

**ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КЛИМАТ,
ЛАНДШАФТЫ И ХОЗЯЙСТВО
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**



ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА КЛИМАТ, ЛАНДШАФТЫ И ХОЗЯЙСТВО
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ



Saratov State University

GLOBAL WARMING AND ITS IMPACT
ON THE CLIMATE, LANDSCAPES AND ECONOMY
OF THE SARATOV REGION

Edited by Doctor of Geographical Sciences, Professor
V. Z. Makarova

Saratov
Saratov University Press
2024

Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н. Г. Чернышевского

**ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА КЛИМАТ, ЛАНДШАФТЫ И ХОЗЯЙСТВО
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Под редакцией доктора географических наук, профессора
В. З. Макарова

Саратов
Издательство Саратовского университета
2024

УДК [[551.5+911.5+63]:504.7](470.44)
ББК 26.237+26.82+40.2(235.54)
Г54

Авторы:

В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко, М. Ю. Червяков, С. В. Морозова, В. А. Гусев,
Н. В. Пичугина, В. А. Данилов, А. В. Фёдоров, С. И. Прякина, П. А. Шлапак,
Е. И. Ормели, М. Ю. Проказов, А. М. Неврюев, Я. А. Нейштадт

**Глобальное потепление и его влияние на климат, ландшаф-
Г54 ты и хозяйство Саратовской области [Электронный ресурс] /**
В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко, М. Ю. Червяков [и др.] ; под ред.
В. З. Макарова. — Саратов : Издательство Саратовского университета,
2024. — 172 с. : ил. — URL: <https://books.sgu.ru/monographs/978-5-292-04884-8>. — Имеется печатный аналог.

ISBN 978-5-292-04884-8 (online)

ISBN 978-5-292-04883-1 (print). — Текст: непосредственный.

DOI : 10.18500/978-5-292-04884-8

В монографии представлены результаты полевых исследований, статистической обработки метеорологических материалов по метеостанциям за разные десятилетия и анализ данных дистанционного зондирования Земли в разных ландшафтных зонах и геоморфологических провинциях Саратовской области с применением ГИС-технологий. На основе полученной информации дана оценка влияния современных климатических изменений на отдельные свойства и компоненты ландшафтов Саратовской области с целью прогнозирования и разработки рекомендаций по оптимизации природопользования в слабозасушливой и засушливой зонах Европейской России.

Для научных работников, специалистов, занятых в сфере природоохраны и природопользования, структурах регионального территориального управления, в социальной сфере, медицине и образовании.

Ил. 56 . Табл. 23 . Библиогр. : 121 назв.

The monograph presents the results of field studies, statistical processing of meteorological data from weather stations over different decades, and analysis of remote sensing data in various landscape zones and geomorphological provinces of Saratov region using GIS technologies. Based on the obtained information, an assessment of the impact of modern climate changes on individual properties and components of the landscapes of the Saratov region is provided, with the aim of forecasting and developing recommendations for optimizing natural resource use in the semi-arid and arid zones of European Russia.

This research is pertinent to scientists, environmental protection and natural resource management specialists, regional territorial management authorities, and professionals in the social, medical, and educational sectors.

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Н. Титов*
(ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»)

доктор географических наук, профессор *А. Н. Бармин*
(ФГБОУ ВО «АГУ им. В. Н. Татищева»)

*Работа выполнена по результатам гранта № 01/2020-Р
Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество»*

*Работа издана по тематическому плану 2024 года
(утвержден Ученым советом Саратовского национального исследовательского
государственного университета имени Н. Г. Чернышевского,
протокол № 3 от 27 февраля 2024 года)*

УДК [[551.5+911.5+63]:504.7](470.44)
ББК 26.237+26.82+40.2(235.54)

ISBN 978-5-292-04884-8 (online)
ISBN 978-5-292-04883-1 (print)

© Коллектив авторов, 2024
© Саратовский университет, 2024

*115-летию
Саратовского государственного университета
п о с в я щ а е т с я*

CONTENTS

LIST OF ABBREVIATIONS.....	8
EDITOR'S NOTE	9
INTRODUCTION	11
CHAPTER 1. GLOBAL CLIMATE CHANGES AND THEIR MANIFESTATION IN THE TERRITORY OF SARATOV REGION.....	15
1.1. Preliminary remarks on the features of climate changes in the Northern Hemisphere. The first and second waves of global warming.....	15
1.2. Main climatic trends manifesting in the territory of Saratov region	18
CHAPTER 2. ASSESSMENT OF SOME METEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE TERRITORY OF SARATOV REGION USING SATELLITE DATA.....	45
2.1. Processing of satellite measurements of surface temperature based on MODIS data	45
2.2. Processing of satellite measurements of cloud cover parameters Cloud Fraction for the territory of Saratov region	53
2.3. Processing of data from satellite measurements of solar radiation fluxes.....	56
2.4. Spatio-temporal variations of total radiation based on CERES project data in the territory of Saratov region	60
CHAPTER 3. IMPACT OF MODERN CLIMATE CHANGES ON SPECIFIC PROPERTIES AND COMPONENTS OF GEOSYSTEMS AND ECONOMIC ACTIVITIES IN DIFFERENT LANDSCAPE ZONES OF SARATOV REGION.....	63
3.1. Landscape zoning of the Saratov region	63
3.2. Methodology for comprehensive assessment of the impact of modern climate changes on specific components of forest-steppe, steppe, and semi-desert landscapes.....	102
3.3. Changes in the structure and composition of natural vegetation cover and agricultural crops.....	108
3.4. Response of wildlife to modern climate changes.....	124
3.5. Analysis of agroclimatic data for Saratov region and their interpretation considering global climate changes	135
CONCLUSION	151
REFERENCES.....	154
SUMMARY	168
INFORMATON ABOUT THE AUTHORS	170

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	8
ОТ РЕДАКТОРА	9
ВВЕДЕНИЕ	11
ГЛАВА 1. ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	15
1.1. Предварительные замечания об особенностях климатических изменений в Северном полушарии Земли. Первая и вторая волны глобального потепления	15
1.2. Основные климатические тенденции, проявляющиеся на территории Саратовской области	18
ГЛАВА 2. ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ.....	45
2.1. Обработка данных спутниковых измерений температуры подстилающей поверхности по данным MODIS	45
2.2. Обработка данных спутниковых измерений параметров облачного покрытия Cloud Fraction для территории Саратовской области.....	53
2.3. Обработка данных спутниковых измерений потоков солнечной радиации	56
2.4. Пространственно-временные вариации суммарной радиации по данным проекта CERES на территории Саратовской области.....	60
ГЛАВА 3. ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ОТДЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА И КОМПОНЕНТЫ ГЕОСИСТЕМ И ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ В РАЗНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ЗОНАХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	63
3.1. Ландшафтное районирование Саратовской области	63
3.2. Методология комплексной оценки влияния современных климатических изменений на отдельные компоненты лесостепных, степных и полупустынных ландшафтов	102
3.3. Изменения в структуре и составе естественного растительного покрова и сельскохозяйственных культур	108
3.4. Реакция животного мира на современные климатические изменения	124
3.5. Анализ агроклиматических данных по Саратовской области и их интерпретация с учётом глобальных изменений климата	135
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	151
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	154
SUMMARY	168
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	170

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- AppEARS – Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples
- CERES – Clouds and the Earth's Radiant Energy System
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
- МЕТАР – МЕТеороlogical Aerodrome Report
- MODIS – Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
- АМСГ – авиационная метеорологическая станция (гражданская)
- ВМО – Всемирная метеорологическая организация
- ВНИИГМИ-МЦД – Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных
- ВПП – взлетно-посадочная полоса
- ГГО – Главная геофизическая обсерватория им. А. Е. Воейкова (Санкт-Петербург)
- ГИС – географическая информационная система
- ДДЗЗ – данные дистанционного зондирования Земли
- ЕЧР – Европейская часть России
- ЗКС – земная климатическая система
- ИКБ – иксодовый клещёвый боррелиоз
- ИСЗ – искусственный спутник Земли
- КНЛТ – коэффициент наклона линейных трендов
- КРАМС – комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция
- КРС – крупный рогатый скот
- КЭ – клещевой энцефалит
- ЛЗН – лихорадка Западного Нила
- МГЭИК – Межправительственная группа экспертов по изменению климата (англ. – *IPCC*)
- Метод ИРК – метод интегрально-разностных кривых
- МЦРД – Мировой центр радиационных данных
- ПП – памятник природы
- РГО – Русское географическое общество
- РНК – рибонуклеиновая кислота

ОТ РЕДАКТОРА

В предлагаемой монографии изложены результаты комплексных исследований географов СГУ имени Н. Г. Чернышевского, выполненных в последнее десятилетие. В написании книги принимали участия специалисты разных научных направлений: климатологи-метеорологи, ландшафтоведы, картографы-геоинформатики. Были задействованы, проанализированы и обобщены материалы многолетних камеральных и полевых работ, связанных с оценкой влияния глобального потепления на природные особенности и хозяйственную деятельность в Саратовской области за последние десятилетия. Впервые для нашего региона территориально дифференцировано — в пределах отдельных ландшафтных подзон и геоморфологических провинций — обнаружены специфические последствия глобального потепления. В этом состояла основная задача исследования. Дело в том, что работ по оценке проявления современного глобального потепления на ландшафтные выделы достаточно крупного таксономического ранга: зоны, подзоны, провинции, расположенные в семиаридных (полузасушливых) условиях, не так уж много. Саратовская область как раз относится к полузасушливым и засушливым регионам. Поэтому определить уровень климатического сдвига в южной лесостепи, северной, типичной и южной степи и северной полупустыне, а именно в этих подзонах на Русской равнине расположена Саратовская область, весьма актуально с научной и практической точек зрения.

Что же выявили авторы исследования?

Климат Саратовской области стал несколько теплее и суше. Наиболее заметно эта тенденция проявилась в южной лесостепи на Приволжской возвышенности. В степной зоне Низкого Сыртового Заволжья и северной полупустыне Прикаспийской низменности

сти рост годовой температуры воздуха и уменьшение годовых сумм осадков незначительны.

Анализ камерального и полевого материала ландшафтно-экологических исследований по 17 ключевым территориям Саратовской области не обнаружил существенного отклика лесостепных, степных и полупустынных геосистем на климатические изменения в регионе. Выявлены естественные сукцессионные процессы зарастания древесно-кустарниковой растительностью заброшенной пашни в южной лесостепи и переход в залежное состояние пашни в заволжской степи. В социально-экономической сфере хозяйственного комплекса Саратовской области и демографических процессах на её территории фактор глобального потепления практически не заметен. Отток населения из городов и сельской местности Саратовской области, закрытие или заметное ослабление ряда отраслей промышленного сектора связаны со сложившейся структурой экономики современной России и политикой отраслевого и территориального управления на федеральном и региональном уровнях.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблемы, связанные с изменением глобального и регионального климата, перестали быть чисто научными и все более привлекают внимание общественности и органов власти. Климатические изменения прямо влияют на жизненные потребности населения и экономики, становятся всё более актуальными. Глобальные изменения климата активно обсуждаются с разных сторон: во-первых, исследуются причины климатических изменений, как природные, так и антропогенные; во-вторых, рассматриваются возможные последствия потепления климата для биосферы планеты, хозяйственной деятельности и популяционного здоровья человека. Активно рассматривается отклик на изменения глобального климата региональных природных комплексов [1—9 и др.]. Практический интерес представляет анализ влияния изменений климата на развитие экономики [10—16 и др.]. На тему глобального потепления климата выходят публикации часто противоречивого содержания. Тем не менее ныне очевидно, что происходит реальное повышение глобальной температуры воздуха в пределах всей планеты. Это подтверждается данными инструментальных наблюдений. Наиболее авторитетными в мировой климатологической науке являются доклады, подготовленные Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК, англ. — IPCC). В них отражены самые последние результаты по вопросам изменения климата и представлены как наиболее убедительные доказательства антропогенного характера потепления.

В России также публикуются оценочные доклады Росгидромета, источниками информации для которых служат главным образом отечественные и зарубежные публикации в рецензируе-

мых изданиях, монографии, сборники научных трудов. К примеру, в материалах «Третьего оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» рост приземной температуры воздуха в России оценивается как $+0,51^{\circ}\text{C}/10$ лет [17].

В оценочном докладе Росгидромета за 2022 год приведённые сведения указывают на общую для года и всех сезонов тенденцию к увеличению осадков в среднем по территории России (тренд положительный). Региональные и сезонные оценки трендов уточняют особенности каждого отдельного региона и сезона. Так, к примеру, сохранилась тенденция к уменьшению количества летних осадков в центре и на юге Европейской территории России, на севере Азиатской территории России.

В предлагаемой монографии отражены результаты обобщения и анализа накопленных за последние десятилетия материалов наблюдений за изменениями климатических показателей на территории Саратовской области. Авторы пытались выявить воздействия климатических флуктуаций в лесостепной, степной и полупустынной зонах региона на разные компоненты ландшафта и структуру землепользования в Саратовском регионе как типичном примере семиаридной территории Европейской России. По итогам исследования были сделаны конкретные предложения для управленческих и хозяйствующих структур по оптимизации хозяйствования в аграрном секторе экономики и по профилактике заболеваемости населения с учётом климатических изменений.

В процессе работы были решены следующие задачи:

- обобщены данные срочных метеонаблюдений на метеостанциях Саратовской области;
- привлечены материалы спутниковых данных о показателях элементов радиационного баланса в различных ландшафтных зонах;
- выполнены полевые ландшафтные наблюдения на модельных территориях и отдельных ключевых участках за фитосукцессионными и водно-эрозионными процессами;
- обобщены и проанализированы материалы космодокументации земельных угодий за разные годы, выполнено их картографическое представление с использованием ГИС-технологий;

— на основе полученных данных о климатических изменениях и их отклика в ландшафтных компонентах обоснованы предложения по оптимизации природопользования в условиях климатических флуктуаций.

Климат в «генетическом» ряду ландшафтообразующих процессов в земной биосфере является одним из главных «творцов» ландшафта [18]. Тепло- и влагооборот, уровень солнечной радиации, ветровой режим, годовые и суточные амплитуды температур и многие другие климатические характеристики отражаются на характере и интенсивности процессов рельефообразования, почвообразования, характере растительных группировок. Поэтому климат является важнейшим фактором многих процессов ландшафтогенеза. Компоненты ландшафта и их свойства — горные породы, их пластика (рельеф), структура и состав почвенного слоя, структура и видовой состав фито- и зооценоза (биота), количество влаги в горных породах, почве, растительности, приземном слое воздуха — зависят от типов климата, в которых расположен ландшафтный выдел глобального, регионального и локального рангов. Каждому ландшафтному компоненту и отдельным его элементам присуще своё «характерное время», т. е. скорость реагирования на изменение климатических свойств. Наиболее быстро откликаются на климатические флуктуации биотические компоненты ландшафта — структура и состав фитоценоза и зооценоза, микробоценоза. Довольно отчетливо реагируют на изменения климата глубина залегания грунтовых вод, формы микрорельефа, химизм почво-грунтов, поверхностных и подземных вод [19–23]. Поэтому оценить последствия климатических изменений на малом временном отрезке (несколько десятилетий) возможно лишь изучая элементы, компоненты и свойства геосистем с малыми характерными временами. Это видовой состав и сукцессионные процессы в растительном покрове, структуре зооценозов (особенно изменения ареалов и виды насекомых), характер эрозийной сети на водосборах малых порядков).

Отталкиваясь от данного тезиса, авторы монографии выявили последствия климатических изменений последних десятилетий в изменениях растительных группировок, в явлениях животного мира, в изменениях структуры землепользования и видах культиви-

руемых сельскохозяйственных растений, их урожайности в разных ландшафтных зонах.

Монография основывается на результатах, полученных при выполнении научных работ по гранту Русского географического общества (№ 01/2020 Р) в 2020–2021 гг. и состоит из введения (авторы В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко), трех глав (авторы: С. В. Морозова — первая глава; М. Ю. Червяков, Я. А. Нейштадт — вторая глава; В. З. Макаров, Н. В. Пичугина, В. А. Гусев, А. Н. Чумаченко, А. М. Неврюев, В. А. Данилов, А. В. Фёдоров, М. Ю. Проказов — первый подраздел третьей главы; В. З. Макаров — второй подраздел третьей главы; В. З. Макаров, Н. В. Пичугина, В. А. Гусев, А. Н. Чумаченко, А. М. Неврюев, В. А. Данилов, А. В. Фёдоров — третий подраздел третьей главы; П. А. Шлапак — четвертый подраздел третьей главы; С. И. Пряхина, Е. И. Ормели — пятый подраздел третьей главы), заключения (авторы В. З. Макаров, А. Н. Чумаченко), а также списка литературы и списка принятых сокращений.

ГЛАВА 1. ГЛОБАЛЬНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И ИХ ПРОЯВЛЕНИЕ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ ЗЕМЛИ. ПЕРВАЯ И ВТОРАЯ ВОЛНЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Современные климатические тенденции, наблюдаемые на нашей планете, очевидны и трактуются как разгоняющееся потепление [17, 24–26]. Действительно, за время инструментальных метеорологических наблюдений средние годовые температуры воздуха Северного полушария росли со скоростью 0,048°C/10 лет. Однако рост средних температур в Северном и Южном полушариях Земли происходит неоднородно. В увеличении приповерхностной температуры воздуха выделяются циклы, имеющие различные продолжительность, частоту, амплитуду. Наиболее известные из них — это период стабилизации (относительного похолодания), наблюдавшийся в 50–60-х гг. XX в., и определённая приостановка потепления в нулевых годах XXI в.

С. В. Морозовой проведён статистический анализ циклических изменений приповерхностной температуры воздуха в Северном полушарии [27–29]. В итоге были выделены климатические промежутки, в которых средняя полушарная приповерхностная температура воздуха имеет однонаправленные тенденции изменения. Эти промежутки С. В. Морозова предложила именовать естественными климатическими периодами состояния земной климатической системы (ЗКС), хотя в последнее время к изменения температуры, безусловно, добавилась антропогенная составляющая [29–31].

На рис. 1.1 представлены естественные климатические периоды состояния земной климатической системы и их аппроксимация линейным трендом. На основании проведенных расчетов статистически обосновано существование климатических периодов – постмало-ледникового периода в Европе, первой волны глобального потепления, периода стабилизации, второй волны глобального потепления.

Хорошо видно, что наиболее сильный рост температур приповерхностного воздуха характерен для второй волны глобального потепления (см. рис. 1.1). В первую волну потепления средние приземные температуры в Северном полушарии росли слабее. Кроме того, имеются и особенности в проявлении указанных периодов потепления. Так, первая волна глобального потепления известна как «потепление Арктики», во вторую волну глобального потепления наибольший рост температур отмечался, наоборот, в континентальных районах умеренных широт [17, 25, 26, 31, 32].

В табл. 1.1 представлены временные границы выделенных естественных климатических периодов и приведены оценки статистической значимости изменений температуры при переходе от одного естественного климатического периода к другому методом доверительных интервалов [33].

Согласно данным, приведенным в табл. 1.1, можно отметить отсутствие перекрытия доверительных интервалов, что указывает на статистическую значимость изменения осредненной по полушарию средней годовой приповерхностной температуры воздуха.

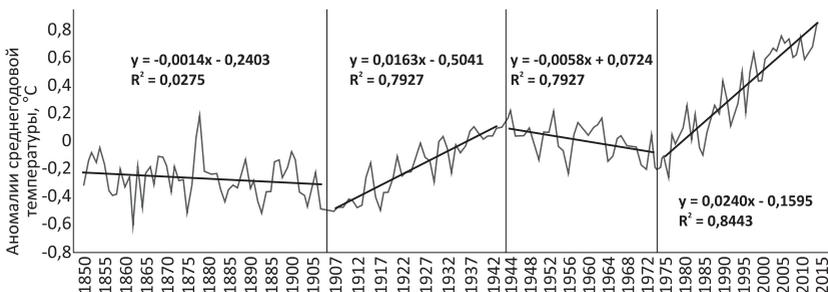


Рис. 1.1. Естественные климатические периоды состояния земной климатической системы [29]

Помимо цикличности, ещё одной особенностью развивающегося потепления является его сезонность, заключающаяся в наиболее сильном росте зимних температур. Так, опять же за время регулярных метеорологических наблюдений, зимние температуры (январь) росли со скоростью $0,054^{\circ}\text{C}/10$ лет, а летние температуры (июль) — со скоростью $0,036^{\circ}\text{C}/10$ лет. Таким образом, проявляющееся на планете потепление характеризуется отчётливым ростом зимних температур по сравнению с летними.

Наблюдающееся потепление, помимо сезонности, имеет выраженные территориальные различия, оно дифференцировано в пространстве. Во втором оценочном докладе по изменениям климата на территории Российской Федерации приведены карты, характеризующие сезонную и территориальную неоднородность проявления второй волны глобального потепления [34].

Безусловно, климатические изменения наиболее ярко проявляются в изменениях температуры воздуха. Однако другой важнейшей климатической характеристикой являются атмосферные осадки. В материалах Оценочных докладов [17, 26] указывается, что характер изменения осадков на фоне разгоняющегося потепления неоднороден, однако можно уловить слабые тенденции их увеличения

Таблица 1.1

Оценка статистической значимости изменений аномалий средней годовой температуры Северного полушария

Периоды, гг.	Статистические характеристики значимости изменений			Доверительные интервалы
	α	x	σ	
Постмало-ледниковый период (1850–1907)	-0,0014	-0,283	0,147	[-0,508; -0,315]
Первая волна глобального потепления (1908–1943)	0,0163	-0,185	0,194	[-0,240; -0,130]
Стабилизация температуры приземного воздуха (1944–1974)	-0,0058	-0,020	0,124	[-0,078; 0,038]
Вторая волна глобального потепления (1975–2016)	0,0240	0,356	0,320	[0,273; 0,439]

в гумидных зонах. Увеличение осадков в аридных зонах характерно только для холодного полугодия.

Согласно Третьему оценочному докладу [17], в отдельных регионах страны отмечается увеличение частоты экстремальных явлений погоды. Так, в западной части России увеличивается интенсивность и продолжительность жарких волн и снижаются эти характеристики у холодных климатических волн. В пределах основной земледельческой зоны России возрастает частота засушливых явлений.

Таким образом, современное потепление, начавшееся в конце XIX в., неоднородно во времени и в пространстве, а также имеет хорошо выраженные региональные особенности.

Так как глобальные климатические тенденции проявляются в различных районах Российской Федерации по-разному, проанализируем изменения некоторых климатических характеристик на территории Саратовской области.

1.2. Основные климатические тенденции, проявляющиеся на территории Саратовской области

1.2.1. Климатическая характеристика Саратовской области в условиях глобального потепления. Исходные материалы для исследования

Территория Саратовской области расположена в юго-восточной части Русской равнины и делится рекой Волгой на две части: правобережную (Правобережье) и левобережную (Заволжье) (рис. 1.2).

Правобережье Саратовской области расположено в пределах Окско-Донской равнины и Приволжской возвышенности, в Заволжье выделяются Низкая Сыртовая равнина, обширные левобережные террасы Волги, частично заходят на территорию области Общий и Синий Сырты и северо-западная часть Прикаспийской низменности. Указанные морфоструктурные и ландшафтные образования обладают выраженными климатическими различиями.

Характерные особенности климата области: континентальность, значительная изменчивость метеорологических параметров от года к году — определяется расположением Саратовской области в зоне континентального климата умеренных широт [35].

Континентальность климата на территории Саратовской области возрастает с северо-запада на юго-восток. В этом же направлении увеличивается годовая амплитуда температуры воздуха и уменьшается количество осадков. Так, в Балашове годовая амплитуда равна 31,9°C, в Саратове — 33,4°C, на крайнем юго-востоке в Александровом Гае — 36,3°C. Годовое количество осадков на северо-западе области составляет 450 и более мм, на юго-востоке — 350 мм и менее (рис. 1.3, 1.4).

В Саратовской области климат правобережных районов значительно отличается от климата левобережных районов. Климат Заволжья более континентальный, характеризуется большим количеством солнечного тепла, более высокими температурами воздуха, меньшим количеством осадков, малоснежными зимами; здесь чаще по сравнению с Правобережьем наблюдаются засушливые условия.

Зима в Саратовской области умеренно холодная и холодная. В этот сезон наблюдаются большие колебания температуры воздуха. Ежегодно возможны понижения температуры ниже -10 — -15°C , нередко температура воздуха опускается до -20 — -25°C . Часты зимой и оттепели. Опасными явлениями в зимний сезон являются

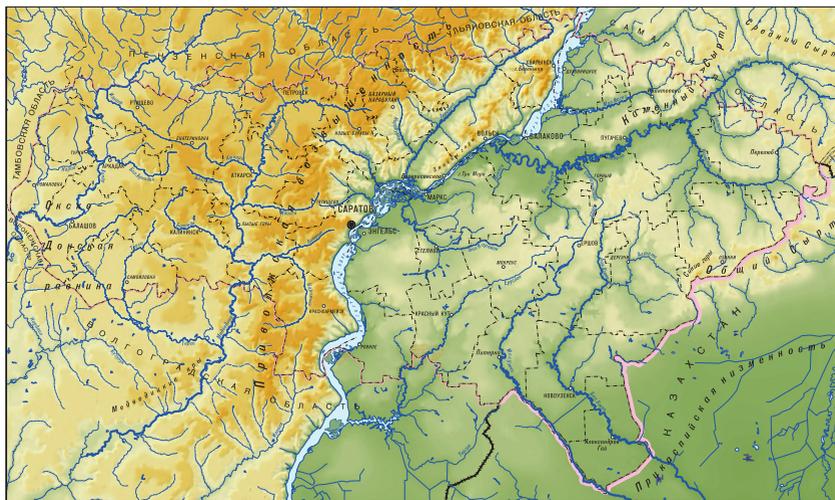


Рис. 1.2. Физическая карта Саратовской области [36]

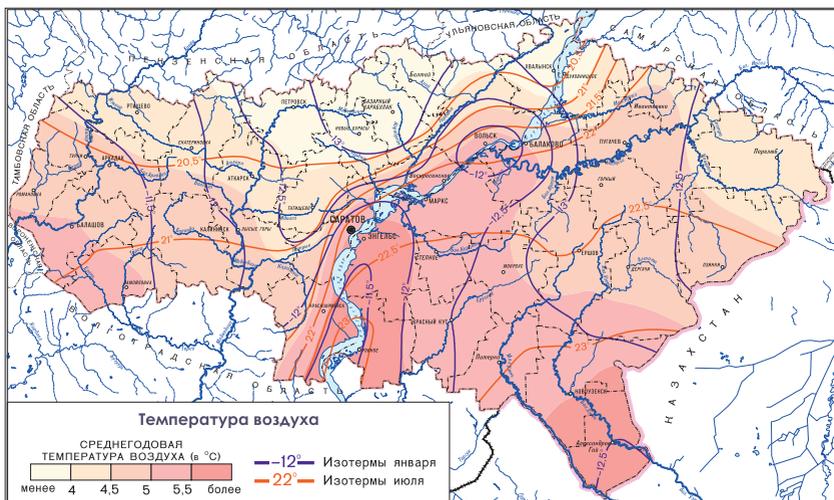


Рис. 1.3. Среднегодовая температура воздуха на территории Саратовской области [36]

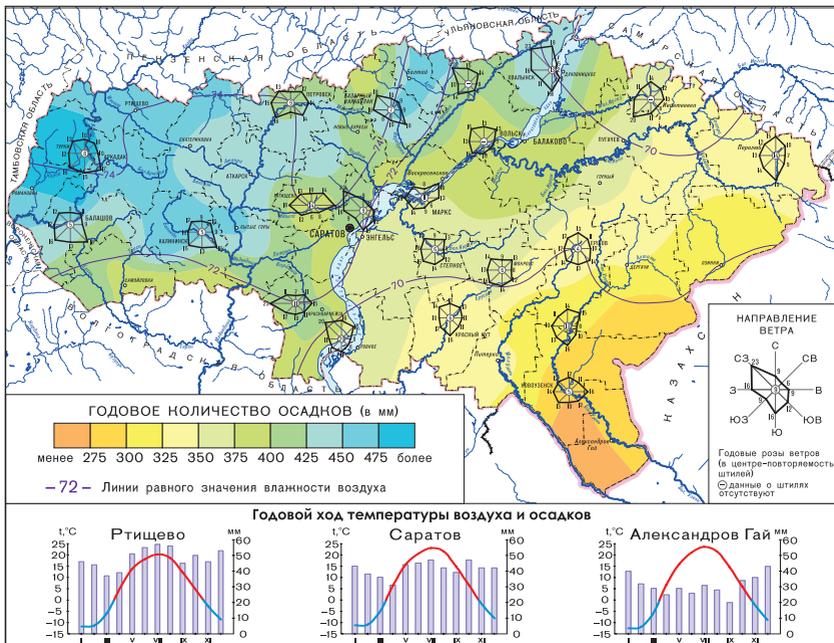


Рис. 1.4. Среднегодовое количество осадков на территории Саратовской области [36]

сильные снегопады, гололед, метели. Зимой в области выпадает около 100 мм осадков.

