов. М: Издательство ЛКИ, 2012. – 464 с.
28. Колпак Е.П., Бронникова А.И., Полежаев В.Ю. Математическая модель стачечного движения в России в начале XX века // Молодой ученый. 2015. № 3 (83). С. 4-15.

29. Беженцы в Европе: что изменилось год спустя.  
<http://www.mk.ru/politics/2016/09/30/bezhency-v-evrope-cto-izmenilos-god-spustya.html> (дата обращения: 19.04.2017)
30. Миронов Б. Н. Благосостояние населения и революции в имперской России: XVIII – начало XX века – 2-е изд, испр., доп. – М.: Весь Мир, 2012. – 848 с.: илл., табл.
31. Россия накануне Первой мировой войны (Статистико-документальный справочник). – М.: «Самотека», 2008, 432 с.
32. Г. Ф. Кривошеев, В. М. Андронников, П. Д. Буриков и др. Россия и СССР в войнах XX века. Книга потерь – М.: Вече, 2010. – 624 с.
33. Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения: Избранные труды. – М.: Академический проект; Альма Матер, 2015. – 640 с.
34. Коротаев А. В., Халтурина Д. А. Современные тенденции мирового развития / Отв. ред. И. В. Следзевский, Е. Л. Юрьев. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – 240 с.
35. Федеральный закон от 3 декабря 2012 г. N 227-ФЗ "О потребительской корзине в целом по Российской Федерации"
36. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации от 30 января 2010 г. №120.
37. В Калининградской области достигнута самообеспеченность по зерну, картофелю, мясу и молоку.  
<http://kaliningraddaily.com/agriculture/2016112550879> (дата обращения: 30.04.2017).
38. Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. <http://www.fao.org/home/ru/> (дата обращения: 30.04.2017).
39. Калории и калорийность.  
[https://www.cosmetologylife.ru/tablica\\_kalorijnosti\\_produkto](https://www.cosmetologylife.ru/tablica_kalorijnosti_produkto) (дата обращения: 30.04.2017)



40. Численность населения на 1 января (тысяч человек), 1950 - 2016.  
<http://demoscope.ru/weekly/app/app4001.php> (дата обращения: 30.04.2017).
41. Федеральная служба государственной статистики: <http://www.gks.ru>  
(дата обращения: 30.04.2017).
42. Шершнев Е. С. Продовольственная ситуация в мире и перспективы ее изменения // Аналитический вестник, 1996, №7, с. 3-14. экономист, 2004.  
- №2. С. 78-84.