Весна в Саратовской области характеризуется бурным нарастанием тепла. Опасные явления весной — это заморозки, наиболее поздние из которых могут наблюдаться в конце мая — начале июня. Количество осадков в регионе изменяется от 90 мм на северо-западе до 52 мм на крайнем юго-востоке.

Лето в Саратовской области умеренно теплое и теплое. Осадков выпадает мало. Они довольно неравномерно распределены по времени и территории. За три летних месяца в Правобережье выпадает более 160 мм осадков, в долине Волги — 110 — 130 мм, в Левобережье — 90 — 100 мм осадков при испаряемости от 360 до 500 мм. В летний период часто формируется засушливая погода, когда относительная влажность воздуха ниже 30%. Вероятность сухих лет изменяется от северо-запада к юго-востоку от 25 до 75%. Обычно при засухах наблюдаются суховеи.

Осень — начало устойчивого перехода средней суточной температуры через 10°C к более низким температурам. Спад температуры осенью происходит менее резко, чем подъем ее весной. Осадки более равномерно распределяются по территории, чем летние, что способствует при уменьшении испарения накоплению продуктивной влаги в почве. На западе области выпадает 90 мм осадков, в Заволжье — 85 мм, в долине Волги — 80 — 90 мм.

Для характеристики климатических особенностей Правобережья (Окско-Донская равнина и Приволжская возвышенность, занимающие лесостепь и северную и типичную степь) были выбраны две метеорологические станции — Балашов и Октябрьский городок, в долине Волги — Хвалынский и Саратов; в Низком Сыртовом Заволжье — Ершов, в северном Прикаспии — Новоузенск и Александров Гай.

Для характеристики климатических условий Саратовской области на фоне глобальных климатических тенденций рассматривалось изменение метеорежима в естественные климатические периоды состояния земной климатической системы.

Режим температуры и осадков рассматривался в пределах двух временных промежутков. Первый период — с 1881 по 1960 г. Он объ-

единяет два естественных периода состояния земной климатической системы: первую волну глобального потепления и период стабилизации. Второй временной интервал длился с 1966 по 2019 г. и соответствует второй волне глобального потепления.

1.2.2. Термический режим

Исходными материалами для выполнения исследования послужили данные о температуре воздуха, опубликованные в климатических [37–39] и агроклиматическом [40] справочниках. Этот период соответствует временному интервалу 1881–1960 гг. и включает в себя первую волну глобального потепления и первую половину периода стабилизации. Данные за второй климатический период (1966–2019 гг.) взяты с сайта ВНИИГМИ-МЦД [41]. Второй климатический период охватывает вторую половину периода стабилизации и вторую волну глобального потепления.

Характеристику термического режима начнём со сравнения средних годовых температур по выбранным метеостанциям в два исследуемых временных промежутка (табл. 1.2).

Сравнивая значения средних годовых температур (см. табл. 1.2), можно отметить, что средние годовые температуры в Правобережье и Левобережье Саратовской области (за исключением крайнего юго-востока в Северном Прикаспии) во второй исследуемый клима-

Таблица 1.2

Средние годовые температуры воздуха по некоторым метеостанциям в различные климатические промежутки, °С

Метеорологические станции	Периоды, гг.		Δt
	1881–1960	1966–2019	
Балашов	5,0	6,3	1,3
Октябрьский городок	4,2	5,4	1,2
Хвалынский	3,8	6,9	3,1
Саратов	4,3	6,8	2,5
Ершов	4,8	6,0	1,2
Новоузенск	6,0	7,3	1,3
Александров Гай	6,6	7,2	0,7

тический промежуток выросли примерно на $1,25^{\circ}\text{C}$. Самый сильный рост средних годовых температур от одного климатического периода к другому наблюдается в долине р. Волги у Хвалынска на восточном склоне Приволжской возвышенности в лесостепи. Самый слабый рост температуры приземного воздуха зафиксирован на крайнем юго-востоке области в северной полупустыне (Александров Гай – $0,7^{\circ}\text{C}$) [42–44].

Рассмотрим изменение температур в различные климатические периоды более детально – в месячном разрешении. Из анализа средних месячных температур в различные климатические периоды можно заключить, что в большинстве районов области проявляется тенденция, идентичная глобальной, – рост температур воздуха холодной части года. Температуры месяцев тёплого периода практически не изменяются или обнаруживается очень слабый рост. Подобная тенденция проявляется на всех рассматриваемых станциях Правобережья, включая метеостанцию Саратов. Для примера на рис. 1.5 приведён график изменения средних месячных температур по метеостанции Балашов.

Как видно из рис. 1.5, от первого исследуемого климатического промежутка ко второму наиболее сильно изменились температуры не только месяцев холодного полугодия, но и весенних месяцев, что несколько отличается от тенденций на глобальном уровне.

В типично-степном и сухостепном Заволжье (метеостанции Ершов и Новоузенск) на фоне роста зимне-весенних температур

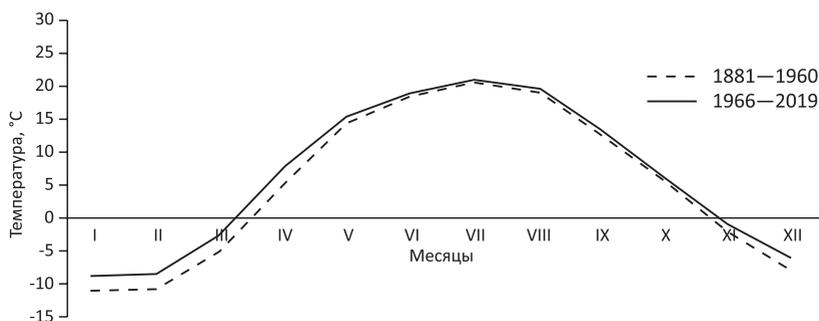


Рис. 1.5. Изменение средних месячных температур воздуха в различные климатические периоды (м/с Балашов)

во второй климатический промежуток обнаружено существенное повышение температур в августе. На рис. 1.6 представлена выявленная климатическая особенность на примере метеостанции Новоузенск.

В северной полупустыне (метеостанция Александров Гай) температуры августа во вторую волну глобального потепления оказались ниже, чем в более ранний период (первая волна глобального потепления + стабилизация) (рис. 1.7).

Своеобразие изменения температурного режима, существенно отличающееся от глобального, имеет место на севере области. По данным метеостанции Хвалынский, от первого исследуемого временного климатического промежутка, включающего первую волну глобального потепления и начало периода стабилизации, во второй исследуемый интервал на этой территории температуры повысились во все месяцы года (рис. 1.8). Заметим, что по данным и этой метеостанции наиболее сильно выросли температуры холодного сезона.

Поскольку наиболее интенсивно растут температуры во вторую волну глобального потепления, по каждой станции приведем значения коэффициентов наклона линейных трендов (КНЛТ) и скорость роста приземной температуры воздуха в этот период (табл. 1.3).

На основании данных, приведенных в табл. 1.3, можно заключить, что во второй исследуемый климатический промежуток наиболее сильный рост средних годовых температур наблюдается на севере области в долине р. Волги.

В Правобережье и Заволжье температуры повышаются примерно с одинаковой скоростью. Самый слабый рост среднегодовых температур отмечен в Саратове и Александровом Гае.

Исследования температурного режима позволяют сделать предположение об изменении продолжительности сезонов года. В табл. 1.4 представлены значения дат перехода средней суточной температуры воздуха через определенные календарные пределы.

Из данных, приведенных в табл. 1.4, видно, что весенние даты перехода сместились на более ранние сроки, а осенние – на более поздние. Особенно сильное смещение имеют весенняя дата перехода через 0°C и осенняя дата перехода через 10°C (пять и четыре

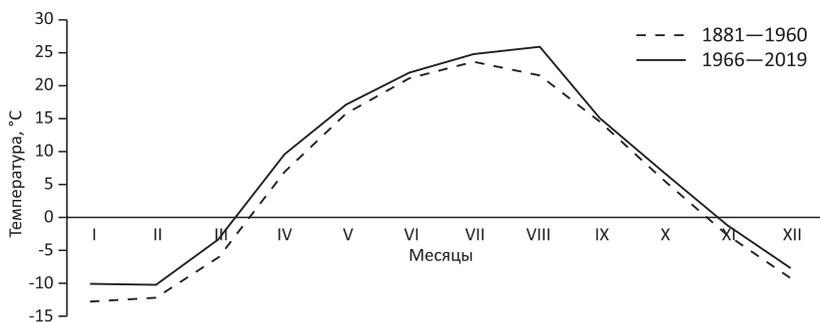


Рис. 1.6. Изменение средних месячных температур воздуха в различные климатические периоды (м/с Новоузенск)

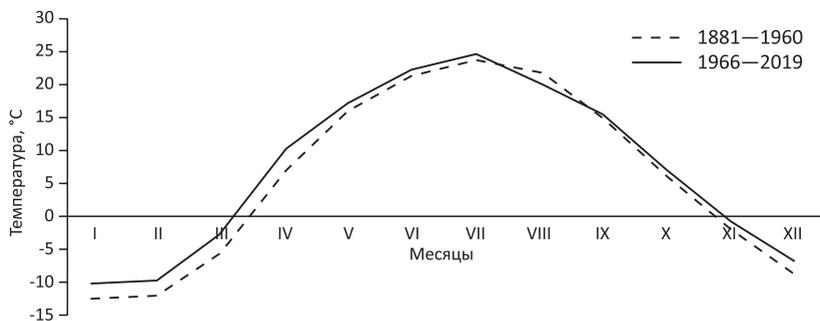


Рис. 1.7. Изменение средних месячных температур воздуха в различные климатические периоды (м/с Александров Гай)

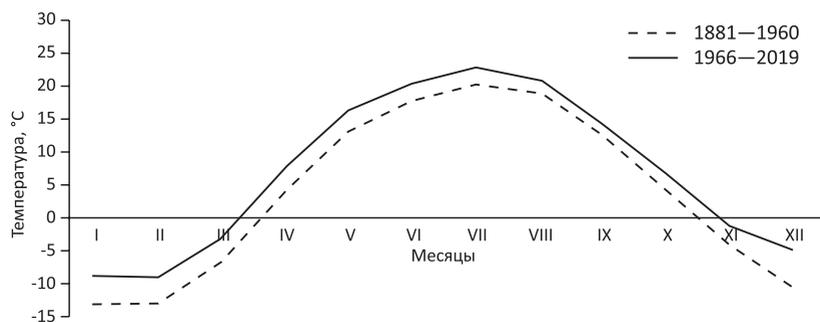


Рис. 1.8. Изменение средних месячных температур воздуха в различные климатические периоды (м/с Хвалынский)

Таблица 1.3

Оценка скорости роста приземной температуры по метеостанциям Саратовской области в период 1966 – 2019 гг.

Метеостанция	КНЛТ (α)	Скорость роста температур, °С/10 лет
Балашов	0,038	0,28
Октябрьский городок	0,036	0,26
Хвалынк	0,041	0,42
Саратов	0,032	0,22
Ершов	0,039	0,30
Новоузенск	0,039	0,30
Александров Гай	0,034	0,23

Таблица 1.4

Средние многолетние даты перехода средней суточной температуры воздуха через определённые календарные пределы (г. Саратов)

Температура, °С	Даты перехода			
	Весна		Осень	
	40 – 60-е гг. XX в.	1975 – 2018 гг.	40 – 60-е гг. XX в.	1975 – 2018 гг.
0	29.III	24.III	9. XI	11. XI
5	11.IV	9.IV	18. X	20. X
10	24.IV	23.IV	28. IX	1. X

дня соответственно). Можно констатировать существенное сокращение метеорологических зимнего и весеннего сезонов, некоторое удлинение летнего и почти неизменную продолжительность осеннего сезона в Саратове. Таким образом, на фоне второй волны глобального потепления на территории Саратовской области отчетливо проявляются климатические изменения температуры воздуха и продолжительности основных и переходных сезонов года.

1.2.3. Режим увлажнения

Как при описании термического режима режим осадков рассматривался в аналогичные климатические интервалы:

1) 1881 – 1960 гг. – первая волна глобального потепления + первая половина периода стабилизации;

2) 1966 – 2019 гг. – вторая половина периода стабилизации + вторая волна глобального потепления.

В табл. 1.5 представлены годовые суммы осадков в два исследуемых климатических периода и их изменение от одного периода к другому. Видно, что во второй климатический период на территории области стало выпадать меньше осадков, чем в предыдущий период.

Большую информативную нагрузку имеют данные о суммах осадков, выпадающих в холодное и теплое полугодия (табл. 1.6).

Холодным полугодием на территории Саратовской области считаются месяцы с ноября по март (отрицательные средние месячные температуры), а тёплым полугодием – месяцы с апреля по октябрь (положительные средние месячные температуры).

Согласно данным, приведенным в табл. 1.6, от первого исследуемого периода ко второму на фоне уменьшения годовых сумм осадков изменения сумм осадков в тёплое и холодное полугодия различны.

Наиболее сильно во второй климатический интервал по сравнению с предыдущим периодом (первая волна глобального потепления + стабилизация) уменьшилось количество осадков холод-

Таблица 1.5

Годовые суммы осадков по метеостанциям Саратовской области, мм

Метеостанция	Периоды, гг.		Изменения сумм осадков
	1881 – 1960	1966 – 2019	
Балашов	559	526	-33
Октябрьский городок	501	441	-62
Хвалынский	569	500	-69
Саратов	496	462	-34
Ершов	441	392	-49
Новоузенск	364	329	-35
Александров Гай	373	325	-48

Таблица 1.6

 Суммы осадков за тёплое и холодное полугодия
по метеостанциям Саратовской области, мм

Метеостанция	Тёплое полугодие (VI – X)			Холодное полугодие (XI – III)		
	Периоды, гг.		Изменения сумм осадков	Периоды, гг.		Изменения сумм осадков
	1881 – 1960	1966 – 2019		1881 – 1960	1966 – 2019	
Балашов	333	323	-10	226	203	-23
Октябрьский городок	293	283	-10	208	158	-50
Хвалынский	329	296	-33	240	203	-37
Саратов	295	275	-20	201	187	-14
Ершов	240	243	+3	201	142	-59
Новоузенск	197	202	+5	167	127	-40
Александров Гай	193	190	-3	180	135	-45

Таблица 1.7

 Месячные суммы осадков по метеостанциям Правобережья
в различные климатические интервалы, мм

Период	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
м/с Октябрьский городок												
1881– 1960	42	44	34	27	44	50	46	42	39	45	40	48
1966– 2019	36	25	27	28	42	48	47	39	43	36	36	34
Δr , мм	-6	-19	-7	1	-2	-2	1	-3	4	-9	-4	-14
м/с Балашов												
1881– 1960	46	45	39	35	44	56	54	58	38	48	43	53
1966– 2019	45	32	32	33	38	62	60	41	46	43	47	47
Δr , мм	-1	-13	-7	-2	-6	6	6	-17	8	-5	4	-6

ного полугодия, причём это наблюдается на всей территории Саратовской области. Осадков, выпадающих в тёплое полугодие, во второй климатический период стало меньше в Правобережье и в долине р. Волги. Для левобережных районов во второй климатический промежуток заметна слабая тенденция увеличения количества осадков. В то же время на крайнем юго-востоке (метеостанция Александров Гай) количество осадков во второй климатический интервал уменьшилось.

Рассмотрим изменение месячных сумм осадков от одного исследуемого климатического промежутка ко второму более детально — в месячном разрешении. Для станций Правобережья рассчитанные суммы представлены в табл. 1.7. Видно, что изменения осадков от одного климатического промежутка к другому в каждом месяце в Правобережье различаются. Так, в окрестностях метеостанции Октябрьский городок во второй климатический период осадков стало выпадать меньше почти во все месяцы за исключением апреля, июля и сентября. В Балашове возросло летнее и осеннее количество осадков в июне, июле на 6 мм, в сентябре — на 8 мм.

В табл. 1.8 представлено изменение месячных сумм осадков по станциям, расположенным в долине р. Волги. Согласно данным, приведенным в табл. 1.8, в Саратове картина изменения месячных сумм осадков от периода к периоду довольно хаотична. Во второй климатический интервал по сравнению с предыдущим периодом существенно уменьшились осадки в феврале, марте, мае, августе и октябре. Характерно увеличение месячных сумм осадков в сентябре во второй климатический период по отношению к более раннему. В Хвалынске во второй климатический интервал осадков стало выпадать меньше практически во все месяцы за исключением апреля и июня.

В табл. 1.9 представлено изменение месячных сумм осадков в Заволжье в исследуемые климатические промежутки. Согласно данным, приведенным в табл. 1.9, проявилась следующая особенность. Во второй климатический интервал в некоторые месяцы тёплого полугодия осадков стало выпадать больше, чем в предыдущий климатический период. Такая тенденция проявилась в Ершове и Новоузенске в июне, июле и сентябре.

Таблица 1.8

Месячные суммы осадков по метеостанциям в долине р. Волги
в различные климатические интервалы, мм

Период	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
м/с Саратов												
1881–1960	43	38	36	31	44	45	47	42	39	47	42	42
1966–2019	42	33	30	29	38	48	45	33	46	36	42	40
Δr , мм	-1	-5	-6	-2	-6	3	-2	-9	7	-11	0	-2
м/с Хвалынский												
1881–1960	52	44	37	34	51	45	52	51	46	50	51	56
1966–2019	49	34	35	37	34	46	48	42	45	44	43	42
Δr , мм	-3	-10	-2	3	-17	1	-4	-9	-1	-6	-8	-14

Таблица 1.9

Месячные суммы осадков по метеостанциям Левобережья
в различные климатические интервалы, мм

Период	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
м/с Ершов												
1881–1960	44	33	32	27	40	33	36	33	31	40	46	46
1966–2019	29	23	24	26	30	42	40	31	40	34	34	32
Δr , мм	-15	-10	-8	-1	-10	9	4	-2	9	-6	-12	-14
м/с Новоузенск												
1881–1960	37	32	26	22	30	29	31	29	24	32	35	37
1966–2019	27	20	21	25	25	36	33	21	32	30	29	30
Δr , мм	-10	-12	-5	3	-5	7	2	-8	8	-2	-6	-7
м/с Александров Гай												
1881–1960	40	32	29	25	29	26	31	28	20	34	36	43
1966–2019	30	23	23	25	25	31	28	25	27	29	29	30
Δr , мм	-10	-9	-6	0	-4	5	-3	-3	7	-5	-7	-13

На крайнем юго-востоке области (метеостанция Александров Гай) в июне количество осадков также увеличилось во второй климатический период. Однако помимо количества осадков следует учитывать их интенсивность. По исследованиям структуры месячных сумм осадков установлено [44], что во вторую волну глобального потепления наблюдается увеличение повторяемости ливневых дождей, особенно в сентябре. По-видимому, на территории Саратовской области имеет место аналогичная тенденция: увеличение месячных сумм осадков в результате ливней. Особенно эта тенденция прослеживается в Заволжье. Отметим, что ливневой характер осадков неблагоприятен для растений, особенно в те фазы развития, которые приходятся на июнь–июль. Поэтому увеличение месячных сумм осадков летом в заволжских сухих районах способствует не снижению, а увеличению рисков в растениеводстве.

Поскольку в Саратовской области лимитирующим фактором произрастания растений являются осадки, рассмотрим подробно тенденцию их изменения во второй климатический интервал (вторая половина периода стабилизации + вторая волна глобального потепления – 1960 – 2019 гг.).

На рис. 1.9, 1.10 представлен характер изменения сумм осадков тёплого полугодия во второй климатический период по метеостанциям Балашов (рис. 1.9) и Октябрьский городок (рис. 1.10). Видно, что во второй климатический отрезок тенденция изменения осадков тёплого полугодия в Правобережье различна. В Балашове, расположенном западнее Октябрьского городка, осадки слабо от года к году увеличиваются, в то время как в Октябрьском городке уменьшаются.

Различна тенденция изменения сумм осадков тёплого полугодия во второй климатический период и для станций, расположенных в долине р. Волги. В Саратове осадки тёплого периода растут (рис. 1.11), в Хвалынске – уменьшаются (рис. 1.12).

В Заволжье рост осадков тёплого полугодия во второй климатический период отмечен в Ершове; в Новоузенске и Александровом Гае количество осадков тёплого периода снижается. В качестве примера на рис. 1.13, 1.14 приведены суммы осадков тёплого полугодия для двух метеостанций Заволжья.

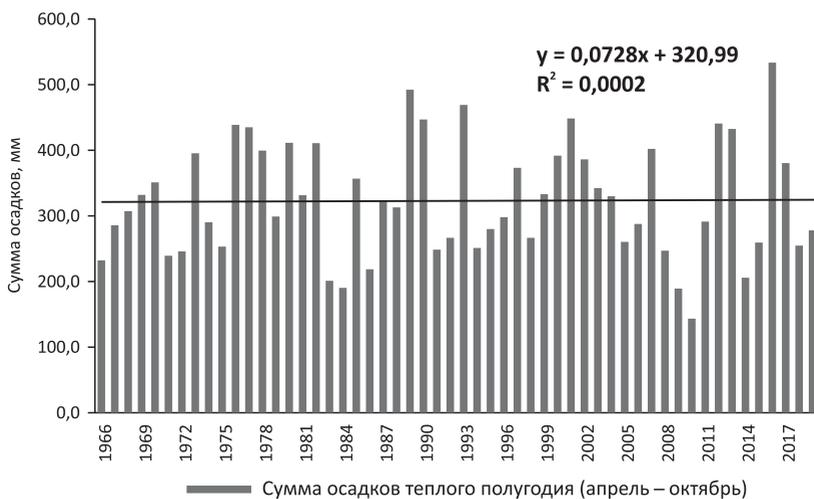


Рис. 1.9. Сумма осадков тёплого полугодия по данным м/с Балашов

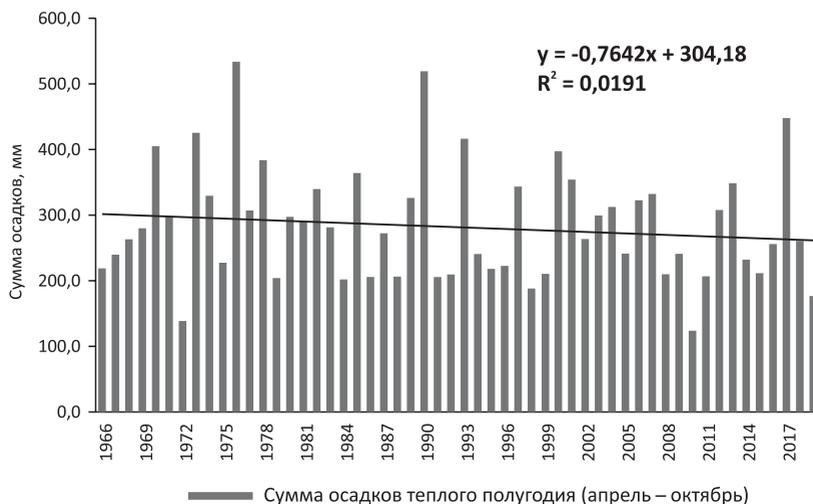


Рис. 1.10. Сумма осадков тёплого полугодия по данным м/с Октябрьский городок

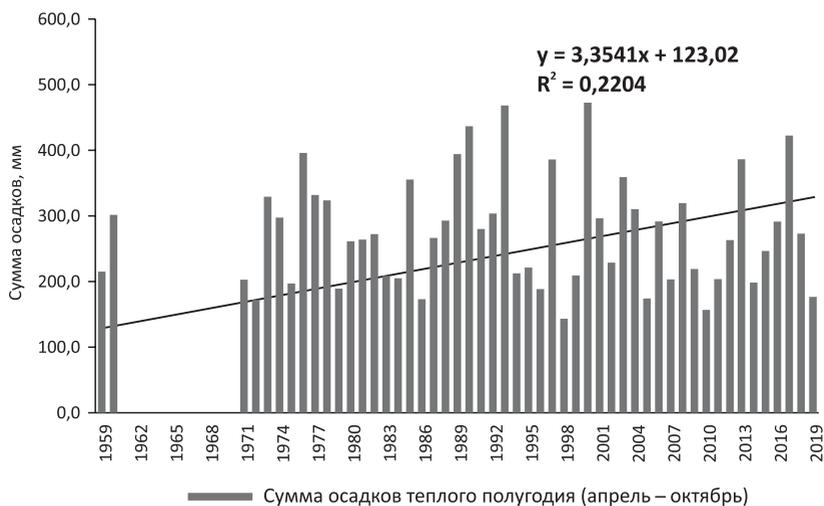


Рис. 1.11. Сумма осадков тёплого полугодия по данным м/с Саратов

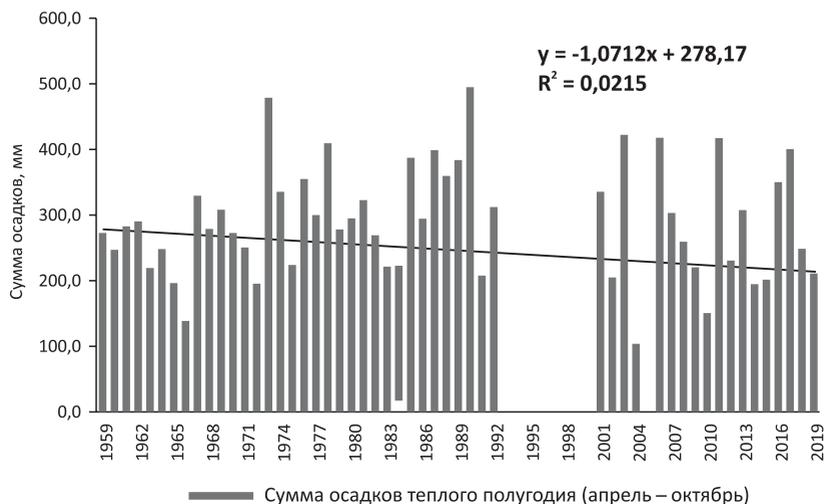


Рис. 1.12. Сумма осадков тёплого полугодия по данным м/с Хвалынский

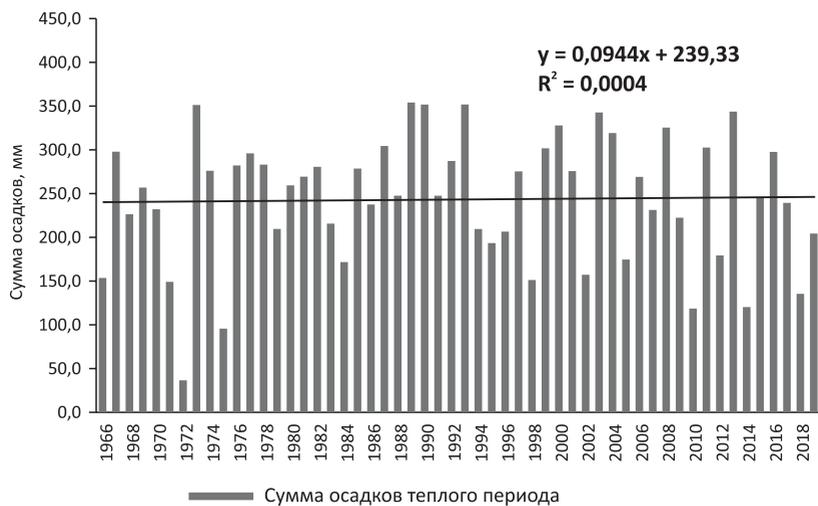


Рис. 1.13. Сумма осадков тёплого периода по данным м/с Ершов

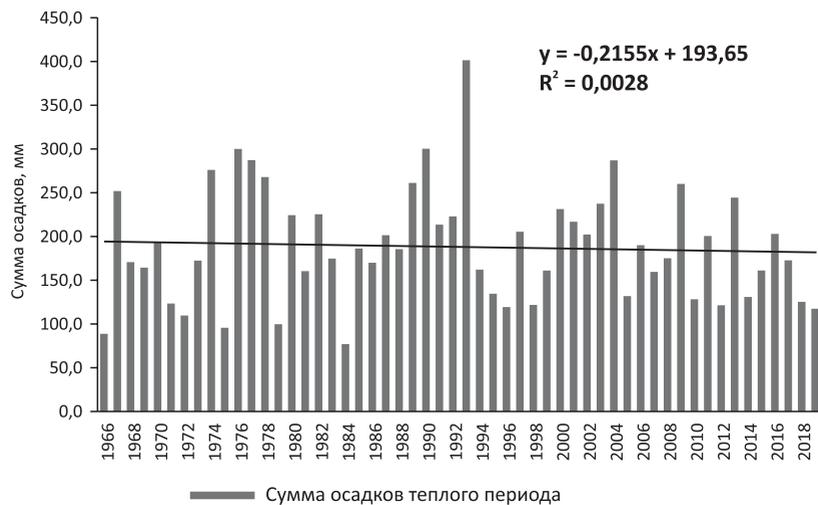


Рис. 1.14. Сумма осадков тёплого периода по данным м/с Александров Гай

Количество осадков в холодный период на территории области растёт повсеместно за исключением северной части долины р. Волги.

В табл. 1.10 представлены коэффициенты наклона линейных трендов, характеризующих изменения годовых и полугодовых сумм осадков на фоне второй волны глобального потепления. Видно, что годовые суммы осадков на территории области изменяются хаотично. Осадки тёплого периода также не обнаруживают какой-либо определенной тенденции. Осадки холодного полугодия на территории области в основном увеличиваются.

Таблица 1.10

Тенденции изменения сумм осадков
по значениям КНЛТ по метеостанциям Саратовской области
на фоне второй волны глобального потепления

Метеостанция	Теплое полугодие (IV–X)	Холодное полугодие (XI–III)	Год
Балашов	0,073	0,565	0,525
Октябрьский городок	-0,764	0,612	-0,204
Хвалынский	-1,071	-0,065	-1,049
Саратов	3,354	3,148	6,271
Ершов	0,094	0,351	0,103
Новоузенск	-0,632	0,097	-0,721
Александров Гай	-0,216	0,133	-0,276

1.2.4. Континентальность климата

Одной из важнейших характеристик климата является степень его континентальности. Эта характеристика не менее важна, чем температура и осадки, и имеет определённую информативную ценность. Отметим, что сведения о континентальности климата отсутствуют в Оценочном докладе [17].

Степень континентальности климата можно оценивать, используя различные индексы, — С. П. Хромова, Н. Н. Иванова, Л. А. Горчинского и др. По исследованиям С. Н. Лапиной [45], из вышеперечисленных трех индексов континентальности климата наиболее чув-

ствительным является показатель Л. А. Горчинского. Однако в работе С. Н. Лапиной для оценки степени континентальности климата используется не сам индекс Л. А. Горчинского, а только годовая амплитуда температуры воздуха. Согласно [46], годовая амплитуда температур является главной характеристикой континентальности климата. Кроме того, эта характеристика входит практически во все индексы. Поэтому авторы посчитали целесообразным в качестве оценки степени континентальности использовать только годовую амплитуду температур: $\Delta t = t$ июля – t января.

За рассматриваемый почти столетний временной интервал (1912 – 2017 гг.) по метеостанции Саратов Юго-Восток степень континентальности климата уменьшилась (рис. 1.15).

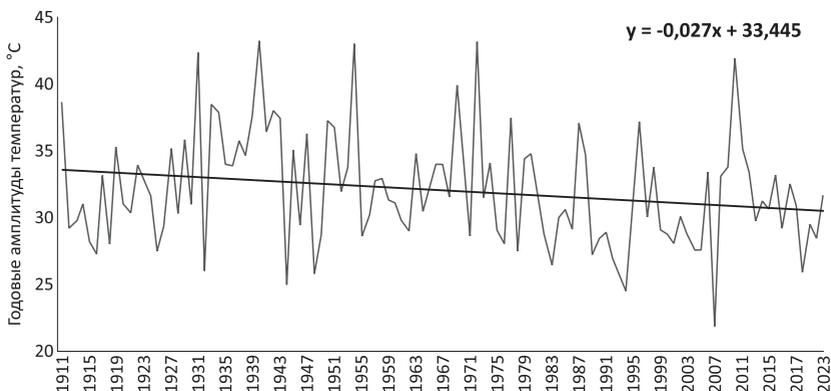


Рис. 1.15. Изменение степени континентальности климата (годовой амплитуды температур) по данным метеостанции Саратов Юго-Восток

1.2.5. Характер облачности

В связи с разгоняющимся потеплением растёт влагосодержание атмосферы и увеличивается количество облаков [29]. По данным наблюдений за облачностью в первой половине XX в. общее количество облаков на земном шаре составляло 5 баллов. В 60 – 80-е гг. XX в. общее количество облаков на земном шаре оценивалось в 5,5 балла. С учётом наблюдений в конце XIX – начале XX в. общий балл облачности по Северному полушарию составляет 6,0, по Южному – 6,5 балла [26, 46, 47].

За неимением данных по облачности по всем рассматриваемым станциям Саратовской области приведём характеристику этого метеорологического элемента по метеостанции Саратов Юго-Восток. Наблюдения за состоянием облаков введены в Программу наблюдений метеостанции Саратов Юго-Восток с 1937 г., поэтому климатический режим облачности охватывает только период климатической стабилизации и вторую волну глобального потепления. Облачность является таким метеорологическим элементом, роль которого в настоящих климатических изменениях не определена.

Для оценки климатической роли облачности и радиационной связи «облачность — температура» к временным рядам этих метеорологических величин был применён метод интегрально-разностных кривых (ИРК). Метод ИРК позволяет выделять периоды с преобладанием положительных (отрицательных) аномалий рассматриваемых величин на выбранном временном отрезке и заключается в последовательном суммировании отклонений величины от средней многолетней, вычисленной для данного периода. Каждая точка интегрально-разностной кривой соответствует сумме отклонений от многолетнего среднего значения, накопленного от начала ряда до данного года.

На рис. 1.16 представлены интегрально-разностные кривые изменения средних годовых значений температуры воздуха и общей облачности. Видно, что в ходе температуры воздуха отрицательные аномалии преобладали с конца 1930-х до начала 1970-х гг. Положительные аномалии средних годовых температур в регионе стали преобладать только с начала 90-х гг. XX в. Таким образом, и период стабилизации, и вторая волна глобального потепления в Нижнем Поволжье проявились гораздо позже (≈ 10 – 15 лет) по сравнению с глобальными тенденциями.

В период второй волны глобального потепления в Северном полушарии на Нижней Волге преобладали отрицательные аномалии как температуры, так и балла средней облачности (см. рис. 1.16). На фоне устойчивых средних годовых температур (1970–1980-е гг.) средний балл общей годовой облачности тоже оставался квазипостоянным. Установлено, что при развитии потепления в регионе в

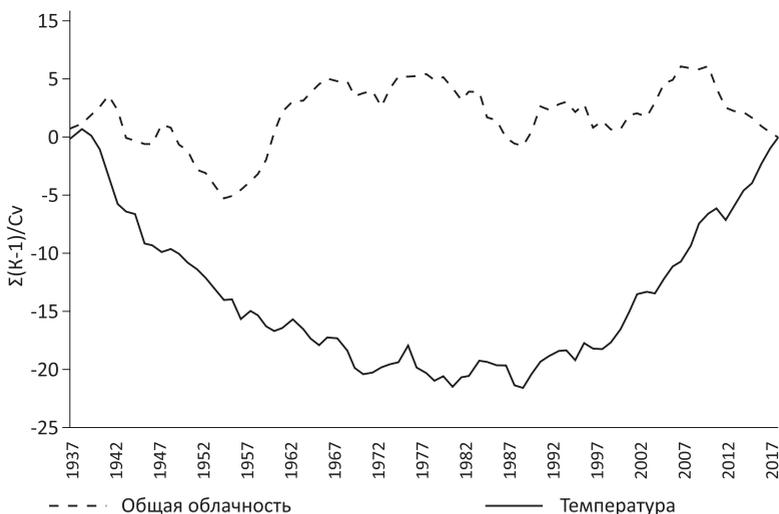


Рис. 1.16. Интегрально-разностные кривые изменения среднегодовой температуры воздуха и общей облачности по метеостанции Саратов Юго-Восток

90-е гг. XX в. и в начале XXI в. средний балл облачности сначала увеличивался, а затем начинает уменьшаться.

Облачно-радиационные процессы очень сложны, так как эффект влияния облаков прямо противоположен не только в сезонном (зима — лето), но и в суточном разрешении (день — ночь). На рис. 1.17 представлено изменение общей, дневной и ночной облачности (метеостанция Саратов Юго-Восток). Видно, что на фоне квазипостоянного среднего суточного балла общей облачности ($\alpha = -0,001$) днём количество облаков уменьшается ($\alpha = -0,002$), а ночью — растёт ($\alpha = 0,002$). Рост облаков в ночное время вне зависимости от сезона способствует уменьшению ночного выхолаживания. Этот механизм влияния облачности имеет положительное радиационное воздействие на земную климатическую систему. Снижение балла общей дневной облачности летом имеет положительное радиационное воздействие на ЗКС, зимой — отрицательное. Такая двойкая особенность облачности затрудняет проведение оценок её вклада в наблюдающиеся климатические процессы.

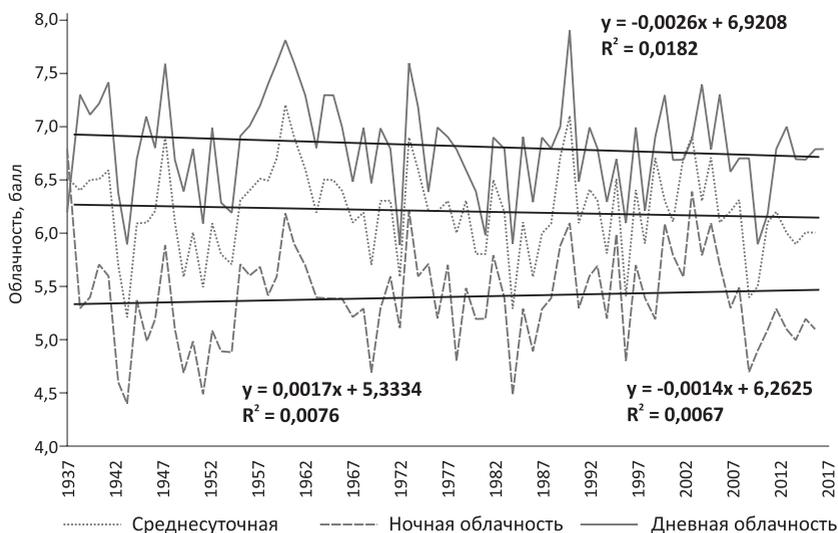


Рис. 1.17. Климатические изменения общей облачности (дневной, ночной и среднесуточной)

1.2.6. Циркуляционный режим

Барико-циркуляционный режим рассматривался на пространстве Атлантико-Евразийского сектора полушария путем построения средних многолетних полей давления на среднем уровне тропосферы. Средние многолетние поля строились для трех климатических периодов:

- 1) 1949–1974 гг. – период стабилизации;
- 2) 1975–1995 гг. – активная фаза второй волны глобального потепления;
- 3) 1996–2010 гг. – фаза замедления потепления.

Первый период соответствует периоду стабилизации, второй и третий периоды – второй волне глобального потепления. Поскольку в начале нулевых годов XXI в. наблюдалось существенное замедление темпов потепления [34, 48], то промежуток, соответствующий второй волне глобального потепления, целесообразно разбить на два подпериода – активную фазу потепления (1975–1995 гг.) и фазу замедления потепления (1996–2010 гг.).

На рис. 1.18 представлены средние многолетние поля геопотенциала на среднем уровне тропосферы в январе. Как видно из рис. 1.18, *а–в*, на среднем уровне тропосферы в январе имеет место гребень над океаном и ложбина над континентом. Такой характер поля АТ-500 гПа соответствует тепловому режиму океана и суши зимой. Однако следует отметить, что в конфигурации барических ложбин и гребней заметны различия в каждом климатическом периоде.

Так, в период стабилизации (рис. 1.18, *а*) ложбина располагается над южной Европой, а осевая линия планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) проходит с юга Скандинавии на Средний Урал. Очаг положительных отклонений геопотенциала расположен над Северной Атлантикой, а очаги отрицательных отклонений геопотенциала — над южной и восточной Европой (рис. 1.18, *з*).

В активную фазу второй волны глобального потепления произошла существенная перестройка поля геопотенциала на среднем уровне тропосферы в сторону ослабления меридиональности потоков. На пространстве Атлантико-Евразийского сектора полушария поле изогипс в АТ-500 гПа оказывается практически невозмущенным (рис. 1.18, *б*). Осевая линия ПВФЗ существенно сместилась к югу, и, следовательно, сместились основные пути перемещения циклонов. Очаги и положительных, и отрицательных отклонений геопотенциала расширились по площади и стали более размытыми по сравнению с предыдущим периодом (рис. 1.18, *д*). Именно этот период характеризуется наиболее теплыми зимами, в том числе и в Поволжье [43, 49].

В фазу замедления потепления поле на АТ-500 гПа опять перестроилось в сторону большей меридиональности и стало похожим на климатическое поле в период стабилизации (рис. 1.18, *в*). Осевая линия ПВФЗ опять сместилась к северу. Очаг положительного отклонения геопотенциала вновь сместился на Северную Атлантику, а область отрицательных аномалий образовала широкую полосу от западного сектора российской Арктики до Черного моря (рис. 1.18, *е*). Усилению меридиональности в фазу замедления потепления соответствовала череда холодных зим на Европейской части России (ЕЧР) в это время.

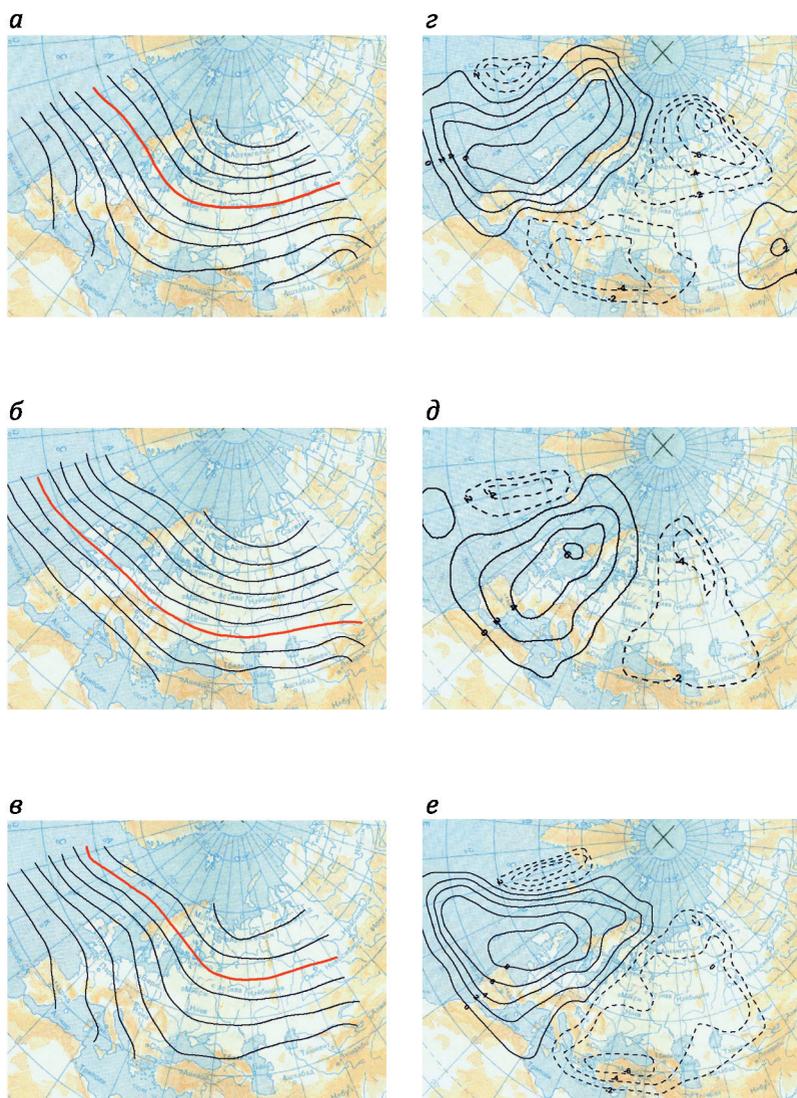


Рис. 1.18. Среднее многолетнее поле изогипс поверхности 500 гПа, январь: *a* – 1949–1974, *б* – 1975–1995, *в* – 1996–2010, красной линией показана осевая изогипса; среднее многолетнее поле изаномал геопотенциала поверхности 500 гПа, январь: *г* – 1949–1974, *д* – 1975–1995, *е* – 1996–2010

На рис. 1.19 представлены средние многолетние поля геопотенциала на среднем уровне тропосферы в три климатических периода в июле. Общим для всех полей является более «спокойный» характер циркуляции по сравнению с зимним в связи с меньшим контрастом температур экватор — полюс летом. Изогипсы сгущены над океаном, разрежены над континентом. Однако различия в характере циркуляции тоже заметны, особенно в полях отклонений геопотенциала.

В период стабилизации (рис. 1.19, *а*) наиболее глубокий очаг отрицательных значений геопотенциала располагается над севером Атлантики, область положительных отклонений распространяется широкой полосой из района влияния Азорского максимума на Карское море (рис. 1.19, *б*). Укажем, что в этот климатический период повторяемость воздействия субтропических антициклонов была довольно высокой по сравнению с другими климатическими периодами [50].

В следующий климатический период — активную фазу потепления — наблюдается перестройка поля геопотенциала: очаг положительных аномалий продвигается на континент (Западную Европу), размыкается ось смыкания Азорского и Арктического антициклонов, над югом ЕЧР начинает формироваться очаг положительных отклонений геопотенциала (рис. 1.19, *б*, *д*).

В фазу замедления потепления (рис. 1.19, *в*, *е*) вся Европа находится в области положительных геопотенциальных высот, а над Поволжьем формируется замкнутый очаг, что указывает на повышенную повторяемость антициклонов в районе Средней и Нижней Волги. Учитывая такую перестройку поля давления, можно предположить, что в дальнейшем при развитии потепления вклад летних сезонов будет более весомым. Такое развитие процессов не является характерным для земной климатической системы и может представлять интерес для развития физической теории климата.

Укажем, что присутствие летом антициклонов в Поволжье связано с увеличением повторяемости вторжений арктических антициклонов в этот район [51]. Летний прогрев сухого арктического воздуха приводит к его быстрой трансформации в местный тропический.

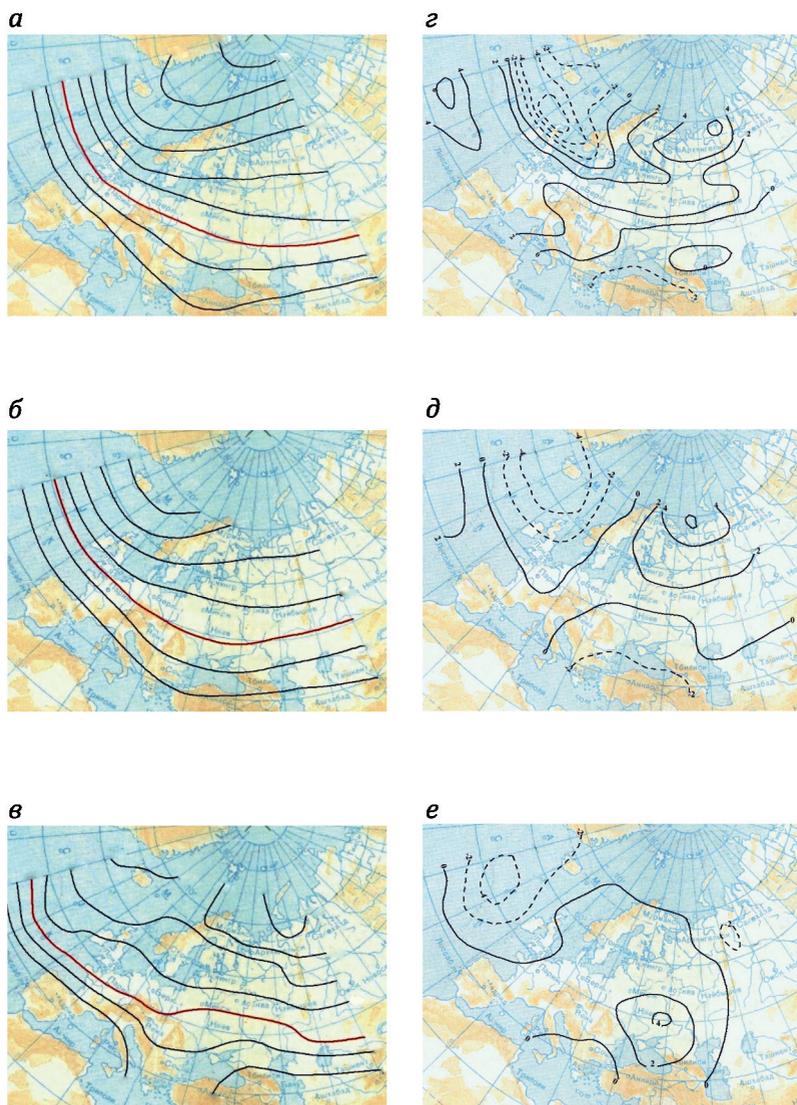


Рис. 1.19. Среднее многолетнее поле изогипс поверхности 500 гПа, июль: *a* – 1949–1974, *б* – 1975–1995, *в* – 1996–2010, красной линией показана осевая изогипса; среднее многолетнее поле изаномал геопотенциала поверхности 500 гПа, июль: *г* – 1949–1974, *д* – 1975–1995, *е* – 1996–2010

Таким образом, в различные климатические периоды состояния земной климатической системы наблюдаются определенные особенности в характере циркуляции на среднем уровне тропосферы.

ГЛАВА 2. ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

2.1. ОБРАБОТКА ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО ДАННЫМ MODIS

Обработка метеорологических данных на основе восстановления температуры воздуха на уровне 2 м делается по материалам измерений температуры подстилающей поверхности. Для анализа температурного режима подстилающей поверхности могут быть использованы различные данные как контактного (прямого), так и дистанционного зондирования Земли с помощью самолётов или космических систем.

Прямой способ включает непосредственную регистрацию температуры поверхности на наземных метеорологических станциях. Как правило, на метеостанциях сети Росгидромета используются почвенные жидкостные термометры и/или датчики автоматических измерительных метеорологических комплексов.

Дистанционный способ измерения температуры земной поверхности основан на принципе регистрации его теплового излучения с помощью радиометров, установленных на искусственных спутниках Земли (ИСЗ). Учитывая значения тепловых каналов, можно определить температуру подстилающей поверхности. ИСЗ, на которых используется такая аппаратура, позволяют дистанционно получать информацию практически по всему миру с достаточно высоким пространственным и временным разрешением. По данному вопросу опубликовано большое количество работ как в России, так и за рубе-

жом [52]. В статье А. А. Гостевой с соавторами [53] обсуждается возможность использования данных коэффициента эмиссии сканера TIRS спутника Landsat-8 для определения поверхностной температуры при различных типах подстилающей поверхности: почва, вода, растительность, строения.

Для исследования температуры земной поверхности могут быть применены также космические снимки в инфракрасном диапазоне от инструментов MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), которые установлены на спутниках Terra и Aqua. Регистрация инфракрасного излучения в диапазоне 10,78–11,28 мкм (канал 31) и в диапазоне 11,77–12,27 мкм (канал 32) позволяет получать информацию о температуре подстилающей поверхности и температуре на верхней границе облаков. Пространственное разрешение таких снимков составляет 1000 м.

Для расчёта температуры подстилающей поверхности учитываются значения интенсивности теплового излучения и характеристики атмосферы. Важно также учесть влияние облачности, так как при её наличии измерение непосредственно температуры подстилающей поверхности практически невозможно.

Для безоблачных сцен в доступе имеются продукты MOD11A1 (для спутника Terra) и MYD11A1 (для спутника Aqua), содержащие данные о температуре земной поверхности разрешением 1000 м по пространству и 1 сутки по времени. Оба продукта формируются для ночных и дневных условий. В настоящем исследовании использовался продукт MOD11A1.

Для получения доступа к спутниковым данным MODIS был использован ресурс Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples [54, 55]. Интернет-портал AppEEARS позволяет пользователям анализировать архивную и оперативную спутниковую информацию для выбранного региона за различные временные интервалы.

На сайте доступны два типа запросов данных: по географическим координатам и для пространственных областей с помощью векторных полигонов. Типовые запросы, представленные на платформе AppEEARS, дают пользователям не только значения самих данных, но и соответствующую информацию об их качестве.

Платформа AppEEARS позволяет работать с архивными и оперативными данными о температуре подстилающей поверхности с различными временными интервалами.

Продукты MOD11A1 на указанной платформе обновляются ежедневно по мере поступления информации со спутника. Архивные данные доступны с 24 февраля 2000 г. по настоящее время.

Расчёт значений температуры поверхности производился по данным продукта MOD11A1 для территории, ограниченной прямоугольным полигоном, координаты вершин которого представлены в табл. 2.1.

В ряде работ отмечается, что для некоторых целей можно использовать данные продукта MOD11A1 как индикатора приповерхностной температуры воздуха [56–58].

В качестве наземных данных был использован ряд измерений приповерхностной температуры воздуха с комплексной радиотехнической аэродромной метеорологической станции (КРАМС) на авиационной метеорологической станции (АМСГ) аэропорта «Гагарин» (г. Саратов).

КРАМС предназначена для измерения и сбора метеоинформации об основных параметрах атмосферы на аэродроме, обработки этой информации, формирования метеорологических сообщений, отображения, регистрации и распространения информации по каналам связи для обеспечения взлёта и посадки воздушных судов. Для получения данных о температуре воздуха с помощью данной метеорологической станции используется измерительный канал температуры и влажности типа HMP45D, расположенный на высоте 2 м [59].

Таблица 2.1

Координаты вершин полигона
для расчёта значений температуры поверхности, градусы

Номер вершины полигона	Широта	Долгота
1	51,70385742187500	46,169219970703125
2	51,73626708984375	46,169219970703125
3	51,73626708984375	46,220306396484375
4	51,70385742187500	46,220306396484375

Согласно техническому регламенту [60] регулярные метеорологические наблюдения ведутся на всех аэродромах ежедневно в круглосуточном режиме. Исключение составляют, как правило, небольшие аэропорты и взлетно-посадочные площадки. Круглосуточные международные аэропорты, в том числе и аэропорт «Гагарин», ведут регулярные метеорологические наблюдения на специализированных авиаметеорологических станциях (АМСГ).

Метеорологические наблюдения проводятся с интервалом в один час или, если это предусмотрено региональным аэронавигационным соглашением, с интервалом в полчаса и включают целый комплекс измеряемых параметров состояния атмосферы в районе аэродрома. Полученная информация используется как для нужд самого аэропорта, так и для воздушных судов, находящихся в полете. Во втором случае метеорологическая информация передается в виде регулярных метеорологических сводок погоды по аэродрому по правилам кода METAR (METeorological Aerodrome Report) [61].

Наблюдения за температурой воздуха и температурой точки росы, предназначенные для местных регулярных сводок, в том числе и сводок METAR, являются репрезентативными для всего комплекса взлетно-посадочной полосы (ВПП). Данный вид сводок выпускается с часовыми или получасовыми интервалами, в 00 и 30 мин каждого часа.

Данные сводок METAR по большому числу аэропортов мира можно найти на сервере авиационного погодного центра Aviation Weather Center NOAA (www.aviationweather.gov). Для аэропорта «Гагарин» (г. Саратов) метеорологические данные доступны с 20 августа 2019 г.

Таким образом, был рассмотрен период с 20 августа 2019 г. по 14 февраля 2020 г., для которого имеются параллельный ряд наблюдений приповерхностной температуры воздуха с АМСГ аэропорта «Гагарин» и данные по температуре подстилающей поверхности в виде спутникового продукта MOD11A1, что позволило провести сопоставление данных для этого промежутка времени (рис. 2.1, 2.2).

Рассмотренная модель обработки данных спутниковых измерений температуры подстилающей поверхности по данным MODIS позволяет оценить температурный режим подстилающей поверхно-

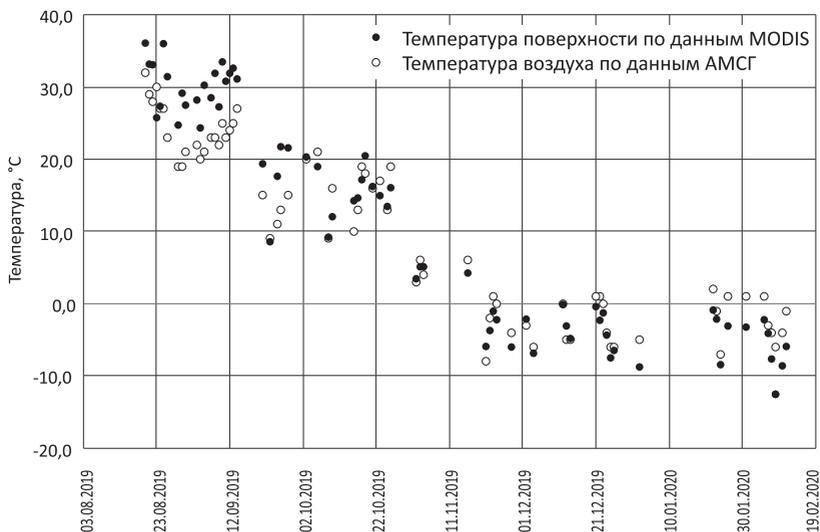


Рис. 2.1. Временная изменчивость данных MODIS и данных наземных измерений на АМСГ аэропорта «Гагарин» в дневное время

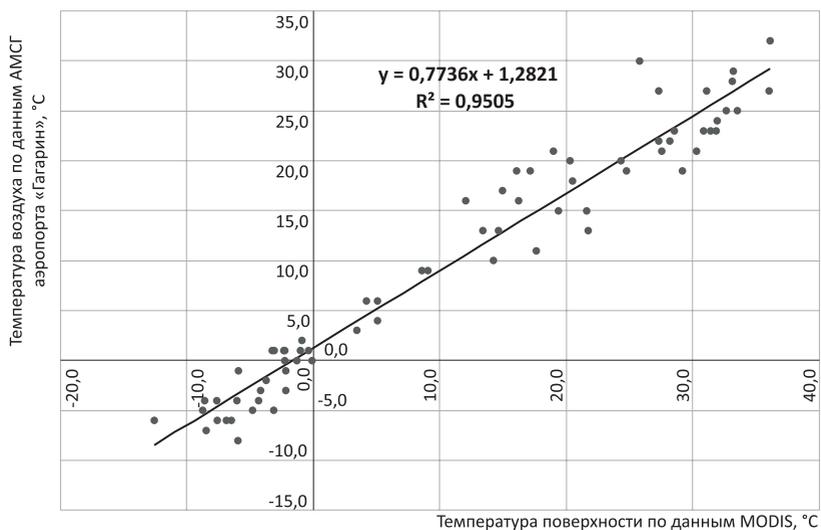


Рис. 2.2. Сравнение данных MODIS и данных наземных измерений на АМСГ аэропорта «Гагарин» в дневное время

сти и косвенным образом оценить изменчивость температуры воздуха на высоте 2 м. Например, метод применим для изучения температурного режима урбанизированных территорий на наличие эффекта городского острова тепла или эффекта «оазиса». В некоторых случаях такие метеорологические данные могут существенно сэкономить ресурсы при подготовке к отопительному сезону городских территорий [56–58].

Методика оценки городского острова тепла была проведена для территории г. Энгельса и его пригорода. Для этих целей было выбрано 4 полигона равной площади: один непосредственно в черте городской застройки, один юго-восточнее на небольшом удалении от неё (1,5–2,0 км) и один на удалении 5 км от городской застройки. Четвёртый участок был выбран в районе пойменной части долины р. Волги для учёта влияния Волгоградского водохранилища. Для каждого полигона были выбраны дни с наличием спутниковых данных.

На рис. 2.3 представлена временная изменчивость температуры поверхности для четырёх рассматриваемых полигонов в 2019–2020 гг. Заметны существенные различия между выбранными тестовыми площадками в течение всего года. Особо отметим полигон, расположенный вблизи поймы р. Волги, имеющий наибольшую разность по сравнению с городским полигоном и пригородными участками. В некоторые случаи, особенно в период, когда Волгоградское водохранилище не покрыто льдом, наблюдаются существенные температурные контрасты, достигающие 10–15°C.

В случае, когда проводились измерения над территорией города и пригорода, рассчитывалась разница температур как для дневных условий, так и ночных. В качестве примера приведена временная изменчивость разности температур между г. Энгельсом и его ближним пригородом в 2019–2020 гг. по данным MOD11A1 в дневное (рис. 2.4) и ночное (рис. 2.5) время.

Для дальнего пригорода ход разности температур аналогичен ближнему пригороду и городу, при этом ее величина примерно на 1,0–1,5°C больше. Отмечается различие хода разницы температур днём и ночью. Ночью, в течение всего года в городе наблюдается положительная разница температур по отношению к приго-

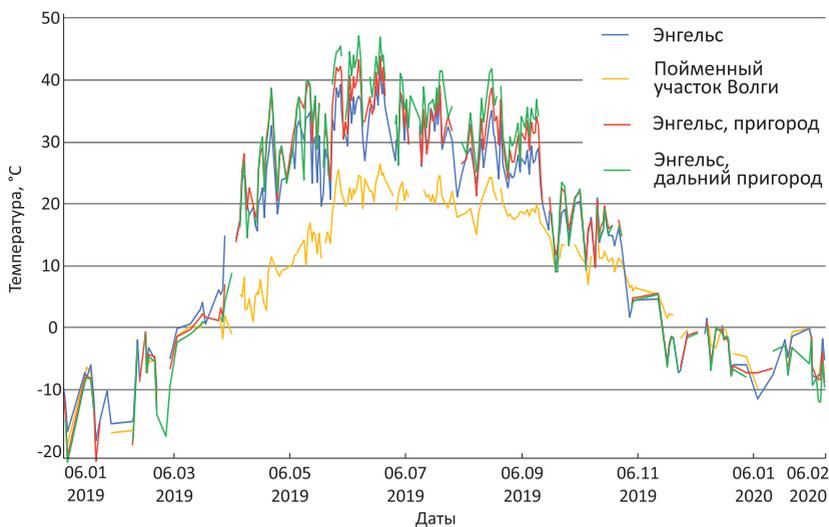


Рис. 2.3. Временная изменчивость температуры для выбранных полигонов для г.Энгельса, его пригородов и пойменного участка в 2019–2020 гг. по данным MOD11A1 в дневное время

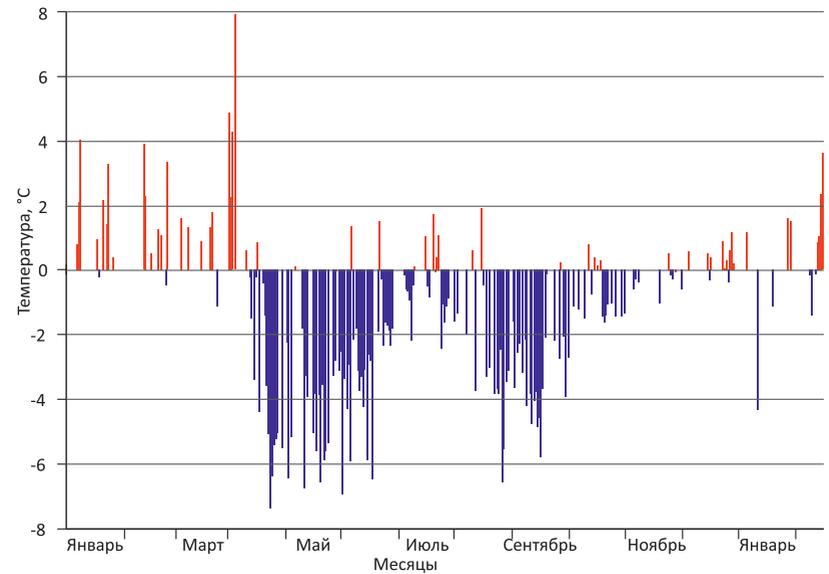


Рис. 2.4. Временная изменчивость разности температур между г.Энгельсом и его ближним пригородом в 2019–2020 гг. по данным MOD11A1 в дневное время

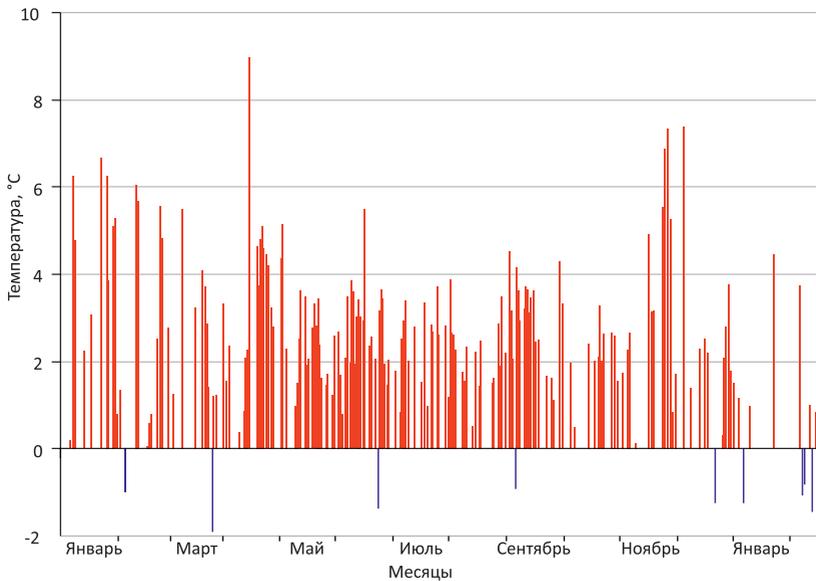


Рис. 2.5. Временная изменчивость разности температур между г.Энгельсом и его ближним пригородом в 2019–2020 гг. по данным MOD11A1 в ночное время

роду, в то время как днем положительные величины сохраняются только в зимний период. Летом дневная разница температур для города, наоборот, отрицательная, т. е. городская территория более прохладная по отношению к пригороду. Подобный ход температуры днём в г. Энгельсе возможно объясняется охлаждающим эффектом Волгоградского водохранилища летом, когда акватория свободна ото льда. Зимой же влияние водохранилища минимально, так как при ледоставе взаимодействие водохранилища с атмосферой минимально.

В целом спутниковые данные спектро радиометра MODIS могут быть использованы и для анализа микроклимата других урбанизированных территорий Заволжья, где метеорологическая сеть наблюдений имеет малую плотность.

2.2. ОБРАБОТКА ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ОБЛАЧНОГО ПОКРЫТИЯ CLOUD FRACTION ДЛЯ ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Наиболее полные архивы данных гидрометеорологических наблюдений сосредоточены в научно-исследовательском институте ВНИИГМИ-МЦД в Обнинске. ВНИИГМИ-МЦД — это крупнейший в мире научный центр, где собран архив регулярно обновляемых гидрометеорологических данных за последние полтора века об общем количестве облачности, форме облаков, высоте нижней границы облачности и другой информации.

В настоящей монографии приведены результаты использования данных по общему количеству облачности. Облачность кодируется в баллах от 0 до 13. Величина 0 означает полное отсутствие облаков или покрытие облаками менее $1/10$ небосвода, а значение 10 означает, что небосвод полностью покрыт облаками; 11 обозначает наличие следов облаков; 12 — 10 баллов с просветами; 13 — облака невозможно определить [61].

Для оптимального анализа общего количества облачности по проекту NASA Earth Observation Cloud Fraction данные ВНИИГМИ-МЦД, опубликованные в баллах, были переведены в единицы измерения спутникового проекта — в доли единицы.

Приведём результаты обработки массивов измерений по метеостанциям Саратов, Ершов, Балашов. Эти данные были использованы для анализа временной изменчивости общего количества облачности и сопоставления со спутниковыми данными проекта NASA Earth Observation Cloud Fraction. Было проведено сравнение среднемесячных значений общего количества облачности по данным архива ВНИИГМИ-МЦД и данными проекта NASA Earth Observation Cloud Fraction за период 2000—2020 гг. [62].

На рис. 2.6 сопоставлены данные общего количества облачности на станции Саратов и спутниковых измерений. Видна хорошая согласованность рассматриваемых величин. Аналогичные графики построены для Ершова, Балашова (рис. 2.7, 2.8).

Для привязки значений спутникового проекта к наземным данным были построены корреляционные диаграммы для Саратова, Ершова, Балашова, представленные на рис. 2.9—2.11. Также была



Рис. 2.6. Временной ход общего количества облачности в Саратове по наземным данным и спутниковым измерениям NASA (Terra) за период 2000–2020 гг.



Рис. 2.7. Временной ход общего количества облачности в Ершово по наземным данным и спутниковым измерениям NASA (Terra) за период 2000–2020 гг.



Рис. 2.8. Временной ход общего количества облачности в Балашове по наземным данным и спутниковым измерениям NASA (Terra) за период 2000–2020 гг.

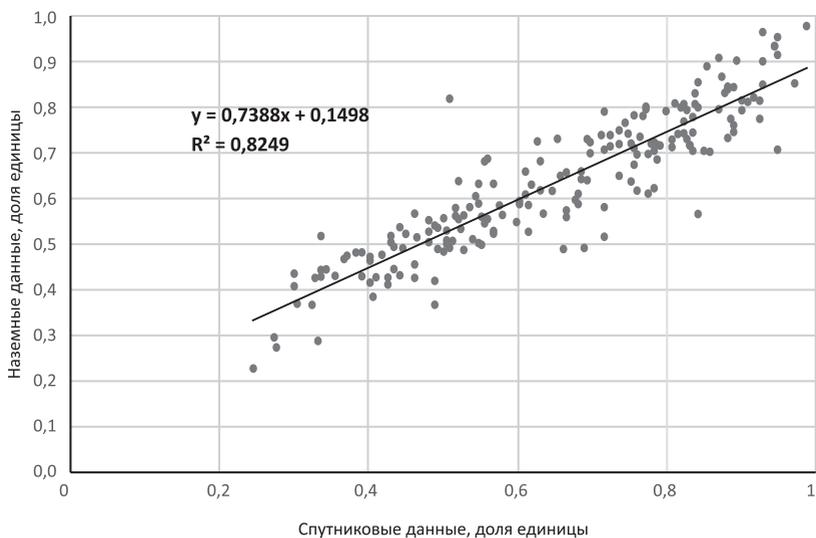


Рис. 2.9. Корреляционная диаграмма по наземным данным и спутниковым измерениям NASA (Terra) за период 2000–2020 гг. в Саратове

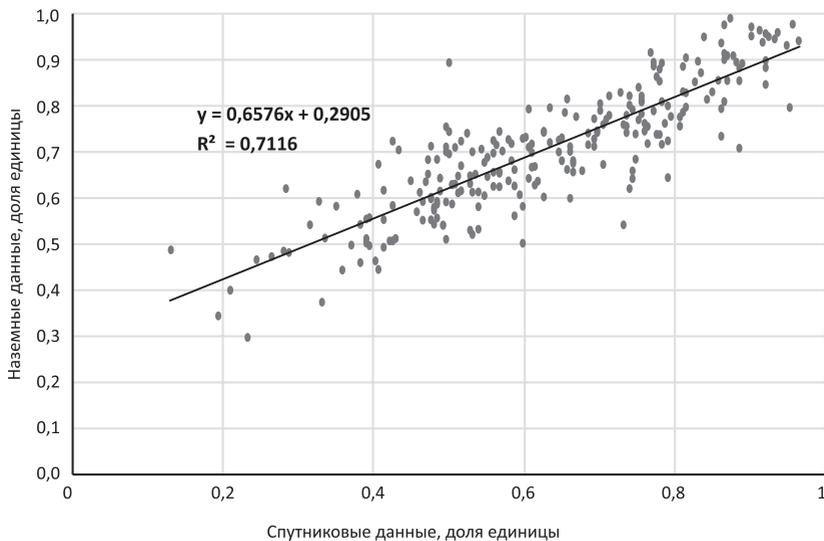


Рис. 2.10. Корреляционная диаграмма по наземным данным и спутниковым измерениям NASA (Terra) за период 2000–2020 гг. в Ершове

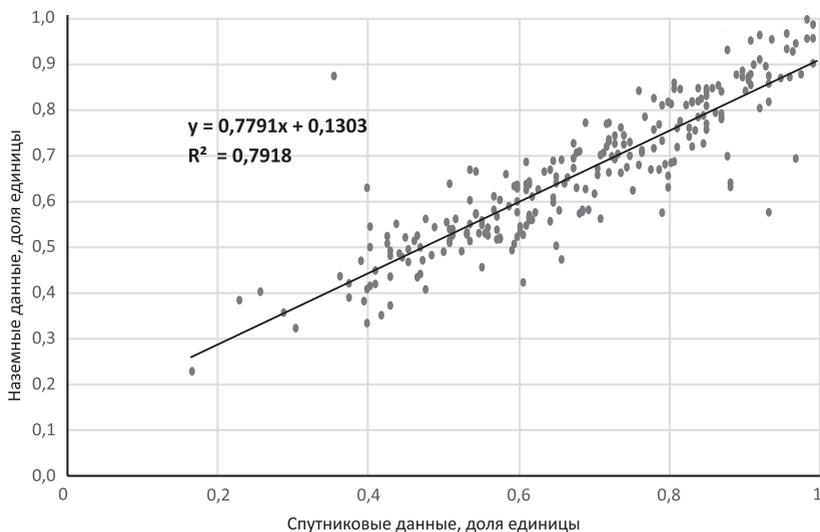


Рис. 2.11. Корреляционная диаграмма по наземным данным и спутниковым измерениям NASA (Terra) за период 2000–2020 гг. в Балашове

проведена процедура оценки корреляционной зависимости между рядами наземных данных со спутниковыми данными. Для Саратова коэффициент корреляции составил 0,91, для Ершова – 0,81, для Балашова – 0,84.

Таким образом, проведённые сравнения позволили сделать вывод о пригодности спутниковых данных проекта NASA Earth Observation Cloud Fraction для восстановления среднемесячных значений общей облачности и оценки ее изменчивости.

2.3. ОБРАБОТКА ДАННЫХ СПУТНИКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПОТОКОВ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ

Наиболее полные архивы данных актинометрических наблюдений сосредоточены в мировых центрах радиационных данных (МЦРД), спонсируемых Всемирной метеорологической организацией (ВМО). Один из крупнейших центров расположен в Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова (ГГО) в Санкт-Петербурге. Данный центр накапливает актинометрическую информацию,

содержащую характеристики потоков солнечной радиации из сети актинометрических станций Африки, Евразии, включая Россию. Ежегодно на сайте Мирового радиационного центра данных ГГО им. А. И. Воейкова (wrdc.mgo.rssi.ru) публикуются бюллетени, содержащие информацию о прямой и рассеянной солнечной радиации по актинометрическим станциям мира [63].

Авторы монографии использовали массивы актинометрических измерений по станции Самара, которая является единственной актинометрической станцией в Среднем и Нижнем Поволжье, архив которой опубликован в бюллетенях ГГО. Эти данные были задействованы для анализа временной изменчивости составляющих радиационного баланса подстилающей поверхности и сопоставления со спутниковыми данными проекта CERES (ceres.larc.nasa.gov). Также для проверки репрезентативности спутниковых данных использовались массивы информации, полученные на станции Петропавловск-Камчатский [64]. В монографии проведены результаты сравнения среднемесячных значений суммарной солнечной радиации по данным архива ГГО, представленных в БД Мирового радиационного центра и данным проекта CERES за период с 2007 по 2018 г. [65 – 67].

Первоначально для оптимального анализа суммарной солнечной радиации по проекту CERES данные ГГО были переведены в единицы измерения проекта CERES – Вт/м².

На рис. 2.12 показано сопоставление данных актинометрических измерений на станции Самара и спутниковых измерений проекта CERES. Очевидна хорошая согласованность рассматриваемых величин.

Для привязки значений проекта CERES к данным актинометрической станции была построена корреляционная диаграмма для Самары, представленная на рис. 2.13. Выведено уравнение взаимосвязи данных рядов по суммарной солнечной радиации по актинометрической станции Самара и спутниковым измерениям. Это позволяет утверждать, что данные актинометрических станций хорошо согласуются со спутниковой информацией.

Была проведена процедура оценки корреляционной зависимости актинометрической информации между рядами наземных дан-



Рис. 2.12. Временной ход суммарной солнечной радиации у поверхности земли в Самаре по данным актинометрических станций и спутниковых измерений NASA (Aqua) за период 2012–2017 гг.

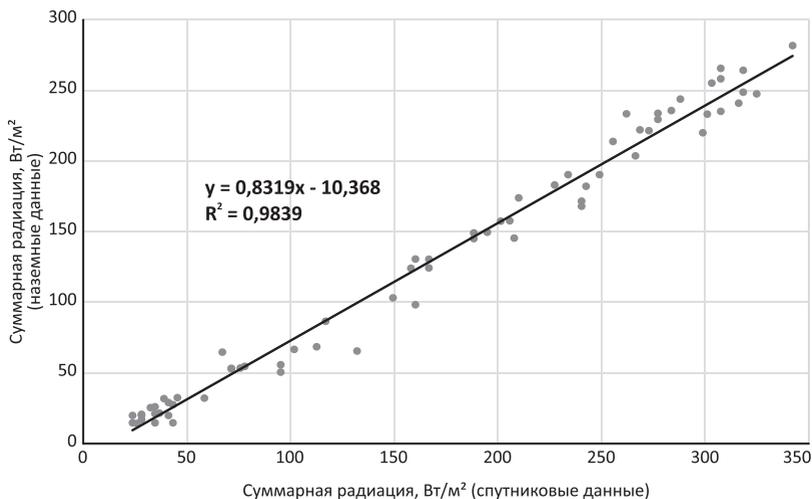


Рис. 2.13. Корреляционная диаграмма по данным актинометрических станций и спутниковых измерений NASA (Aqua) за период 2012–2017 гг. в Самаре

ных со спутниковыми данными. Для Самары коэффициент корреляции составил 0,99.

Проведённые сравнения позволили сделать вывод о пригодности спутниковых данных проекта CERES для оценки изменчивости суммарной радиации для любой географической точки в пределах наблюдаемости спутниковых радиометров.

В качестве примера на рис. 2.14 показана временная изменчивость суммарной солнечной радиации в г. Саратове на основе спутниковых измерений.

В период с 2007 по 2018 г. наибольшие значения отмечались в июне — июле каждого года. Самое максимальное значение для данного пункта отмечено в июне 2015 г. и составило 349 Вт/м². Минимальные значения отмечались в декабре каждого года. Наименьшее значение для данного пункта в рассматриваемый период времени наблюдалось в декабре 2018 г. и составило 22 Вт/м².

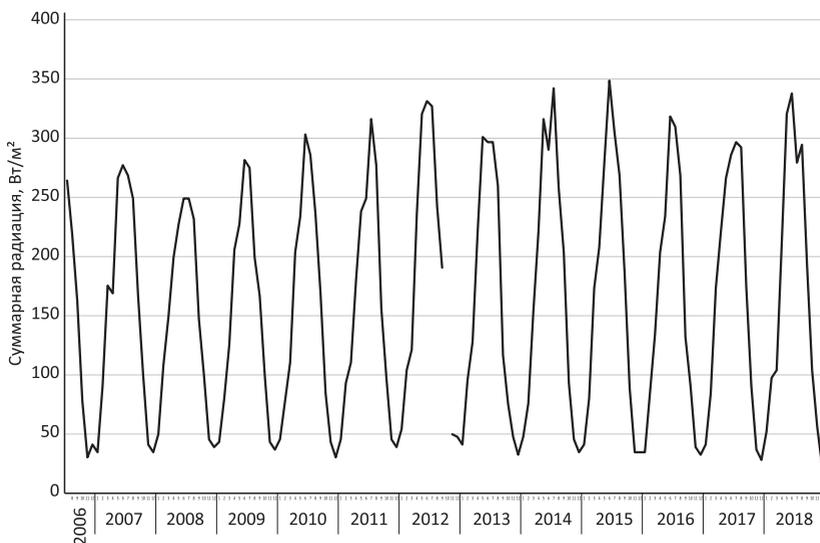


Рис. 2.14. Временной ход суммарной солнечной радиации по данным спутниковых измерений NASA (Aqua) за период 2007–2018 гг. в Саратове

2.4. ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ СУММАРНОЙ РАДИАЦИИ ПО ДАННЫМ ПРОЕКТА CERES НА ТЕРРИТОРИИ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Для характеристики поступающей на территорию Саратовской области солнечной радиации использовались следующие показатели: величина суммарной радиации и её изменчивость в разные временные интервалы. В основу исследования положены данные измерения суммарной радиации проекта «Clouds and the Earth's Radiant Energy System» (CERES). Наличие такой климатической информации позволяет выполнить достаточно детальный анализ влияния реальных местных климатических условий на работу солнечных установок [68–70].

Для получения заданных значений из большого массива данных архива CERES (NASA), которые в дальнейшем использовались для построения карт распределения суммарной радиации в Саратовской области (рис. 2.15–2.17), был разработан макрос для программы Microsoft Excel.

Затем, используя ГИС пакет MapInfo 12, было выполнено районирование территории области по количеству поступающей суммарной солнечной радиации. Показано как количество суммарной

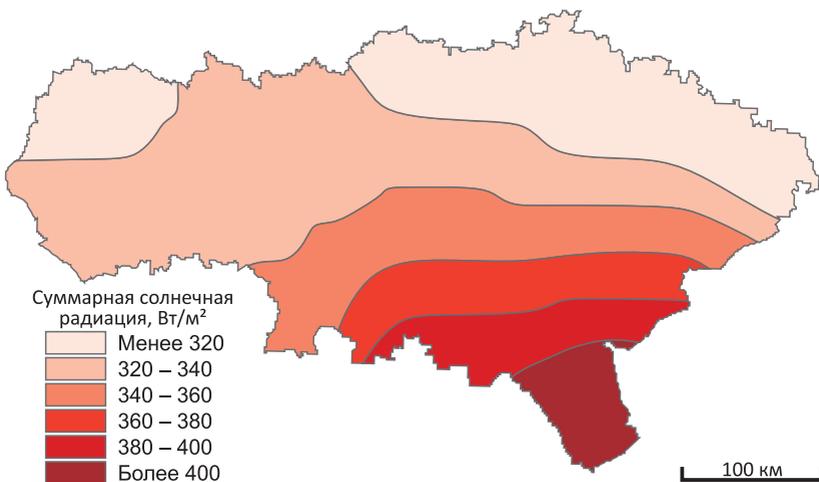


Рис. 2.15. Карта распределения суммарной солнечной радиации по территории Саратовской области по данным спутникового проекта CERES в июне 2018 г.

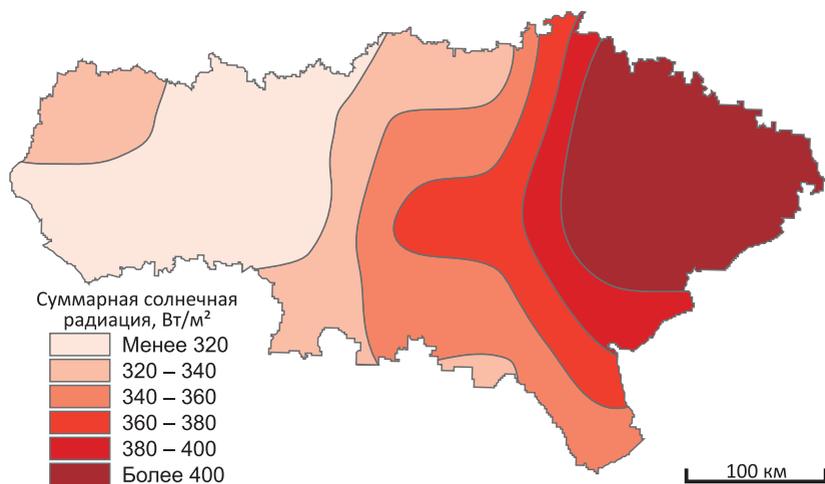


Рис.2.16. Карта распределения суммарной солнечной радиации по территории Саратовской области по данным спутникового проекта CERES в июле 2018 г.

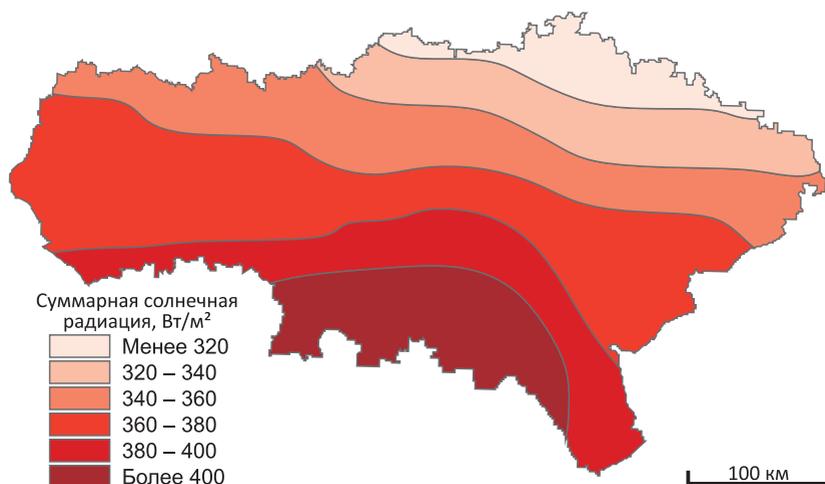


Рис.2.17. Карта распределения суммарной солнечной радиации по территории Саратовской области по данным спутникового проекта CERES в августе 2018 г.

солнечной радиации, так и её изменчивость. Это позволяет дифференцировать территорию Саратовской области по особенностям радиационного режима.

Согласно рис. 2.15 – 2.17, иллюстрирующим распределение суммарной радиации на территории Саратовской области, величина суммарной радиации характеризуется существенной пространственной и сезонной изменчивостью.

Стоит отметить, что пространственное и временное распределение суммарной солнечной радиации в большей степени зависит от облачности. Так, к примеру, на рис. 2.15 и рис. 2.17 значения среднемесячных потоков суммарной солнечной радиации распределены квазиширотно, а на рис. 2.16 – меридионально. Меридиональный ход в июне 2018 г. можно объяснить особенностями распределения облачности над Саратовской областью в этот период. В другие годы в июне распределение похожее.

Южные районы региона можно с полным правом отнести к солнечным. Здесь приход солнечной радиации в зимние месяцы колеблется от 30 до 70 Вт/м², а в летние – от 340 до 410 Вт/м². Центральная часть Саратовской области характеризуется средними значениями солнечной радиации, летом значения суммарной радиации колеблется от 340 до 390 Вт/м², зимой – от 10 до 50 Вт/м². Север Саратовской области характеризуется низкими значениями – зимой от 10 до 40 Вт/м², летом – от 320 до 380 Вт/м².

Глава 3. Влияние современных изменений климата на отдельные свойства и компоненты геосистем и хозяйственную деятельность в разных ландшафтных зонах Саратовской области

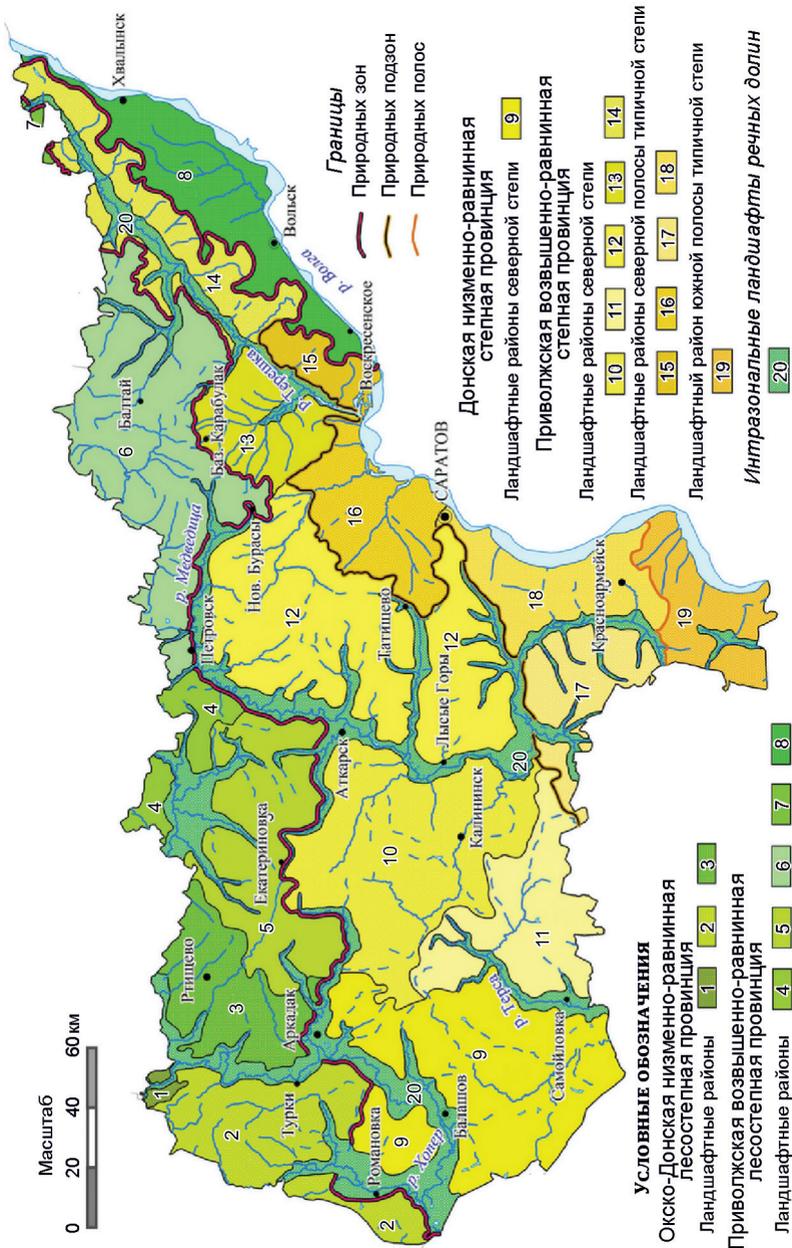
3.1. Ландшафтное районирование Саратовской области

3.1.1 Лесостепные и степные ландшафтные районы Саратовского Правобережья

Согласно ландшафтному районированию [36, 71 – 74], в Саратовском Правобережье находятся две лесостепные и две степные провинции физико-географической страны Русская (Восточно-Европейская) равнина (рис. 3.1).

В Саратовском Правобережье около 34,1% территории занимает лесостепь, 49,7% – северная степь, 12,9% – северная полоса типичной степи, 3,3% – южная полоса типичной степи.

На крайнем западе Саратовской области в бассейне р. Хопёр размещается Окско-Донская низменно-равнинная лесостепная провинция, на которую приходится 10,3% от площади Саратовского Правобережья. К югу от нее находится Донская низменно-равнинная степная провинция, занимающая 12,1% территории Саратовского Правобережья. К востоку от этих провинций простирается Приволжская возвышенность, к которой приурочены две провинции: Приволжская возвышенно-равнинная лесостепная (23,8%) и Приволжская возвышенно-равнинная степная (53,8%). Во всех провинциях есть интразональные ландшафты речных долин.



Окско-Донская низменно-равнинная лесостепная провинция

Окско-Донская лесостепная ландшафтная провинция находится на северо-западе Саратовской области (см. рис. 3.1). Около 14,2% территории провинции (или 1,5% от площади Саратовского Правобережья) приходится на ландшафты речных долин. На территорию области заходит восточная окраина Окско-Донской равнины [36], являющейся денудационной равниной средне- и позднеплейстоценового возраста [75]. Абсолютные высоты находятся на уровне 150–200 м, на северо-востоке – 200–238 м.

Окско-Донская лесостепная ландшафтная провинция относится к Хопёрскому бассейну. Здесь протекает р. Хопёр с притоками Ольшанка, Тамала, Изнаир, Аркадак, Карай и др. К бассейну Карая (правый приток Хопра) принадлежат реки Сухой Карай, Мокрый Карай, Щербедина и др. Река Байка, протекающая на северо-востоке Окско-Донской провинции, впадает в р. Сердоба (левый приток Хопра). Северо-западную часть провинции дренирует р. Карай, впадающая в р. Ворона (правый приток Хопра).

Для Окско-Донской провинции характерна среднегодовая температура воздуха 4–5°C [36], сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C – 2460°C. Согласно С.И. Пряхиной и М.Ю. Васильевой, годовое количество осадков составляет 454–505 мм, коэффициент увлажнения – 0,33, продолжительность вегетационного периода – 143 дня (метеостанция Ртищево) [76].

В правобережье Хопра, а также в бассейне р. Байка на северо-востоке провинции преобладают чернозёмы типичные на глинах и тяжёлых суглинках. В Турковском муниципальном районе в чер-

←
Рис. 3.1. Ландшафтные провинции и районы Саратовского Правобережья (сост. по: [36, 71, 73, 74]): ***Окско-Донская низменно-равнинная лесостепная провинция***. Ландшафтные районы: 1 – Хопёрско-Тамалинский, 2 – Карайско-Хопёрский, 3 – Изнаир-Аркадакский; ***Приволжская возвышенно-равнинная лесостепная провинция***. Ландшафтные районы: 4 – Хопёрско-Сердобский, 5 – Аткарско-Сердобский, 6 – Алай-Узинский, 7 – Верхне-Терешкинский, 8 – Волго-Терешкинский; ***Донская низменно-равнинная степная провинция***. Ландшафтный район северной степи: 9 – Хопёрско-Терсинский; ***Приволжская возвышенно-равнинная степная провинция***. Ландшафтные районы северной степи: 10 – Аркадакско-Медведицкий, 11 – Терсинско-Щелканский, 12 – Идолго-Медведицкий, 13 – Казанлинско-Карабулакский, 14 – Средне-Терешкинский; Ландшафтные районы северной полосы типичной степи: 15 – Нижне-Терешкинский, 16 – Чардымо-Курдюмский, 17 – Щелканско-Карамышский, 18 – Волго-Карамышский; Ландшафтный район южной полосы типичной степи: 19 – Волго-Иловлинский

нозёмках типичных содержание гумуса достигает 9,5% на целинных участках [77].

В левобережье Хопра, а также в бассейне р. Тамала на севере провинции доминируют чернозёмы выщелоченные, сформировавшиеся на глинах и тяжёлых суглинках, а на придолинных склонах — на средних и лёгких суглинках. В нижних частях склонов речных долин встречаются комплексы чернозёмов с солонцами (от 10—25 до 50—75%). На вторых надпойменных террасах рек развиты чернозёмы типичные остаточно-луговатые и чернозёмы выщелоченные остаточно-луговатые, сформировавшиеся на разных породах (глины, суглинки, супеси и пески).

В долине Хопра встречаются небольшие массивы песков. Участки, приуроченные к пескам, супесям и лёгким суглинкам, нередко подвержены дефляционным процессам. На первой надпойменной террасе представлены лугово-черноземные почвы, в пределах пойм — аллювиальные, луговые и лугово-болотные почвы. Иногда (например, в долинах рек Карай и Щербедина) аллювиальные почвы образуют комплексы с солонцами (доля солонцов — 10—25%) [78].

В Окско-Донской провинции распространены луговые степи, а также небольшие лесные массивы, приуроченные к поймам рек, долинам балок и оврагов. Луговую растительность представляют пырей ползучий, костер безостый, вейник наземный, овсяница луговая, лисохвост луговой и др. В лесных массивах встречаются дуб черешчатый, берёза бородавчатая, осина, клён остролистный, липа мелколистная, а также кустарники (бересклет бородавчатый, ракитник русский и др.).

Среди зональных фитоценозов луговых степей выделяют разнотравно-пырейно-прибрежнокустаровые, разнотравно-тырсовые и разнотравно-перистоковыльные группы ассоциаций [79]. В тырсовых и типчаково-тырсовых сообществах встречаются овсяница валлиская, тимофеевка степная, лапчатка серебристая, подмаренник настоящий, осока приземистая, астрагал (изменчивый, австрийский).

К солонцеватым разностям чернозёмов приурочены типчаково-грудницевые ассоциации с участием астрагала яйцеплодного,

полыни австрийской, овсяницы валисской, келерии гребенчатой, кермека Гмелина, пижмы тысячелистной и др. [80].

Окско-Донская лесостепная ландшафтная провинция включает три ландшафтных района: Хопёрско-Тамалинский, Карайско-Хопёрский и Изнаир-Аркадакский [36, 71, 73, 74] (см. рис. 3.1).

Хопёрско-Тамалинский лесостепной ландшафтный район находится на севере Окско-Донской провинции. В его состав входит Тамалинский ландшафт [71, 73]. Абсолютные высоты — 150—200 м. Территория относится к бассейну р. Тамала.

В почвенном покрове Хопёрско-Тамалинского ландшафтного района доминируют чернозёмы выщелоченные, сформировавшиеся на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках. На склонах почвы слабо- и среднесмытые. Небольшие островки пойменных лесов встречаются в долине р. Тамала.

Карайско-Хопёрский лесостепной ландшафтный район находится в правобережье Хопра на крайнем западе Саратовской области. В Карайско-Хопёрский район входят Карайско-Щербединский и Баклушинско-Мокро-Карайский ландшафты [71, 73]. Абсолютные высоты — 145—200 м.

Для почвенного покрова Карайско-Хопёрского ландшафтного района характерны чернозёмы типичные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, а в долинах рек (Щербедина, Большая Грязнуха, Баклуша) они образуют комплексы с солонцами (доля солонцов — 10—25% и более) [77]. На склонах почвы слабо- и среднесмытые. Древесно-кустарниковая растительность встречается в лесополосах, а также в пойменных лесах Хопра и Карая.

Изнаир-Аркадакский лесостепной ландшафтный район простирается в левобережье Хопра от северной границы Саратовской области до долины р. Аркадак. В состав Изнаир-Аркадакского района входят Изнаир-Ольшанский и Изнаир-Кистендейский ландшафты [71, 73]. Абсолютные высоты изменяются от 150 м в долинах до 200—236 м около водораздела рек Ольшанка, Байка и Еланка.

В почвенном покрове Изнаир-Аркадакского ландшафтного района доминируют чернозёмы выщелоченные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, в прихопёрской части — на лёгких и средних суглинках. На склонах рек (Кистендей, Большая Сестренка,

Изнаир) чернозёмы выщелоченные образуют комплексы с солонцами (10–25%). В бассейне р. Байка распространены чернозёмы типичные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках. На склонах почвы слабо-, средне- и сильносмывые. Древесная растительность сосредоточена в пойменных и байрачных лесах, в лесополосах, а также в небольших лесных массивах около населённых пунктов Ртищево, Ртищевский, Ивано-Кулики, Соколки и др. [77].

В долине находится памятник природы «Владыкинский приусадебный парк», созданный в XVIII–XIX вв. Древесно-кустарниковая растительность парка включает 15 видов, в том числе дуб черешчатый возрастом более 300 лет, сосну, липу мелколистную, вяз шершавый и осину.

Приволжская возвышенно-равнинная лесостепная провинция

Приволжская лесостепная провинция вытянута вдоль северной границы Саратовской области от среднего течения р. Изнаир на западе до рек Терешка и Волга – на востоке (см. рис. 3.1). Около 12,6% территории провинции (или 3,0% от площади Саратовского Правобережья) приходится на долины рек.

От р. Камышинки (правый приток Медведицы) до р. Волги территория провинции представлена денудационной равниной олигоценового возраста; западная часть провинции – денудационной равниной позднеплейстоценового возраста [75]. Приволжскую возвышенность формируют породы мезозоя (глины, пески, опоки, песчаники, мел, мергель), палеогена (пески, песчаники, опоки) и неогена (глины, пески) [36].

Во время максимального оледенения в среднем неоплейстоцене западная часть Приволжской провинции (до долины р. Медведицы) находилась под ледниковым покровом, восточная часть – в зоне распространения многолетней мерзлоты [81, с. 25–26]. На западе водораздельные поверхности перекрыты средне- и верхне-четвертичными элювиальными суглинками, супесями и глинами с гнёздами песка и гравия. Четвертичные отложения на склонах представляют моренные суглинки, глины с валунами и линзами песков и супесей; флювиогляциальные надморенные пески, супеси

и суглинки с валунами; озерно-ледниковые надморенные суглинки и глины; делювиальные суглинки, супеси и глины.

Абсолютные высоты на западе провинции достигают 150–250 м, а на востоке в пределах Волго-Терешкинского междуречья возрастают до 300–369 м. Приволжская возвышенность характеризуется ступенчатостью рельефа.

Верхняя (третья) ступень рельефа с абсолютными высотами 290–360 м является денудационно-аккумулятивной эоцено-олигоценовой полигенетической поверхностью выравнивания. Поверхность верхней ступени рельефа ровная, почти не имеет покрова четвертичных отложений и слабо подвергается воздействию эрозионных процессов.

Средняя ступень (200–260 м над у. м.) рельефа имеет уклон в сторону речных долин, а её поверхность осложнена структурными террасами, увалами и останцами.

Нижняя ступень (120–180 м над у. м.) рельефа лучше прослеживается по восточному склону Приволжской возвышенности, например в бассейнах Терсы и Терешки. На склонах представлены средние и верхнечетвертичные отложения (делювиальные суглинки, супеси и глины, местами с обломками пород и щебнем). В долине р. Терса (правый приток Волги) встречаются нижнехвалынские аллювиальные отложения второй надпойменной террасы и аллювиальные верхнехвалынские слои первой надпойменной террасы.

Западная часть Приволжской лесостепной провинции дренируется реками Донского бассейна, а восточная часть — реками Волжского бассейна. Граница между этими бассейнами проходит на востоке и севере верхнего течения р. Медведица. На юго-западе провинции протекают р. Малый Аркадак, Большой Аркадак и Изнаир, на северо-западе — р. Сердоба с притоками Абодим, Бакурка, Альшанка, Еланка и Камзолка. Эти реки относятся к бассейну Хопра, который является левым притоком Дона. Среднюю часть провинции дренирует р. Медведица (левый приток Дона) с притоками Тауза, Камышинка и Аткара.

К северу и северо-востоку от верхнего течения Медведицы находится бассейн р. Уза (левый приток Суры), к которому относятся реки Вершаут, Чечора, Чечуйка, Долгобазан, Березовка, Гряз-

нуха и др. Восточнее размещается бассейн Терешки (правый приток Волги), где протекают реки Казанла, Алай, Кочелай, Калмантай, Донгуз, Ерыкла, Карагуха и др. На крайнем востоке провинции находится р. Терса с притоками Новояблонка и Елшанка, а также р. Дальняя Чернава.

На территории Приволжской лесостепной провинции среднегодовая температура воздуха изменяется от 4°C на западе до 5,5°C на востоке [36]. Сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C на западе составляет 2414°C (метеостанция Петровск), на востоке — 2473°C (метеостанция Хвалынский); годовое количество осадков — 454 и 498 мм соответственно; коэффициент увлажнения — 0,30; продолжительность вегетационного периода — 143 и 145 дней [76].

На западе провинции от долин Большого Аркадака и Аткары до р. Сердоба господствуют чернозёмы типичные на глинах и тяжёлых суглинках, в левобережье Аткары — на средних суглинках. В средней и восточной частях провинции к северу и востоку от р. Сердоба преобладают чернозёмы выщелоченные на глинах, средних и тяжёлых суглинках, на востоке — на лёгких суглинках, супесях и песках. На южных склонах могут развиваться чернозёмы обыкновенные, особенно в восточной части провинции. На придолинных склонах чернозёмы типичные и чернозёмы выщелоченные образуют комплексы с солонцами, на которые приходится от 10—25% до 75—90%.

Под лесными массивами встречаются серые лесные почвы. Между верховьями Медведицы и долиной Волги наблюдается разнообразие почвообразующих пород и почв. Здесь распространены: чернозёмы глубоковскипающие и слабодифференцированные на лёгких суглинках; чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках, песчаниках, известняках и других карбонатных породах. На склонах почвы в разной степени смытые, на лёгких породах — слабо- и среднедефлированные, а на твёрдых породах — слабо- и среднекаменистые [77].

На вторых надпойменных террасах представлены чернозёмы типичные остаточно-луговатые и чернозёмы выщелоченные остаточно-луговатые, которые иногда образуют комплексы с солонцами от 10—25 до 25—50%. Для первых надпойменных террас харак-

терны лугово-черноземные почвы, для пойм — аллювиальные, луговые и лугово-болотные почвы.

В западной части провинции вплоть до р. Медведица встречаются преимущественно пойменные и байрачные леса. К северо-востоку и востоку от верховьев Медведицы площадь лесов увеличивается, а лесные массивы приурочены не только к поймам рек, к долинам балок и оврагов, но занимают водораздельные (например, «нагорные дубравы») и склоновые поверхности. Есть искусственные насаждения (сосна и др.). В Национальном парке «Хвалынский» произрастают дуб черешчатый, берёза бородавчатая, липа мелколистная, клён остролистный, ольха клейкая, сосна обыкновенная, осина.

В растительном покрове западной части провинции преобладают луговые степи, к востоку от долины Медведицы к ним добавляются петрофильные разнотравно-типчачово-ковыльные сообщества на чернозёмах неполноразвитых, сформировавшихся на опоках и песчаниках, а также кальцефильные луговые сообщества (астрagal эспарцетный, шалфей поникающий и др.) на чернозёмах карбонатных, приуроченных к известнякам и другим карбонатным породам. В травостое луговых степей присутствуют: ковыль, пырей, костёр, клевер, осока, тимьян, анемона, адонис, шалфей и др. На песчаных и супесчаных почвах встречается песчаноковыльная ассоциация с ковылем перистым [79].

Согласно ландшафтному районированию [36, 71, 73, 74], в состав Приволжской лесостепной провинции входят пять ландшафтных районов: Хопёрско-Сердобский, Аткарско-Сердобский, Алай-Узинский, Верхне-Терешкинский и Волго-Терешкинский (см. рис. 3.1).

Хопёрско-Сердобский лесостепной ландшафтный район находится на севере Саратовского Правобережья, к северу и востоку от р. Сердоба до р. Камышинка (правый приток Медведицы), и включает в свой состав Сердобский и Абодимский ландшафты.

На территории Хопёрско-Сердобского ландшафтного района господствуют чернозёмы выщелоченные, которые на водораздельных поверхностях сформировались на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, а на склонах — на средних и лёгких суглинках. На нижних частях склонов есть участки чернозёмов выщелоченных в комплексе с солонцами (от 10–25 до 50–75%). На склонах почвы

слабо- и среднесмытые, а на лёгких суглинках — слабодифлированные. В верховьях р. Абодим на глинах и тяжёлых суглинках, а также на склонах в правобережье Сердобы на лёгких суглинках и супесях встречаются серые лесные почвы. В долине Сердобы и её притоков на вторых надпойменных террасах представлены чернозёмы выщелоченные остаточно-луговые, в том числе в комплексе с солонцами от 10—25 до 25—50%. На первых надпойменных террасах развиты лугово-черноземные почвы, в пойме — аллювиальные, луговые и лугово-болотные почвы. Небольшие лесные массивы встречаются на Абодимско-Медведицком междуречье, а также в правобережье Сердобы и Камзолки. Наибольшие площади лесов сосредоточены в Бакурском лесничестве вдоль правого берега Сердобы между населёнными пунктами Бакуры и Боровая Полянщина. На территории Петровского муниципального района в Абодимском ландшафте в лесных насаждениях памятника природы (ПП) «Эталон смешанных насаждений в степной зоне» произрастают сосна Веймутова, сосна обыкновенная, ель обыкновенная, лиственница сибирская, берёза повислая.

Аткарско-Сердобский лесостепной ландшафтный район находится между р. Сердоба на севере, реками Большой и Малый Аркадак — на юго-западе, долинами Аткары и Медведицы — на юго-востоке. В состав Аткарско-Сердобского района входят Верхне-Аркадакский, Еланко-Альшанский и Лаверзинско-Бакуркинский ландшафты [73, 74]. Абсолютные высоты — 170—259 м.

В почвенном покрове Аткарско-Сердобского ландшафтного района преобладают чернозёмы типичные, которые сформировались на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, а на склонах рек Бакурка, Аткара, Большой Аркадак — на средних суглинках. На придолинных склонах почвы средне- и сильносмытые, а чернозёмы типичные образуют комплексы с солонцами (от 10—25 до 50—75%) [77]. Небольшие лесные острова встречаются в поймах рек, в долинах балок и оврагов, есть искусственные насаждения (лесополосы, Екатериновский плодопитомник).

В долине Медведицы в Аткарском муниципальном районе находится памятник природы «Лисичкинский приусадебный парк с прилегающей дубравой у села Лисичкино».

Алай-Узинский лесостепной ландшафтный район расположен на севере Саратовского Правобережья от долины Камышинки на западе до долины Терешки на востоке. На юге территория ландшафтного района доходит до долины Медведицы и Медведицко-Карабулакского водораздела. Алай-Узинский район включает в свой состав Вершаутско-Таузский, Верхне-Узинский, Карабулакско-Верхне-Медведицкий, Алайско-Казанлинский и Донгуз-Калмантайский ландшафты [73, 74].

Основной фон в почвенном покрове Алай-Узинского ландшафтного района образуют чернозёмы выщелоченные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на средних суглинках. Между верхним течением реки Алай и рекой Калмантай чернозёмы выщелоченные формируются на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на средних и лёгких суглинках, на супесях и песках. На нижних частях склонов и в долинах рек чернозёмы выщелоченные могут образовывать комплексы с солонцами (от 10—25 до 50—75%).

В западной части ландшафтного района серые лесные почвы на средних суглинках встречаются небольшими участками. В центре и на востоке ландшафтного района площади серых лесных почв возрастают, а почвообразующими породами для них выступают карбонатные глины и тяжёлые суглинки, средние и лёгкие суглинки, супеси. Здесь же на опоках и песчаниках формируются чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые, на склонах в разной степени смытые.

В Алай-Узинском ландшафтном районе увеличиваются площади лесов, которые встречаются не только в долинах рек, но и на водораздельных поверхностях, и на склонах. В Карабулакско-Верхне-Медведицком ландшафте древесный ярус образуют дуб черешчатый, липа мелколистная, клён остролистный, берёза повислая, осина. Между населёнными пунктами Лесная Неёловка и Базарный Карабулак в сосновых насаждениях возраст сосен достигает более 160 лет.

Верхне-Терешкинский лесостепной ландшафтный район, расположенный на севере правобережья Терешки, включает Кулаткинско-Карагужский ландшафт, состоящий из двух участков [73, 74]. Западный участок приурочен к верховьям Лебежайки, а

восточный — к бассейну Терешки севернее устья р. Карагужа. Абсолютные высоты изменяются от 100 до 313 м.

Западный участок занят лесами из дуба, липы, клёна и берёзы на серых лесных почвах, на чернозёмах обыкновенных карбонатных среднекаменистых, сформировавшихся на карбонатных породах. Остепнённый восточный участок характеризуется распространением чернозёмов выщелоченных на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках.

Волго-Терешкинский лесостепной ландшафтный район простирается вдоль правого берега Волги с северо-востока от границы с Ульяновской областью на юго-запад к с. Воскресенское. Ландшафтный район включает Змеёвогорский останцовый, Терсинско-Новояблонский и Тёпловско-Хвалынский останцовый ландшафты [73, 74]. Абсолютные высоты — от 100 до 360–369 м (Хвалынские горы). Склоны имеют уклоны 5–10°, иногда — более 10°, осложнены оползнями и осыпями.

Водораздельные поверхности и верхние части склонов характеризуются распространением серых лесных почв на глинах и тяжёлых суглинках карбонатных и на лёгких суглинках, а также чернозёмов типичных карбонатных на известняках и других карбонатных породах.

В средней и южной частях ландшафтного района большее представление получили чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках и песчаниках. На нижних частях склонов могут встречаться чернозёмы обыкновенные на глинах и тяжёлых суглинках карбонатных и чернозёмы обыкновенные карбонатные на известняках и других карбонатных породах.

К северу от Хвалынска вплоть до р. Дальняя Чернава встречаются байрачные леса, а также небольшие лесные массивы на склонах, обращённых к Саратовскому водохранилищу. К югу от г. Хвалынска до с. Алексеевка в Хвалынских горах находится следующий (Хвалынско-Алексеевский) лесной массив Волго-Терешкинского ландшафтного района. В центральной части Национального парка «Хвалынский» дуб и сосну почти вытеснили липа, клён остролистный и осина, а в восточной части парка сохранились леса из сосны меловой. В парке встречаются астрагал (Цингера, Хеннинга), иссоп

меловой, катран Литвинова, курчавка кустарниковая, тимьян клоповый, тонконог жёстколистный и др.

Южный участок леса протягивается с севера от р. Елшанка (правый приток Терсы) на юг через Змеёвы горы до с. Воскресенское. Южный лесной участок можно разделить на три части — Тепловско-Терсинскую, Вольско-Шиханскую и Змеёвогорскую. В 5 км к западу от с. Тёпловка на территории памятника природы «Самородные ямы» встречаются карстовые провалы глубиной до 8—30 м. В сосновом бору около с. Тёпловка на меловых породах произрастает копеечник крупноцветковый, прострел раскрытый, шаровница точечная и др. К склонам и узким водоразделам приурочены петрофитные степные сообщества. Древесно-кустарниковую растительность байрачных лесов представляют вяз, ива, клён татарский, черёмуха, тёрн, вишня, шиповник, дрок красильный, спирея городчатая и др.

Донская низменно-равнинная степная провинция

Донская степная провинция находится на юго-западе Саратовской области (см. рис. 3.1). Около 24,0% территории провинции (или 2,9% от площади Саратовского Правобережья) составляют интразональные ландшафты рек. В соответствии с ландшафтным районированием [71, 73, 74] на территории Донской степной провинции выделен **Хопёрско-Терсинский ландшафтный район** (см. рис. 3.1), в состав которого входят три ландшафта: Таволжанский, Меликско-Кардаилский и Еланский.

Абсолютные высоты достигают 150—200 м, урез воды в Хопре около с. Пады отмечается на уровне 107 м. Водораздельные поверхности имеет средне- и позднеплейстоценовый возраст, склоны преимущественно позднеплейстоценового и голоценового возраста.

Во время Днепровского оледенения территория провинции находилась в зоне покровного оледенения [81]. Водораздельные поверхности перекрыты средне- и верхнечетвертичными элювиальными отложениями. Для склонов характерны следующие четвертичные отложения: моренные суглинки, глины с валунами и линзами песков и супесей; флювиогляциальные надморенные пески, супеси и суглинки с валунами; озерно-ледниковые надморенные суглинки и глины; делювиальные супеси, суглинки и глины.

Территорию Донской степной провинции дренируют реки, относящиеся к бассейнам Хопра и Терсы (правый приток Медведицы). На западе протекают реки Карай, Таволжанка, Большая Грязнуха и Малая Грязнуха. В правобережье Хопра находятся реки Аркадак, Большой Аркадак, Дубовая, Ольшанка, Мелик, Каравалева, а также верховья Среднего Кардаила и Дальнего Кардаила. В современной долине Хопра выделяют три надпойменные террасы и пойму. Третья надпойменная терраса, сложенная песками с прослоями супесей и суглинков, встречается фрагментарно. На второй надпойменной террасе (ширина — до 3–4 км), сформированной песками, встречаются блюдцеобразные понижения, старицы, песчаные бугры эолового происхождения. В долине Хопра много озер, в том числе Рассказань, Лебяжье и Ильмень. Первую надпойменную террасу (ширина — до 4–6 км), образованную песками и суглинками, осложняют песчаные бугры (высота — 5–6 м) и заболоченные понижения.

На юго-востоке и юге провинции протекают реки Терса, Гусевка, Осиновка, Елань, Сухая Елань и Красавка.

Среднегодовая температура воздуха в Донской провинции возрастает с северо-востока на юго-запад от 4,5°C до 5,0–5,5°C. Сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C на западе составляет 2628°C (метеостанция Балашов), на северо-востоке — 2580°C (метеостанция Росташа); годовое количество осадков — 481 и 476 мм соответственно; коэффициент увлажнения — 0,28; продолжительность вегетационного периода — 156 дней [76]. Годовое количество осадков уменьшается с северо-запада и севера на юг и юго-восток от 450–475 мм до 375–400 мм в год [36].

В почвенном покрове в Донской провинции господствуют чернозёмы обыкновенные на глинах и тяжёлых суглинках, на придолинных склонах Хопра и Аркадака — на средних суглинках. На склонах чернозёмы обыкновенные иногда образуют комплексы с солонцами (от 10–25 до 75–90%). На нижних частях склонов в долине Хопра встречаются чернозёмы глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодифлированные на лёгких суглинках, супесях и песках. В долинах Мелика и Хопра есть небольшие площади, занятые чернозёмами обыкновенными карбонатными на глинах и

тяжёлых суглинках карбонатных. Для вторых надпойменных террас характерны чернозёмы обыкновенные остаточно-луговатые, для первых надпойменных террас — лугово-черноземные почвы, для пойм — аллювиальные, луговые, реже — лугово-болотные почвы.

В растительном покрове представлены богаторазнотравно-типчаково-ковыльные степи на чернозёмах обыкновенных [36]. Зональной группой в северной степи является типчаково-тырсовая ассоциация. В формировании травянистого яруса участвуют: ковыль волосовидный, овсяница бороздчатая, келерия гребенчатая, тимофеевка степная, пырей ползучий, житняк гребенчатый, люцерна серповидная, клевер альпийский, астрагал изменчивый, осока приземистая, подмаренник настоящий, девясил британский, адонис волжский, коровяк фиолетовый и др.

Древесно-кустарниковая растительность сосредоточена в пойменных лесах (дуб, ольха, осокорь), прежде всего Хопра.

Приволжская возвышенно-равнинная степная провинция

Территория Приволжской степной провинции охватывает значительную часть Саратовского Правобережья от рек Терса, Гусевка и Дубовая (левый приток реки Большой Аркадак) на западе до Волги на востоке и до среднего течения р. Терешка на северо-востоке (см. рис. 3.1).

На севере граница провинции проходит по рекам Большой Аркадак, Аткара, Медведица, далее — по северным и восточным рубежам бассейна р. Карабулак. На северо-востоке в пределы провинции входит нижняя и средняя части Терешки с прилегающими остепнёнными склонами Приволжской возвышенности. Около 17,0% территории провинции (или 9,1% от площади Саратовского Правобережья) приходится на ландшафты речных долин.

В среднем плейстоцене территория провинции к западу от долины Медведицы находилась под Днепровским ледниковым покровом, а к востоку — в зоне распространения многолетней мерзлоты [81]. Для западной части провинции характерны среднечетвертичные отложения на склонах: моренные суглинки, глины с валунами и линзами песков и супесей; флювиогляциальные надморен-

ные пески, супеси и суглинки с валунами; озерно-ледниковые надморенные суглинки и глины. Средне- и верхнечетвертичные отложения на водоразделах представлены элювиальными суглинками, супесями и глинами с гнёздами песка и гравия; на склонах — делювиальными суглинками, супесями и глинами с галькой.

К западу от Медведицы абсолютные высоты находятся на уровне 200–250 м, к востоку от Медведицы — 200–300 м, в бассейне Терешки — 100–200 м. На Приволжской возвышенности выделяют три денудационные поверхности выравнивания, имеющие абсолютные высоты: 290–360, 200–260 и 120–180 м [82]. На Волго-Медведицком междуречье поверхность с высотами ниже 260 м перекрыта средне- и верхнечетвертичными отложениями (глины и суглинки с обломками пород, суглинки и супеси). Нижняя ступень рельефа сохранилась в долинах Терешки, Чардыма и Курдюма, которые во время акчагыльской трансгрессии Каспия были морскими заливами [82].

Территория Приволжской степной провинции дренируется реками Донского (Большой Аркадак, Медведица, Иловля) и Волжского бассейнов. К бассейну Медведицы относятся реки Сосновка, Большой Колышлей, Аткара, Идолга, Белгаза, Баланда, Карамыш, Латрык, Терса и др. Волжский бассейн представляют реки Терешка (притоки — Лебейжайка, Маза, Кулатка, Избалык, Алай, Березовка, Карабулак), Чардым, Мордова, Курдюм, Гуселка и др.

Среднегодовая температура воздуха на северо-востоке провинции в бассейне р. Терешки составляет менее 4,0°C, к рекам Белгаза и Латрык возрастает до 4,5°C, на юго-запад к долине Терсы — до 5,0–5,5°C, на юго-восток к рекам Иловля и Золотуха — до 5,0–5,5°C и более [36]. Сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C на метеостанции Калининск достигает 2643°C, на метеостанции Саратов — 2747°C, на метеостанции Сплавнуха (Красноармейский муниципальный район) — 2659°C; годовое количество осадков — 451, 451 и 445 мм соответственно; коэффициент увлажнения — 0,26, 0,23 и 0,24; продолжительность вегетационного периода — 148, 154 и 150 дней [76]. Годовое количество осадков в Приволжской степной провинции снижается с северо-запада на юг, восток и юго-восток от 425–475 до 375–425 мм в год [36].

В северной степи к западу от долины Медведицы, в левобережье Медведицы вплоть до рек Карамыш и Латрык, а также в бассейне Терешки господствуют чернозёмы обыкновенные. В северной полосе типичной степи в нижнем течении Терешки, в бассейнах Чардыма и Курдюма, а также к югу от р. Латрык до верховьев Иловли распространены чернозёмы южные. К югу от верховьев р. Карамыш, а также на Волго-Иловлинском междуречье в южной полосе типичной степи представлены тёмно-каштановые почвы. На нижних частях склонов чернозёмы обыкновенные, чернозёмы южные и тёмно-каштановые почвы могут образовывать комплексы с солонцами. Вблизи Волго-Медведицкого водораздела, а также в бассейне Терешки и на восточном макросклоне Приволжской возвышенности получили распространение чернозёмы неполноразвитые и каштановые неполноразвитые почвы. К лёгким суглинкам и супесям приурочены чернозёмы глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодифференцированные. Под небольшими лесными массивами могут встречаться серые лесные почвы.

Для вторых надпойменных террас рек характерны чернозёмы обыкновенные остаточно-луговые, чернозёмы южные остаточно-луговые и тёмно-каштановые почвы остаточно-луговые. На первых надпойменных террасах представлены лугово-черноземные и лугово-каштановые почвы, на поймах — аллювиальные, луговые и лугово-болотные почвы [77].

В северной степи распространены богаторазнотравно-типчаково-ковыльные степи на чернозёмах обыкновенных, где зональными группами являются типчаково-тырсовая и тырсовая ассоциации [36, 79, 80]. В формировании травостоя северной степи участвуют ковыль волосовидный, келерия гребенчатая, мятлик луковичный, пырей ползучий, овсяница валисская, тимофеевка степная, костёр безостый, житняк гребенчатый и др. Травянистый ярус также представляют лапчатка серебристая, подмаренник настоящий, осока приземистая, астрагал изменчивый, люцерна серповидная, клевер альпийский, донник лекарственный, девясил британский, адонис волжский, коровяк фиолетовый и др.

В северной полосе типичной степи представлены разнотравно-типчаково-ковыльные сообщества на чернозёмах южных, в южной

полосе типичной степи — типчаково-ковыльные сообщества на тёмно-каштановых почвах. Для типичной степи зональными являются сизотипчаковая, острецовая, сизотипчаково-ковылковая, сизотипчаково-тырсовая группы ассоциаций. Травянистый ярус представляют ковыли (Лессинга, сарептский), овсяница валлиская (типчак), мятлик луковичный, астрагалы (яичкоплодный, волжский, австрийский, шиловидный). В травостое присутствуют смолёвка волжская, вероника колосистая, желтушник седоватый, лапчатка (вильчатая, серебристая), ястребиночка румянквидная, наголоватка многоцветковая, птицемлечник Фишера, полынь сантонинная, пижма тысячелистниколистная и др. Увеличивается доля эфемеров (проломник большой, рогозавник пряморогий и др.).

На солонцеватых разностях почв представлены типчаково-грудницевые ассоциации с участием астрагала яйцеплодного, полыни австрийской, овсяницы валисской, келерии гребенчатой, кермека Гмелина и др. На солонцах встречаются чёрнополынные, ромашниковые, ромашниково-белопопынно-сизотипчаковые, сизотипчаково-острецовые и ромашниково-белопопынно-острецовые фитоценозы. К опокам и песчаникам приурочены петрофильные разнотравно-типчаково-ковыльные сообщества [79].

В степной зоне в речных долинах встречаются пойменные леса из дуба, ольхи, осокоря. Древесный ярус «нагорных» лесов формируют дуб черешчатый, липа мелколистная, берёза бородавчатая, клён остролистный, клён татарский, вяз шершавый, осина и др. [73].

В соответствии с ландшафтным районированием [71, 73, 74] в пределах Приволжской степной провинции выделены следующие ландшафтные районы в северной степи: Аркадакско-Медведицкий, Терсинско-Щелканский, Идолго-Медведицкий, Казанлинско-Карабулакский, Средне-Терешкинский; в северной полосе типичной степи: Нижне-Терешкинский, Чардымо-Курдюмский, Щелканско-Карамышский, Волго-Карамышский; в южной полосе типичной степи: Волго-Иловлинский (см. рис. 3.1).

Северная степь

Северная степь на севере граничит с лесостепью, а на юге — с типичной степью (см. рис. 3.1).

Аркадакско-Медведицкий ландшафтный район северной степи простирается от рек Большой Аркадак и Аткара на севере до Терсинско-Баландинского водораздела на юге и долины Медведицы на востоке. В состав ландшафтного района входят Верхне-Баландинский, Белгазинский и Ольшанско-Баландинский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты варьируют от 140–150 до 250–264 м. На северо-западе ландшафтного района протекает р. Большой Аркадак, на северо-востоке и востоке — реки Медведица, Аткара и Белгаза, на юге — р. Баланда.

Почвенный покров Аркадакско-Медведицкого ландшафтного района формируют чернозёмы обыкновенные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на придолинных склонах Белгазы и Баланды — на средних и лёгких суглинках. Незначительное распространение в восточной части ландшафтного района имеют чернозёмы обыкновенные карбонатные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, а также чернозёмы обыкновенные глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодэфлированные на лёгких суглинках [77]. На склонах почвы средне- и сильноосмытые. На нижних частях склонов чернозёмы обыкновенные встречаются в комплексе с солонцами (от 10–25 до 75–90%). На территории Аткарского муниципального района находится ПП «Участок степи у села Лопуховка», где сохранился старозалежный участок с разнотравно-ковыльной растительностью [83]. Небольшие лесные массивы встречаются в поймах рек, в долинах балок и оврагов, есть лесополосы.

Терсинско-Щелканский ландшафтный район северной степи находится на юге Саратовского Правобережья к востоку от долины Терсы (правый приток Медведицы). В состав ландшафтного района входят Таловско-Берёзовский и Таловско-Щелканский ландшафты [73, 74]. Абсолютные высоты — 150–255 м. На западе Терсинско-Щелканского ландшафтного района протекает р. Терса с притоками Мокрая, Таловка и Березовая, на востоке района — р. Щелкан (левый приток Терсы).

В почвенном покрове ландшафтного района доминируют чернозёмы обыкновенные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках. На придолинных склонах встречаются комплексы чернозёмов

обыкновенных с солонцами (от 10–25 до 25–50%), в поймах – комплексы аллювиальных почв с солонцами (10–25%). Древесно-кустарниковая растительность сосредоточена в поймах рек, а также в лесополосах.

Идолго-Медведицкий ландшафтный район северной степи на севере и западе ограничен долиной Медведицы, на юге – реками Карамыш и Латрык, на востоке доходит до бассейна Курдюма. В состав ландшафтного района входят Сосновско-Таволожский, Колышлейско-Сокурский, Колышлейский и Идолго-Латрыцкий ландшафты [73, 74]. Абсолютные высоты изменяются от 150 м в долинах до 300–329 м в верховьях Большого Колышлея. Левобережную часть Медведицы дренируют реки Сосновка, Казачка, Озерки, Березовка, Хорошевка, Большой Колышлей, Малый Колышлей, Идолга, Карамыш, Латрык, Двоенка. К северо-восточной части ландшафтного района приурочена верхняя и средняя части течения Чардыма с притоками Сокурка, Соколка, Сухая Елшанка и Теплая.

Основной фон почвенного покрова Идолго-Медведицкого ландшафтного района образуют чернозёмы обыкновенные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на придолинных склонах – на средних суглинках. На нижних частях склонов чернозёмы обыкновенные образуют комплексы с солонцами (от 10–25 до 25–50%).

В восточной части ландшафтного района, а также на придолинных склонах Медведицы и Идолги получили распространение чернозёмы обыкновенные глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодифференцированные на лёгких суглинках и супесях. Здесь же представлены чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках и песчаниках, а также небольшие площади чернозёмов обыкновенных карбонатных на известняках и других карбонатных породах. На склонах почвы средне- и сильносмытые.

На территории ландшафтного района представлены пойменные и байрачные леса, многорядные лесополосы, парки, а также лесные массивы (дуб, липа, берёза, клён), приуроченные к водораздельным и склоновым поверхностям. Под лесными массивами встречаются серые лесные почвы на средних и лёгких суглинках и чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках и песчаниках [77]. Особенно значительная площадь лесов сосредото-

чена между населёнными пунктами Сокур, Оркино, Озерки, Марфино, Полчаниновка, Идолга. На юго-западе ландшафтного района леса представлены вблизи устья Карамыша, а также в правобережье р. Латрык.

На территории Природного парка «Кумысная поляна» соседствуют лесная растительность, растительность луговых степей, остепнённых лугов, разнотравно-типчаково-ковыльных и типчаково-полынных степей. В древесном ярусе участвуют дуб черешчатый, липа мелколистная, берёза, сосна, осина, клён остролистый. Есть искусственные насаждения из лиственницы и сосны. Здесь много кустарников (бересклет бородавчатый, ракитник русский, смородина, шиповник, боярышник, тёрн, вишня степная, миндаль низкий, спирея и др.).

Участок поймы и урочище «Затон» около с. Озёрное со старицами, староречьями и ериками являются типичными для пойменных ландшафтов Медведицы. На высокой пойме растут дубовые леса, на низкой пойме — леса из вяза, ольхи, ветлы, осины и осокоря, а также мокрые луга.

Около пос. Барсучий и с. Парижская Коммуна в долине р. Карамыш сохранились пойменные дубравы возрастом более 150 лет. В лесах встречаются липа мелколистная, вяз гладкий, клён татарский, черёмуха, бересклет бородавчатый. На надпойменной террасе р. Латрык, а также на трёх участках, расположенных севернее, находятся сосновые боры [83].

Казанлинско-Карабулакский ландшафтный район северной степи находится в правобережье Терешки к югу от долины Казанлы и представлен Карабулакским ландшафтом.

Абсолютные высоты изменяются от 100 до 250–265 м на Чардымо-Карабулакском водоразделе. В Казанлинско-Карабулакском ландшафтном районе находится бассейн р. Карабулак, в пределах которого текут реки Соболейка, Елшанка, Глиниха, Туган, Сорока, Черторойка, Каналейка, Грязнуха, Сухой Карабулак и др. На северо-востоке ландшафтный район ограничен долиной Казанлы, а на востоке — долиной Терешки.

В западной части Казанлинско-Карабулакского ландшафтного района распространены чернозёмы обыкновенные на карбо-

натных глинах и тяжёлых суглинках, на средних суглинках. Небольшими участками на западе ландшафтного района, а также достаточно широко на востоке района представлены чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках, чернозёмы обыкновенные карбонатные на известняках и других карбонатных породах. На склонах почвы средне- и сильноосмытые. На северо-востоке ландшафтного района под небольшими лесными массивами из дуба, липы и берёзы встречаются серые лесные почвы.

Средне-Терешкинский ландшафтный район северной степи вытянут вдоль долины Терешки на северо-восток от рек Багай и Казанла до северной границы Саратовской области. На территории района размещаются Лебеджайско-Мазский, Чернавско-Избалыкский и Багайско-Нижне-Алайский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — от 50—100 до 200—236 м в верховьях р. Маза. Основной водной артерией Средне-Терешкинского ландшафтного района является р. Терешка. В ее правобережной части находятся реки Лебеджайка, Избалык, Алай и Казанла, а в левобережной — реки Карагужа, Елшанка, Маза, Жилой Ключ и Чернавка.

Основной фон в почвенном покрове Средне-Терешкинского ландшафтного района образуют чернозёмы обыкновенные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, около рек — на средних суглинках. К склонам и местным водоразделам приурочены чернозёмы обыкновенные карбонатные слабо- и среднекаменистые на известняках и других карбонатных породах, а также чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках и песчаниках. На склонах почвы средне- и сильноосмытые. В левобережье Терешки по обе стороны от устья Чернавки на придолинных склонах есть чернозёмы обыкновенные глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодифференцированные на супесях [77]. В пределах ландшафтного района господствуют северные степи, а небольшие лесные массивы встречаются в пойме Терешки, есть лесополосы.

Типичная степь

Граница между северной и южной полосой типичной степи идёт от верховьев Карамыша на восток к верховьям Золотухи и Каменки, к Волгоградскому водохранилищу. Почвенный покров

северной полосы типичной степи формируют чернозёмы южные, а южной полосы — тёмно-каштановые почвы.

Северная полоса типичной степи

Нижне-Терешкинский ландшафтный район типичной степи включает Елшанско-Берёзовский ландшафт и находится в левобережье Терешки от р. Багай до Волги. Абсолютные высоты — 20—200 м.

В почвенном покрове Нижне-Терешкинского ландшафтного района доминируют чернозёмы южные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на придолинных склонах — на средних суглинках. На склонах почвы слабо- и среднесмытые. В верховьях Сухой Берёзовки и Елшанки встречаются небольшие участки с чернозёмами неполноразвитыми среднекаменистыми на песчаниках, в приустьевой части Терешки — чернозёмы южные глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодифлированные на лёгких суглинках. На склонах в долине Елшанки, а также вдоль берега Волгоградского водохранилища чернозёмы южные образуют комплексы с солонцами (10—25%). Древесно-кустарниковая растительность встречается в поймах рек и лесополосах.

Чардымо-Курдюмский ландшафтный район типичной степи включает Нижне-Чардымский и Гусельско-Курдюмский ландшафты и простирается от устья Терешки на востоке до верховьев Идолги на юго-западе. Абсолютные высоты — от 15 (урез воды Волгоградского водохранилища) до 250—305 м. Для склонов, обращённых к Волгоградскому водохранилищу, характерны оползни и осыпи. В пределах ландшафтного района протекают ручей Андреевский, реки Чардым, Мордова, Курдюм, Елшанка и Гуселка.

В восточной части ландшафтного района преобладают чернозёмы южные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, реже — на средних суглинках. В бассейне Чардыма есть чернозёмы южные карбонатные. На нижних частях склонов чернозёмы южные образуют комплексы с солонцами (от 10—25 до 50—75%). К востоку от Чардыма, а также на западе Курдюмского бассейна представлены чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках и песчаниках. В бассейне Курдюма есть чернозёмы глубоковскипающие и слабодифференцированные слабодифлированные на лёгких суглинках. В западной части ландшафтного района встречаются

небольшие участки с черноземами обыкновенными на глинах и тяжёлых суглинках карбонатных, на средних суглинках. Для вторых надпойменных террас характерны чернозёмы южные остаточнолуговатые, для пойм — аллювиальные и луговые почвы [77].

На территории ландшафтного района встречаются небольшие лесные массивы, которые приурочены к долинам рек, балок и оврагов, меньше — к водоразделам и склонам. Есть искусственные насаждения (лесополосы, сады, дендрарии). На юго-западе с. Вязовка сохранился байрачный лес из дуба черешчатого, клёна остролистного, вяза шершавого и осины. В пойменном лесу р. Вязовка растёт ольха чёрная с незначительным участием дуба черешчатого, есть участки с покровом из папоротника. Страусниковый ольшатник сохранился в приусадебном парке на окраине с. Губаревка

Щелканско-Карамышский ландшафтный район типичной степи включает Копёнско-Сплавнухинский ландшафт [73, 74], занимает Карамыш-Медведицкое междуречье, а в правобережье Медведицы доходит до р. Щелкан. Абсолютные высоты — 150—280 м. На западе ландшафтного района протекает р. Медведица с притоками Малая Копёнка, Большая Копёнка и Мокрая Песковатка, а с севера, востока и юга район ограничен долиной Карамыша (левый приток Медведицы). Левыми притоками Карамыша являются Топовка, Сплавнуха, Норка и Рыбка.

Основной фон почвенного покрова Щелканско-Карамышского ландшафтного района образуют чернозёмы южные и чернозёмы южные карбонатные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на средних суглинках, а также чернозёмы южные слабодифференцированные — на супесях. На склонах рек на северо-западе и на юге ландшафтного района встречаются чернозёмы южные глубоковскипающие слабодифференцированные слабодифференцированные на лёгких суглинках и супесях. На междуречье Медведицы и Карамыша небольшое распространение получили чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках и песчаниках, чернозёмы южные среднекаменистые на известняках. На нижних частях склонов чернозёмы южные формируют комплексы с солонцами (10—25%), в приустьевой части Сплавнухи встречаются комплексы солонцов с аллювиальными почвами.

Волго-Карамышский ландшафтный район типичной степи включает Латрыкско-Карамышский и Багаевско-Пудовкинский ландшафты [73, 74]. На севере ландшафтный район ограничивает р. Латрык, на западе — р. Карамыш, на востоке — Волгоградское водохранилище. На юге ландшафтный район простирается до верховьев рек Каменка, Золотуха и Морозовка.

Абсолютные высоты изменяются от 15–20 до 275 м. На склонах, обращённых к Волгоградскому водохранилищу, встречаются оползни и осыпи. На западе ландшафтного района протекает р. Карамыш с притоками Голый Карамыш, Таловка, Горючка и Латрык. Реки (Петровка, Роща и др.) и ручьи, относящиеся к Волжскому бассейну, здесь, как правило, короткие и немногочисленные.

Почвенный покров Волго-Карамышского ландшафтного района характеризуется значительной пестротой. Здесь представлены чернозёмы южные на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на средних суглинках, чернозёмы южные карбонатные на известняках и других карбонатных породах. Широко распространены чернозёмы неполноразвитые слабо- и среднекаменистые на опоках, меньше — на песчаниках. Встречаются небольшие участки с чернозёмами глубоковскипающими слабодифференцированными слабодифференцированными на лёгких суглинках и супесях. На склонах почвы средне- и сильносмытые. На придолинных склонах чернозёмы южные образуют комплексы с солонцами (10–25%).

На Волго-Донском водоразделе, а также на восточном макросклоне Приволжской возвышенности, в долинах рек, балок и оврагов встречаются небольшие лесные массивы. В Буркинском лесу есть папоротники, василёк русский, прострел раскрытый, любка двулистная и др. На юго-востоке Будановой горы растёт рябчик русский, касатик низкий, ковыль перистый, адонис волжский, астрагал (рогоплодный, белостебельный, Цингера), копеечник крупноцветковый, оносма волжская, головчатка уральская, наголоватка паутинистая, гониолимон высокий и др. Встречаются петрофильные виды (курчавка кустарниковая, эфедра двуколосковая).

Южная полоса типичной степи

Волго-Иловлинский ландшафтный район типичной степи находится на крайнем юго-востоке Саратовского Правобережья

и включает Верхне-Иловлинский и Каменско-Белогорский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — от 15–20 до 250–292 м. С севера на юг по средней части района протекает р. Иловля с короткими притоками. На северо-западе территорию дренируют правые притоки Карамыша. К восточной части ландшафтного района приурочены реки Волжского бассейна — Каменка, Золотуха, Морозовка и другие реки и ручьи.

В западной части ландшафтного района в почвенном покрове доминируют тёмно-каштановые почвы на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на средних и лёгких суглинках и супесях. Значительные площади здесь занимают тёмно-каштановые почвы в комплексе с солонцами до 10–25% (иногда — до 50% и более). Крутые склоны осложнены оползнями и осыпями. На склонах почвы средние и сильноосмытые, на лёгких суглинках и супесях — слабдефлированные. Встречаются небольшие участки с каштановыми неполноразвитыми слабо- и среднекаменистыми почвами на песчаниках, реже на опоках.

В восточной части ландшафтного района в почвенном покрове преобладают каштановые неполноразвитые слабо- и среднекаменистые почвы на опоках и песчаниках. Тёмно-каштановые почвы, в том числе в комплексе с солонцами, представлены на северо-востоке ландшафтного района, а также на юге в левобережье Иловли. В юго-восточной части ландшафтного района встречаются среднедефлированные песчаные массивы.

3.1.2. Степные и полупустынные ландшафтные районы Саратовского Заволжья

Согласно ландшафтному районированию [36, 84], в Саратовском Заволжье находятся две степные и одна полупустынная провинции физико-географической страны Русская равнина. В Саратовском Заволжье около 18,0% территории занимает северная полоса типичной степи, 36,3% — южная полоса типичной степи, 39,1% — южная степь, 6,6% — северная полупустыня. В соответствии с ландшафтным районированием [36, 73, 74, 84] 92,3% площади Саратовского Левобережья относится к провинции низменно-равнинного

степного Сыртового Заволжья физико-географической страны Восточно-Европейская (Русская) равнина (рис. 3.2). На юго-востоке размещается провинция возвышенно-равнинного степного Сыртового Заволжья (1,1% территории), на крайнем юге – Северо-Волго-Уральская полупустынная провинция (6,6%). Для всех провинций характерны интразональные ландшафты речных долин.

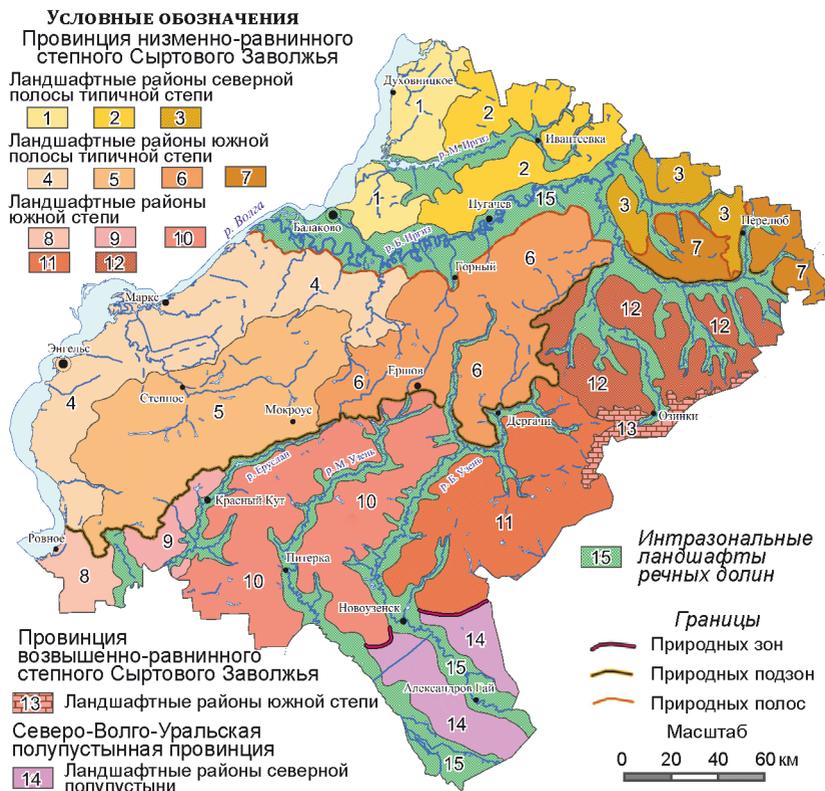


Рис. 3.2. Ландшафтные провинции и районы Саратовского Заволжья (сост. по: [36, 73, 74, 84]): *Провинция низменно-равнинного степного Сыртового Заволжья*. Ландшафтные районы северной полосы типичной степи: 1 – Волжский террасовый северный, 2 – Мало-Иргизский, 3 – Сестра-Камеликский; Ландшафтные районы южной полосы типичной степи: 4 – Волжский террасовый центральный, 5 – Караманский, 6 – Верхне-Узенский, 7 – Таловско-Камеликский; Ландшафтные районы южной (сухой) степи: 8 – Волжский террасовый южный, 9 – Еруслано-Бизюкский, 10 – Еруслано-Узенский, 11 – Больше-Узенский, 12 – Чалыклинский; *Провинция возвышенно-равнинного степного Сыртового Заволжья*. Ландшафтный район южной (сухой) степи: 3 – Синегорский сыртовый; *Северо-Волго-Уральская полупустынная провинция*. Ландшафтный район северной полупустыни: 14 – Приузенский

Провинция низменно-равнинного степного Сыртового Заволжья

Около 80,2% площади провинции низменно-равнинного степного Сыртового Заволжья приходится на зональные ландшафты типичной и южной степи, 19,8% провинции (или 18,3% от площади Саратовского Левобережья) — на интразональные ландшафты речных долин. На юге провинция граничит с северной полупустыней, приуроченной к Прикаспийской низменности, а на юго-востоке она выходит к западным отрогам возвышенности Общий Сырт (см. рис. 3.2).

Низкая Сыртовая равнина является денудационной поверхностью раннеплейстоценового возраста [75]. Она сложена породами перми (например, гора Три Мара), юры, палеогена и неогена [36]. В четвертичное время территория провинции прошла через хазарскую и хвалынскую трансгрессии Каспия. Перед хвалынской трансгрессией Каспия поверхность равнины была перекрыта жёлто-бурыми лёссовидными суглинками [85]. Для склонов характерны средне- и верхнечетвертичные и современные делювиальные суглинки [86].

На Низкой Сыртовой равнине выделяют высокую (северную), среднюю (центральную) и низкую (южную) области (ярусы) рельефа [82, 85]. К северу от рек Большой Иргиз и Камелик абсолютные высоты находятся на уровне 100–160 м, в средней части равнины — 75–125 м, к югу от субширотного отрезка долины р. Еруслан — 50–100 м.

Реки Низкой Сыртовой равнины относятся к Волжскому бассейну (Волга, Большой и Малый Иргизы, Большой и Малый Караманы, Тарлык, Еруслан и др.) и к бессточному бассейну Камыш-Самарских озёр (Большой и Малый Узени с притоками).

На Низкой Сыртовой равнине среднегодовая температура воздуха на севере и северо-востоке достигает 4,0–4,5°C, с северо-востока она возрастает на юг до 5,0–5,5°C, на юго-запад — до 5,5°C и более [36]. Сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C на метеостанциях Маркс, Перелюб и Красный Кут составляет 2846, 2733 и 2899°C соответственно; годовое количество осадков — 382, 369 и 350 мм; коэффициент увлажнения — 0,19, 0,19 и 0,16; продолжительность вегетационного периода — 155, 150

и 157 дней [76]. На северо-западе провинции количество осадков может достигать 425–450 мм, а на юге уменьшается до 275–300 мм в год [36].

На территории низменно-равнинного Сыртового Заволжья представлены ландшафты типичной и южной (сухой) степи. Граница между типичной и южной степью следует от Волги в районе устья р. Кочетной к субширотному отрезку р. Еруслан, пересекает в верховьях реки Малый и Большой Узени. Далее по рекам Малая Чалыкла и Большая Чалыкла выходит к р. Камелик, по ней поднимается вверх по течению, а по р. Таловой спускается на юго-восток к границе Саратовской области с Казахстаном.

К северу от рек Большой Иргиз и Камелик в северной полосе типичной степи преобладают чернозёмы южные, в южной полосе типичной степи — тёмно-каштановые почвы. Почвенный покров южной степи представляют каштановые почвы. На нижних частях склонов и на придолинных склонах чернозёмы южные, тёмно-каштановые и каштановые почвы образуют комплексы с солонцами, иногда — с лугово-чернозёмными и лугово-каштановыми почвами.

В северной полосе типичной степи представлены разнотравно-типчаково-ковыльные степи на чернозёмах южных. На тёмно-каштановых и каштановых почвах распространены типчаковые и типчаково-ковыльные ассоциации с участием разнотравья. На каменистых почвах встречаются грудницево-перистоковыльные, разнотравно-типчаковые, васильково-типчаковые, грудницево-типчаковые, эфедрово-типчаковые ассоциации.

К солонцеватым разностям чернозёмов и каштановых почв приурочены типчаково-грудницевые и белопопынно-типчаковые сообщества. В Саратовском Заволжье на солонцах и солончаках встречаются франкения (мучнисто-пушистая, жёстковолосая), офайстон однотычинковый, солерос, солянка запутанная, сведа простертая, петросимония супротивнолистная, полынь малоцветковая, полынь (Лерха, сантонинная), лебеда бородавчатая, камфоросма монпельйская, кермек Гмелина, грудница мохнатая и др.

На супесчаных и песчаных неполноразвитых почвах, на песках представлены тимьяново-перистоковыльные, цминово-тырсовые, келериево-тимьяново-типчаковые ассоциации [80].

В соответствии с ландшафтным районированием [36, 73, 74, 84, 87] в провинции низменно-равнинного степного Сыртового Заволжья выделены следующие ландшафтные районы в северной полосе типичной степи: Волжский террасовый северный, Мало-Иргизский, Сестра-Камеликский; в южной полосе типичной степи: Волжский террасовый центральный, Караманский, Верхне-Узенский, Таловско-Камеликский; в южной степи: Волжский террасовый южный, Еруслано-Бизюкский, Еруслано-Узенский, Больше-Узенский, Чалыклинский (см. рис. 3.2).

Северная полоса типичной степи

Волжский террасовый северный ландшафтный район размещается на северо-западе Саратовского Заволжья и вытянут вдоль берега Саратовского водохранилища от северной границы Саратовской области до р. Большой Иргиз. В состав Волжского террасового северного ландшафтного района входят Стерехский нижнетеррасовый, Стерехский останцово-террасовый, Иргизский нижнетеррасовый и Иргизский останцово-террасовый ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — 20–105 м. Территория ландшафтного района охватывает пойменные и террасовые комплексы Волги (до пяти террас), Большого и Малого Иргизов (до трёх террас). Первая (сарпинская) надпойменная терраса характеризуется развитым микрорельефом, частично затоплена водами Саратовского водохранилища. На второй (раннехвалынской) и третьей (хвалынской) террасах микрорельеф слабо выражен. Четвёртая (хазарская) и пятая (бакинская) надпойменные террасы слабо различимы, погребены под покровными лёссовидными суглинками, расчленены долинами рек и оврагов на отдельные массивы [82, 85].

На пятой и четвёртой надпойменных террасах представлены чернозёмы южные и чернозёмы южные карбонатные на тяжёлых и средних суглинках. Третья терраса характеризуется чернозёмами южными на средних суглинках, а также небольшими участками с чернозёмами южными глубоковскипающими слабодифференцированными слабодифференцированными на лёгких суглинках. В приустьевой части правобережья Малого Иргиза чернозёмы южные солонцеватые сформировались на засоленных глинах. На

второй надпойменной террасе распространены чернозёмы южные остаточного-луговые, которые образуют комплексы с солонцами (от 10–25 до 50–75%) и с лугово-чернозёмными почвами (например, в правобережье Большого Иргиза). В понижениях рельефа встречаются луговые и лугово-болотные почвы, на первой надпойменной террасе – лугово-чернозёмные почвы. На первой и второй террасах есть небольшие массивы среднедефлированных песков, а также чернозёмы южные глубокоовраженные слабодифференцированные слабодефлированные на лёгких суглинках.

Мало-Иргизский ландшафтный район типичной степи простирается от северной границы Саратовской области до долины Большого Иргиза, а на запад – до надпойменных террас Волги. В состав Мало-Иргизского ландшафтного района входят Верхне-Стерехский, Краснореченский и Чернавский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты достигают 80–161 м. Территорию Мало-Иргизского ландшафтного района дренируют реки Большой и Малый Иргизы с притоками. На водораздельных поверхностях распространены чернозёмы южные на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках, на северо-западе ландшафтного района – на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках. Склоны занимают преимущественно чернозёмы южные карбонатные на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках, реже – на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках. На придолинных склонах чернозёмы южные образуют комплексы с солонцами от 10–25 до 25–50%, иногда – более 50%.

Сестра-Камеликский ландшафтный район типичной степи включает в свой состав Сестра-Тёпловский ландшафт [73, 74], занимает Сестра-Камеликское междуречье в нижнем и верхнем течении, а также простирается от долины Сестры к северу до Большого Иргиза.

Абсолютные высоты на территории ландшафтного района – 50–150 м. На водоразделах представлены чернозёмы южные, на склонах – чернозёмы южные карбонатные на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках. На нижних частях склонов чернозёмы южные, на вторых надпойменных террасах – чернозёмы южные остаточного-луговые образуют комплексы с солонцами от 10–25 до 25–50% и более.

Южная полоса типичной степи

Волжский террасовый центральный ландшафтный район протянулся по левобережью Большого Иргиза от долины Большого Кушума до Волги, далее по левобережью Волги на юг до устья р. Кочетной. В его состав входят Маянго-Кушумский нижнетеррасовый, Маянго-Кушумский верхнетеррасовый, Трёх-Марский останцовый, Караманско-Тарлыкский нижнетеррасовый и Караманско-Тарлыкский верхнетеррасовый ландшафты [73, 74].

В долине Волги выделяют пять надпойменных террас, в долине Большого Иргиза и других притоков Волги — 2–3 террасы [85]. В почвенном покрове первой террасы представлены лугово-каштановые почвы, иногда в комплексе с солонцами. На второй террасе развиты тёмно-каштановые остаточные-луговатые почвы, которые образуют комплексы с солонцами (от 10–25 до 75–90%) и лугово-каштановыми почвами. Для понижений характерны луговые и лугово-болотные почвы. Встречаются небольшие массивы слабо- и среднедефлированных песков. На третьей надпойменной террасе представлены тёмно-каштановые почвы с признаками луговатости, которые образуют комплексы с солонцами. Почвы, сформированные на лёгких суглинках и супесях, подвержены дефляции. Четвёртая надпойменная терраса характеризуется тёмно-каштановыми почвами на средних и лёгких суглинках, на супесях. Иногда тёмно-каштановые почвы встречаются в комплексе с лугово-каштановыми почвами. В почвенном покрове пятой террасы преобладают тёмно-каштановые почвы на тяжёлых и средних суглинках, иногда в комплексе с солонцами или лугово-каштановыми почвами.

В левобережье нижнего течения Большого Иргиза, между долиной Волги на западе и р. Маянга на востоке, находится Трёх-Марский останцовый ландшафт. В пределах наиболее высокой части Трёх-Марского массива (160 м над у.м.) развиты каштановые неполноразвитые среднекаменистые почвы на песчаниках. В северо-восточной части Трёх-Марского массива, а также на Больше-Урасском останце представлены тёмно-каштановые карбонатные слабо- и среднекаменистые почвы на известняках. Остальное пространство этого ландшафта занимают тёмно-каштановые маломощные почвы на тяжёлых и средних суглинках.

Караманский ландшафтный район типичной степи на западе и севере граничит с террасами Волги и Большого Иргиза, а на юге и юго-востоке доходит до бассейна Еруслана. В состав Караманского ландшафтного района входят Еруслано-Караманский, Нахойский, Тарлыкский и Верхне-Гашонский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты на территории Караманского ландшафтного района изменяются от 50–75 до 100–126 м.

Для почвенного покрова характерны тёмно-каштановые почвы на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на западе — на средних и лёгких суглинках. Центральную часть района дренирует р. Большой Караман с притоками Нахой и Мечетка. Здесь на верхних и средних частях склонов тёмно-каштановые почвы встречаются в комплексе с лугово-каштановыми почвами (10–25%), на нижних частях склонов — в комплексе с солонцами (от 10–25 до 50–75%). В районе есть неглубокие понижения с лугово-каштановыми и луговыми почвами.

Верхне-Узенский ландшафтный район типичной степи ограничен на севере долиной Большого Иргиза, на западе — реками Миусс и Большой Кушум, на востоке — реками Камелик и Малая Чалыкла, на юге охватывает верховья Еруслана, Малого и Большого Узеней. В состав Верхне-Узенского ландшафтного района входят Кушумско-Узенский и Сакма-Малочалыклинский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты изменяются от 50–75 до 100–135 м.

Среди почвообразующих пород преобладают сырцовые глины и тяжёлые суглинки, на северо-западе и севере вблизи долины Большого Иргиза — карбонатные глины и тяжёлые суглинки. В верховьях Большого Узеня и к западу от него в почвенном покрове доминируют тёмно-каштановые почвы, а в восточной части района — тёмно-каштановые карбонатные почвы. На нижних частях склонов и на вторых надпойменных террасах тёмно-каштановые и тёмно-каштановые остаточно-луговатые почвы встречаются в комплексе с солонцами от 10–25 до 25–50%. В бассейне р. Большой Кушум и в долине Большого Иргиза на засоленных глинах распространены солонцы в комплексе с тёмно-каштановыми и тёмно-каштановыми остаточно-луговатыми почвами (от 10–25 до 25–50%).

Таловско-Камеликский ландшафтный район типичной степи находится на крайнем востоке Саратовского Левобережья.

Западная часть ландшафтного района (Камеликско-Смородинский ландшафт) размещается между средними течениями рек Камелик и Сестра, а восточная часть (Каменско-Таловский ландшафт) — к востоку от верховьев р. Камелик и р. Таловая [73, 74].

Абсолютные высоты на западе ландшафтного района характеризуются значениями 50–138 м, на востоке — 80–186 м.

В западной части ландшафтного района между реками Сестра и Камелик к водораздельным поверхностям приурочены чернозёмы южные на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках, а к склонам — тёмно-каштановые почвы. В восточной части ландшафтного района на водоразделах распространены тёмно-каштановые почвы, а на склонах — тёмно-каштановые карбонатные почвы на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках. На придолинных склонах каштановые разности почв образуют комплексы с солонцами до 25–50%, реже — более 50%.

Южная степь

Волжский террасовый южный ландшафтный район находится на юго-западе Саратовского Заволжья, вдоль Волгоградского водохранилища между реками Кочетная и Бизюк. В состав ландшафтного района входят Волжско-Бизюкский нижнетеррасовый и Волжско-Бизюкский верхнетеррасовый ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты на территории ландшафтного района — 15–60 м. На волжских террасах верхних уровней распространены каштановые почвы на суглинках, супесях и песках. На средних суглинках, супесях и песках почвы слабо- и среднедефлированные. Незначительные участки на придолинных склонах занимают каштановые карбонатные почвы. В пределах волжских террас нижних уровней почвообразующими породами являются карбонатные глины и тяжёлые суглинки, средние и лёгкие суглинки, супеси и пески. На лёгких суглинках почвы слабодефлированные, на супесях и песках — среднедефлированные. Есть небольшие среднедефлированные песчаные массивы. В почвенном покрове представлены каштановые остаточно-луговые и каштановые почвы, образующие комплексы с солонцами и лугово-каштановыми почвами. Для лиманных понижений характерны луговые и лугово-болотные почвы на глинах и тяжёлых суглинках.

Еруслано-Бизюкский ландшафтный район южной степи находится на юго-западе Саратовского Заволжья между реками Еруслан и Бизюк, включает Гашон-Ерусланский, Бизюкский и Салтовско-Дьяковский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — 50–102 м.

В Правобережье Еруслана до р. Солянка распространены каштановые почвы, на склонах — каштановые карбонатные почвы на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на нижних частях склонов — в комплексе с солонцами до 25–50% и более. На юго-западе ландшафтного района представлены каштановые почвы на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на средних суглинках. Самая южная часть района занята Дьяковско-Салтовским песчаным массивом (абсолютные высоты — 40–80 м) с разной степенью развития дефляции. По периферии массива и ближе к долине Еруслана есть каштановые маломощные слабдефлированные почвы на суглинках и супесях. В пределах Дьяковско-Салтовского массива сохранились естественные леса и искусственные насаждения, в том числе из сосны. Вблизи долины Еруслана встречаются комплексы лугово-каштановых почв с солонцами до 10–25% [77].

Еруслано-Узенский ландшафтный район южной степи находится на юге Низкой Сыртовой равнины между р. Еруслан на западе и р. Большой Узень на востоке. В средней части район пересекает р. Малый Узень. В ландшафтный район входят Еруслано-Малоузенский, Средне-Узенский и Солянский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — 40–105 м.

В Еруслано-Узенском ландшафтном районе на водоразделах развиты каштановые почвы, на склонах — каштановые карбонатные почвы на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках. На нижних частях склонов, а также на юге ландшафтного района значительные площади занимают комплексы каштановых почв с солонцами до 25–50% и более, реже — комплексы с лугово-каштановыми почва. Здесь почвообразующими породами выступают карбонатные глины и тяжёлые суглинки, в долинах рек — засоленные глины.

Больше-Узенский ландшафтный район южной степи находится на юго-востоке Низкой Сыртовой равнины в левобережье Большого Узеня от верховьев Алтаты на северо-востоке до устья

Чертанлы на юго-западе. В ландшафтный район входят Сафаровско-Алтатинский, Алтата-Чертанлинский и Горьковско-Дюринский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — 45–122 м.

В почвенном покрове на водоразделах преобладают каштановые почвы на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках, на склонах — каштановые карбонатные почвы слабо- и среднесмытые. На придолинных склонах распространены каштановые почвы на карбонатных суглинках в комплексе с солонцами (от 10–25 до 50–75%), встречаются неглубокие понижения с лугово-каштановыми почвами. На юге ландшафтного района (абсолютные высоты — 45–75 м) в почвенном покрове на карбонатных глинах и тяжёлых суглинках, на засоленных глинах представлены солонцы в комплексе с каштановыми почвами или с лугово-каштановыми почвами. Иногда встречаются трёхчленные комплексы, включающие каштановые солонцеватые почвы, солонцы и лугово-каштановые почвы.

Чалыклинский ландшафтный район южной степи находится в восточной части Низкой Сыртовой равнины и охватывает левобережье Камелика между р. Малой Чалыклой на западе и р. Таловой на востоке. Ландшафтный район включает в свой состав Жадовско-Жестянский и Камышлакский ландшафты [73, 74].

Абсолютные высоты — 50–150 м.

На водоразделах развиты каштановые почвы на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках, на склонах — каштановые карбонатные почвы, в том числе в комплексе с солонцами (от 10–25 до 50–75%). Среди почвообразующих пород преобладают сыртовые глины и тяжёлые суглинки, в долинах рек — засоленные глины. В бассейне р. Большой Камышлак между реками Большой Камышлак и Солянка на легких суглинках и супесях встречаются каштановые слабодефлированные почвы. Для неглубоких понижений характерны лугово-каштановые почвы, иногда в комплексе с солонцами или каштановыми почвами.

Провинция возвышенно-равнинного степного Сыртового Заволжья

Провинция возвышенно-равнинного степного Сыртового Заволжья размещается на юго-востоке Саратовского Левобере-

жья вдоль границы Саратовской области с Казахстаном. В пределах провинции находятся верхние части бассейнов рек Алтата, Большая Чалыкла и Большой Камышлак. В соответствии с ландшафтным районированием [73, 74] в состав провинции входит **Синегорский сыртовый ландшафтный район** южной степи, включающий Чижинско-Чалыклинский останцовый и Верхне-Деркульский ландшафты (см. рис. 3.2).

Возвышенность Общих Сырт сложена юрскими, меловыми, палеогеновыми и неогеновыми породами [36], относится к денудационной равнине олигоценового возраста [75].

На западном склоне Общего Сырта выделяют две денудационные поверхности выравнивания с абсолютными высотами 120–160 и 180–300 м. Участок Общего Сырта от р. Алтата (правый приток Большого Узеня) до р. Чаган (правый приток Урала) на территории Казахстана рассматривают как Узени-Ичкинский кряж. Западную часть кряжа (абсолютные высоты – 150–227 м), расположенную на территории Саратовской области, называют Синий Сырт. Кряж разделен на отдельные массивы, увенчанные останцами [82]. Водораздельные поверхности частично перекрыты четвертичными лёссовидными суглинками, склоны – средне- и верхнечетвертичными и современными делювиальными суглинками [86].

В пределах провинции среднегодовая температура воздуха составляет 4,5–5,0°C [36]; сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C на метеостанции Озинки – 2834°C; годовое количество осадков – 327 мм; коэффициент увлажнения – 0,15; продолжительность вегетационного периода – 156 дней [76]. Количество осадков уменьшается с северо-востока на юго-запад от 300–325 до 275–300 мм в год [36].

На водоразделах Узени-Ичкинского кряжа преобладают каштановые почвы, на склонах – каштановые карбонатные почвы, сформировавшиеся на сыртовых глинах и тяжёлых суглинках. На нижних частях склонов каштановые почвы нередко образуют комплексы с солонцами (от 10–25 до 50–75%). На наиболее высоких (до 227 м над у.м.) вершинах и крутых склонах на границе бассейнов Алтаты и Большой Чалыклы встречаются каштановые неполноразвитые слабодифференцированные почвы на песчаниках и каштановые карбонатные

среднекаменистые почвы на карбонатных породах, которые также представлены и в правобережье верховьев Большой Чалыклы. На востоке ландшафтного района в верховьях рек Средняя Солянка и Меловая есть небольшие участки с каштановыми неполноразвитыми среднекаменистыми почвами на опоках.

К каштановым почвам приурочены типчаковые и типчаково-ковыльные ассоциации с участием разнотравья, к каменистым разностям почв — грудницево-перистоковыльные, разнотравно-типчаковые, васильково-типчаковые, грудницево-типчаковые, эфедрово-типчаковые сообщества. Для каштановых солонцеватых почв характерны типчаково-грудницевые и белополынно-типчаковые ассоциации, для каштановых супесчаных и песчаных почв — тимьяново-перистоковыльные, цминово-тырсовые, келериево-тимьяново-типчаковые сообщества.

Северо-Волго-Уральская низменно-равнинная полупустынная провинция

На крайнем юге Саратовского Заволжья находится северная часть Прикаспийской низменности, к которой приурочена Северо-Волго-Уральская низменно-равнинная полупустынная провинция. Около 44,2% территории провинции (или 2,9% от площади Саратовского Заволжья) приходится на интразональные ландшафты рек. В соответствии с ландшафтным районированием в пределах полупустынной провинции находится **Приузенский ландшафтный район** (см. рис. 3.2), в состав которого входят Межузенский, Багырдайско-Большеузенский, Узенско-Дюринский и Узенско-Большелиманский ландшафты [73, 74, 84]. Большая часть территории саратовской полупустыни находится в пределах Александрово-Гайского муниципального района, северо-западная часть — в Новоузенском муниципальном районе.

Северо-Волго-Уральская полупустынная провинция находится в пределах Прикаспийской впадины, осложнённой солянокупольной тектоникой [36] и тектоническими разломами, к которым приурочены долины Большого и Малого Узеней. Междуречные равнины северной полупустыни осложнены лиманами, падьнами, западинами и микроповышениями.

Надпойменные и пойменные террасы Большого и Малого Узеней сформированы аллювиальными верхнечетвертичными и современными отложениями. Лиманные понижения перекрыты современными озёрными и озёрно-аллювиальными иловатыми глинами, суглинками и супесями [86].

В Северо-Волго-Уральской полупустынной провинции среднегодовая температура воздуха составляет 5,5°C и более [36]; сумма активных температур воздуха со значениями более 10°C на метеостанции Александров Гай – 3096°C; годовое количество осадков – 312 мм; коэффициент увлажнения – 0,13; продолжительность вегетационного периода – 162 дня [76].

На междуречных равнинах доминируют трёхчленные и двухчленные пустынно-степные комплексы, включающие наклонные поверхности равнин и микросклоны с пустынно-степными сообществами на светло-каштановых почвах; микроповышения с галофитно-степными ассоциациями на солонцах; микрозападины с луговыми степями на лугово-каштановых почвах. В падинах развита богатая злаково-разнотравная растительность на лугово-каштановых почвах. В лиманах на луговых почвах распространены пырейные, бекманиевые и вейниковые луга с участием разнотравья. Некоторые лиманы заняты зарослями солодки на луговых и лугово-лиманных солонцеватых почвах; осокой, рогозом и тростником на лугово-болотных почвах.

Вторая надпойменная терраса со светло-каштановыми остаточными луговатыми почвами под пустынно-степной растительностью мало отличается от прилегающих равнин [84]. Первую надпойменную террасу осложняют озерно-старичные понижения и староречья с лугово-степными сообществами на лугово-каштановых почвах и солонцово-лугово-степными комплексами. Сохранились небольшие участки пойменных лесов.

3.2. Методология комплексной оценки влияния современных климатических изменений на отдельные компоненты лесостепных, степных и полупустынных ландшафтов

Современные изменения климата породили целый поток мнений о его причинах. Большинство авторов говорят об антропогенном «следе» глобального потепления. Имеются и другие точки зрения, согласно которым глобальное потепление не более чем естественное циклическое колебание климата, обусловленное космическими и планетарно-геофизическими факторами. Как бы ни было, современное глобальное потепление стало общепризнанным фактом, игнорировать которое невозможно. Соответственно, возникли представления о том, как изучать и учитывать те разномасштабные и разнокачественные «отклики», реакции живой и мёртвой природы на неуклонный рост температуры воздуха и процессы в атмосфере Земли и ландшафтной оболочке с этим связанные.

Ныне удалось установить некоторые особенности и закономерности глобального потепления с разной степенью отчётливости проявляющиеся на разных широтах, в разных климатических поясах, ландшафтных зонах на разных континентах. Выявленное разнообразие реакции ландшафтной оболочки на потепление мозаично, не линейно и отражает сложную стохастическую систему многообразных, зачастую малоизученных и не до конца ясных связей между глобальным повышением температуры воздуха на планете и, к примеру, увеличением количества ливневых осадков в лесостепной зоне саратовского Предволжья. Подчеркнём, что запрос на решение задач климатической ресурсообеспеченности в условиях потепления становится все более актуальным [88].

Для учёта и анализа климатического отклика геосистем разных рангов, их компонентов и свойств на климатические флуктуации требуется определённая методологическая основа, своего рода набор постулатов и принципов, необходимых при работе над проблематикой «глобальное потепление и ландшафтная оболочка». В данной монографии обозначена необходимость разработки методологии комплексной оценки влияния изменяющегося глобального климата на разные субстратные компоненты ландшафтной оболочки и её различных частей: от ландшафтных поясов до отдель-

ных ландшафтов и их морфологических выделов. Авторами предлагается начальный схематичный вариант подобной методологии путём привлечения ряда понятий современной ландшафтной географии для их использования в дальнейшей работе по проблеме «меняющийся климат и антропогенный ландшафт».

Рассмотрим некоторые понятия, широко используемые в ландшафтном анализе и, как представляется, необходимые в комплексной оценке влияния климатических изменений на ландшафты.

Геосистема. Синонимы: географическая система, ландшафтная система, ландшафт. В настоящее время это базовое понятие, предполагающее рассмотрение объекта ландшафтной географии как природно-территориальной системы (геосистемы).

С позиций системного подхода объект географии — земная поверхность (географическая оболочка) предстаёт как разносубстратный набор земных оболочек: воздушной (атмосфера), водной (гидросфера), каменной (литосфера), а также дисперсно распределённых сообществ растительного и животного мира. Земные разносубстратные оболочки, взаимодействуя между собой путём обмена веществом, энергией и информацией в приповерхностном слое планеты, разделяются на выделы разного пространственно-временного масштаба: глобального, регионального и локального.

На *глобальном уровне* объектом изучения является вся поверхность Земли. Она состоит из множества региональных и локальных выделов, на которых своеобразно проявляются общепланетарные процессы — глобальная циркуляция воздушных масс с соответствующими характерными для тех или иных климатических и ландшафтных поясов величинами тепло- и влагообмена и продуктивностью биоты, типом почвообразовательных процессов, определённым солнечным энергетическим бюджетом, своеобразным морфо-структурным строением участков земной коры.

Региональный уровень, в свою очередь, состоит из локальных выделов и является климатическим фоном для них, с соответствующими особенностями массоэнергообмена и спецификой биотических процессов.

Локальный уровень участков земной поверхности представляет реальную уникальную арену жизни человека и его хозяйственной

деятельности, отражая и преломляя фоновую глобальную и региональную специфику своего местоположения и специфики ландшафтогенеза.

В соответствии с изложенной выше теоретической конструкцией глобальная система — планета Земля с наружной поверхностной оболочкой — представляет арену взаимодействия космической, солнечной и внутриземной энергий [89], является надсистемой для региональных и локальных подсистем. В иерархическом ряду системной организации земной поверхности она «диктует» специфику ландшафтогенеза на региональном и, тем более, локальном уровнях. Поэтому, исходя из логики системного подхода, необходимо выявлять и исследовать региональные и локальные индикаторы проявления глобальных изменений климата. Анализ климатических флуктуаций показал, что в холодных высоких широтах отклик регионального ландшафта на глобальное потепление заметней, чем в более низких широтах. Чем ближе к полюсу, тем очевиднее влияние потепления. Это подтверждается и данными инструментальных наблюдений.

В материалах «Оценочного доклада об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации» [90] за 1907—2006 гг. зафиксировано, что в России, расположенной в умеренных и высоких широтах Евразии, в её континентальном секторе температура увеличилась на $1,29^{\circ}\text{C}$ при среднем глобальном потеплении $0,74^{\circ}\text{C}$. С 1976 по 2017 г. в среднем по земному шару среднегодовая температура воздуха повышалась на $0,18^{\circ}\text{C}$ за каждые 10 лет. На территории России этот рост был гораздо более высокий и составил $0,45^{\circ}\text{C}$ за десятилетие [20].

В Северном полушарии глобальное потепление более заметно в Субарктике и Арктике. Оно менее отчётливо в зонах тайги и смешанных лесов. Ещё менее ощутимо в степной и полупустынной зонах умеренного, субтропического и тропического поясов. Географическая (ландшафтная) оболочка и её ландшафты в разных широтах с разной динамикой реагируют на глобальные процессы изменения климата. Холодные лесотундровые и тундровые геосистемы, где критической компонентой являются величины радиационного и теплового балансов, быстрее теряют функциональную стабиль-

ность, их многолетние режимы функционирования не устойчивы к изменению теплообеспеченности. Рост сезонной и годовой температуры воздуха ведёт к целой цепочке изменений в тепловом и водном балансах корнеобитаемого слоя растений, в грунтовой толще сезонного оттаивания почвогрунтов, нарушает устоявшиеся характеристики процессов криогенного рельефообразования, изменяет структуру водного баланса территории, сдвигает календарные сроки фенологических фаз. В лесоболотных, хвойно-лесных геосистемах тайги и смешанных лесов усиливается обводнение и заторфовывание, повышается уровень залегания грунтовых вод [34, 91, 92].

При переходе к лесостепным, степным и полупустынным геосистемам фактор увеличивающихся глобальных температур воздуха перестаёт быть критическим. В засушливых условиях критическим является количество осадков. Поэтому в семиаридных и аридных зонах важно определить направленность влажностного тренда. Здесь могут быть несколько вариантов в изменении режима увлажнения: заметное уменьшение осадков, сохранение количества осадков или их относительно небольшое уменьшение, как в годовом объёме, так и в отдельные сезоны.

Поэтому в семиаридных и аридных геосистемах главным фактором изменений их функционирования выступает количество и режим осадков. Устойчивость степных и полупустынных геосистем к климатическим флуктуациям зависит от темпов иссушения климата, а не от повышения фоновых температур воздуха. Важно установить при анализе режима увлажнения не только количество и режим осадков, но и их сезонные вариации и даты сдвига температур, благоприятных для вегетации растений.

Таким образом, при анализе климатических флуктуаций требуется внимательный анализ изменений не только температурного, но и влажностного режимов в каждой ландшафтной зоне и подзоне. Следует учитывать разную чувствительность зональных геосистем на глобальные изменения климата: гумидные и семигумидные холодные и прохладные их типы заметно реагируют на повышение глобального температурного фона, в то время как семиаридные и аридные геосистемы менее реактивны на рост температур. Засушливые ландшафты скорее находятся под угрозой антропо-

погенного опустынивания и риска ускорения эрозионных процессов из-за увеличения числа ливневых осадков. Поэтому семиаридные и аридные геосистемы более устойчивы к теплеющему глобальному климату. Однако «тонкие» малозаметные изменения в функционировании геосистем при постепенном и в отдельные годы «отступающем» фоновом повышении температуры воздуха наблюдаются и в лесостепи, и степи, и полупустыне. Они постепенны, растянуты во времени, более или менее заметно проявляются, индицируются в отдельных свойствах и характеристиках биоты, мобиломы или геомы природной геосистемы [93].

Исследование изменений в процессах годового биогеоцикла, водного баланса, перемещения минеральной массы и процессы почвообразования требуют организации сезонных и многолетних стационарных наблюдений на комплексных физико-географических стационарах, что в настоящее время трудно осуществимо. Поэтому для изучения отклика полузасушливых и засушливых геосистем на глобальное потепление необходимо привлекать методы дистанционного зондирования в сочетании с маршрутными и полустационарными исследованиями на ключевых территориях.

В поиске и изучении климатических индикаторов помогает другое важное понятие современной геосистемологии — понятие характерного времени.

Известно, что климат в «генетическом» ряду ландшафтообразующих процессов в земной биосфере является одним из главных «творцов» ландшафта [18]. Тепло- и влагооборот, уровень солнечной радиации, ветровой режим, сезонная и суточная амплитуда температурных показателей и многие другие климатические характеристики отражаются на характере и интенсивности процессов рельефообразования, почвообразования, характере растительных группировок. Поэтому климат является важнейшим фактором многих процессов ландшафтогенеза.

Компоненты ландшафта и их свойства (горные породы, их пластика (рельеф), морфологическая структура и состав почвенного слоя, структура и видовой состав фито- и зооценоза (биота), количество влаги в горных породах, почве, приземном воздухе, растительности) зависят от типов климата, в которых расположен ландшафт-

ный выдел регионального и локального рангов. Отметим, что каждому ландшафтному компоненту и отдельным его элементам присуще своё «характерное время», т. е. скорость реагирования на изменение климатических показателей.

Наиболее лабильны (изменчивы), быстро откликаются на климатические флуктуации биотические компоненты ландшафта — структура и состав фитоценоза и зооценоза, микробоценоза. Довольно отчётливо реагируют на изменения климата глубина залегания грунтовых вод, формы микрорельефа, химизм почвогрунтов, поверхностных и подземных вод [19—23]. Поэтому оценить последствия климатических изменений на малом временном отрезке (первые десятилетия) возможно лишь изучая элементы, компоненты и свойства геосистем с малыми характерными временами. Это структура зооценозов (особенно изменения ареалов и видов насекомых), характер эрозионной сети на водосборах малых порядков, уровень залегания грунтовых вод, глубина промачивания деятельного слоя почвогрунтов, инвазии новых видов растений. Перечисленные свойства и признаки геосистем являются наиболее заметными климатическими индикаторами в условиях степи, лесостепи и полупустыни.

Отталкиваясь от данного тезиса, авторы, работая в семиаридной полосе Европейской России на территории Саратовской области, искали последствия климатических изменений в изменениях растительных группировок, в явлениях животного мира, в характере структуры землепользования и видах культивируемых сельскохозяйственных растений, их урожайности в разных ландшафтных зонах. Однако прежде были изучены климатические флуктуации на территории региона и определена их направленность за последние десятилетия.

Были рассмотрены режимы теплообеспеченности и увлажнения в разных ландшафтных зонах и геоморфологических провинциях Саратовской области и определены величины климатических изменений в каждой зоне (подзоне) (см. главы 2, 3). Определена реакция процессов ландшафтогенеза на изменения в режимах тепла и влаги в лесостепных, степных и полупустынных геосистемах.

Авторы выполнили полевые исследования на модельных территориях и ключевых участках для изучения отклика ландшафтных

компонентов на глобальное изменение климата. Всего было изучено 17 ключевых территорий, представляющих все ландшафтные подзоны в разных геоморфологических провинциях на территории Саратовской области (рис. 3.3).

3.3. ИЗМЕНЕНИЯ В СТРУКТУРЕ И СОСТАВЕ ЕСТЕСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

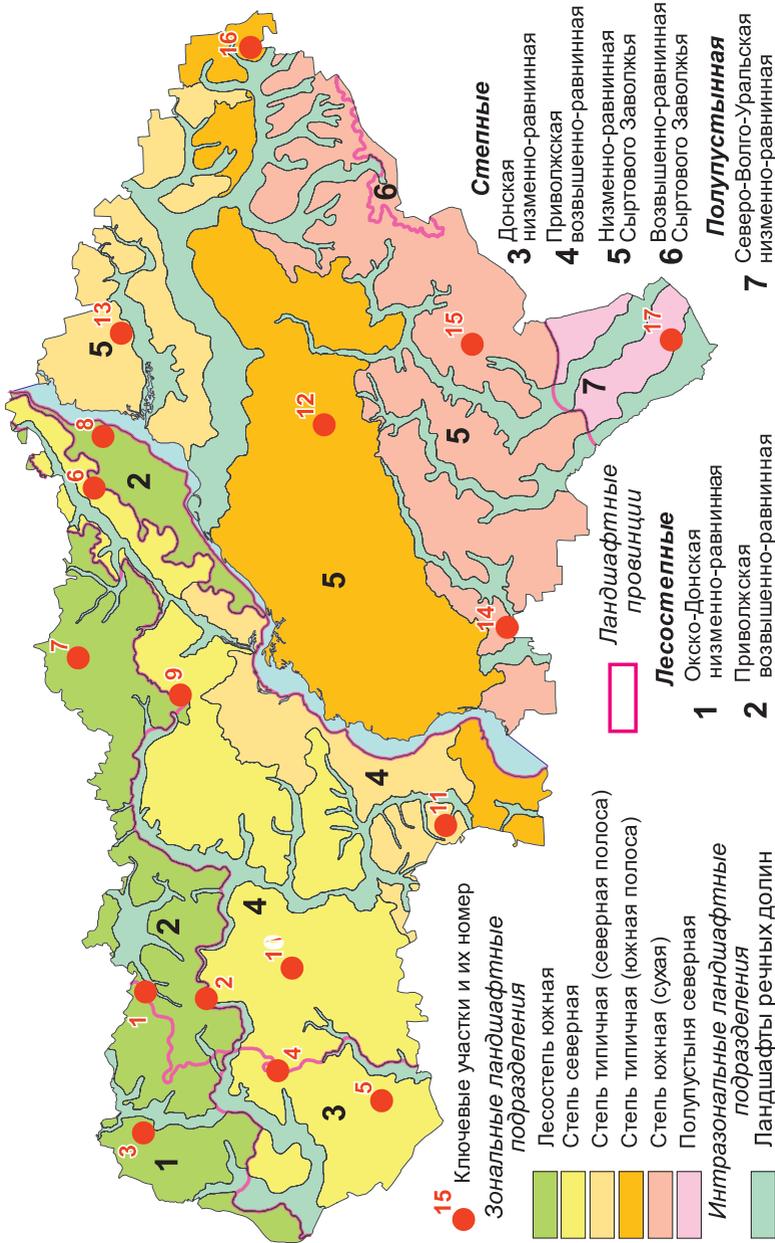
3.3.1. Заращение сельскохозяйственных угодий древесной растительностью

В сентябре 2020 г. авторами были выполнены полевые ландшафтно-экологические исследования на Вольско-Хвалынском модельном полигоне (рис. 3.3, модельный участок № 6) в южной лесостепи на восточном склоне Приволжской возвышенности.

Одной из задач исследования было выявление признаков отклика местных степных, лесных и сельскохозяйственных геосистем на глобальное потепление. Анализ космofотоснимков разных лет и маршрутные наблюдения обнаружили весьма определённые изменения в соотношении площадей сельскохозяйственных земель и земель, зарастающих кустарником и древесными породами, включая плодовые, на заброшенной пашне.

По полевым данным, собранным в 2020 г. на определённых модельных участках, удалось выявить тенденцию к увеличению

Рис. 3.3. Ключевые участки изучения динамики линейных эрозионных форм рельефа за 1999–2020 гг.: **Донская равнина**. *Луговая степь*: 1 – ключевой участок у с. Воронцовка (Екатериновский район), 2 – ключевой участок у с. Крутец (Екатериновский район), 3 – ключевой участок у с. Макарово (Ртищевский район); *Северная степь*: 4 – ключевой участок у с. Львовка (Ардакский район), 5 – ключевой участок у с. Святославка (Самойловский район); **Приволжская возвышенность**. *Южная лесостепь*: 6 – ключевой участок у с. Акатная Маза (Хвалынский район), 7 – ключевой участок у с. Столыпино (Балтайский район), 8 – ключевой участок у г. Хвалынска (Хвалынский район); *Северная степь*: 9 – ключевой участок у с. Новые Бурасы (Новобурасский район), 10 – ключевой участок у с. Широкий Уступ (Калининский район), 11 – ключевой участок у с. Старая Топовка (Красноармейский район); **Низкая Сыртовая равнина**. *Типичная степь*: 12 – ключевой участок у с. Миусс (Ершовский район), 13 – ключевой участок у с. Селезниха (Духовницкий район), 14 – колковый реликтовый лес у с. Дьяковка (Краснокутский район); *Сухая степь*: 15 – ключевой участок у с. Олоновка (Дергачевский район); **Общий Сырт**. *Типичная степь*: 16 – ключевой участок у с. Холманка (Перелобский район); **Северная полупустыня**. 17 – ключевой участок у с. Байгужа (Александрово-Гайский район)



площади лесных массивов на краевых частях лесных насаждений, а также зарастание заброшенных сельскохозяйственных полей. Так, на одном из модельных участков, который относится к Приволжской возвышенно-равнинной степной провинции и входит в Лебежайско-Мазский ландшафт, были проведены ландшафтные исследования на зарастающем поле и лесном массиве.

Лебежайско-Мазский ландшафт находится на севере Саратовского Предволжья. Он соседствует с долиной р. Терешки. Абсолютные высоты колеблются от 80 до 240 м. Естественный растительный покров представлен богаторазнотравно-типчаково-ковыльными степями на чернозёмах обыкновенных. Исследованный участок лесного массива находится в охранной зоне Национального парка «Хвалынский». Он расположен поблизости от западного склона центрального Волго-Терешкинского массива.

По данным дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ), за период с 1985 по 2020 г. площадь лесного массива увеличилась на 18,4%. Однако с 1985 по 1994 г. увеличение площади леса не наблюдалось, но с 2004 г. шёл постепенный прирост древостоя с 179 до 206 га (табл. 3.1).

Основными причинами увеличения площади краевой части лесного массива стали отсутствие сельскохозяйственной деятельности на прилегающем поле, а также благоприятные для сосновых насаждений климатические условия и почво-грунты (рис. 3.4–3.6).

Следующим модельным участком в данном ландшафте было выбрано заброшенное сельскохозяйственное поле, которое представляет собой старую залежь (возраст 10–12 лет). Расположено на второй поверхности выравнивания Приволжской возвышенности на плакоре. Участок заброшен около 20 лет назад. Произрастает

Таблица 3.1

Изменение площади лесного массива на исследуемом участке Лебежайско-Мазского ландшафта за период с 1985 по 2020 г.

Площадь лесного массива по годам, га					Изменение площади лесного массива, %
1985	1994	2004	2016	2020	
174	174	179	190	206	18,4



Рис. 3.4. Зарастание краевой части лесного массива западного макросклона долины р. Терешка (фото А. М. Неврюев, 2020)



Рис. 3.5. Зарастающая старая залежь на территории Лебазжайско-Мазского ландшафта (фото А. М. Неврюев, 2020)



Рис. 3.6. Заращение древесно-кустарниковой растительностью оврагов и балок восточного макросклона Тепловско-Хвалынского ландшафта на территории Хвалынского района (фото А. М. Неврюев, 2020)

сосна обыкновенная. Её возраст — около 16 лет. Микрорельеф включает ложбины, небольшие западины. Ключевая площадка с почвенным шурфом находится в пределах разнотравно-злаковой (пырей, мятлик, типчак, ковыль) ассоциации (проективное покрытие 95%). Встречаются сорняки.

Травянистый покров дифференцирован. Есть пырейные сообщества, типчаково-ковыльные ассоциации, а также парцеллы с преобладанием сорной растительности (осот, молочай).

В пределах старой залежи была проведена посадка сосны по бороздам на расстоянии около 3 м друг от друга. Сосна имеет разную высоту (от 0,8 до 2,5—3,0 м) и возраста 11—16 лет и меньше. Среди сосновых насаждений встречаются лох, ясень, вяз приземистый.

Следующий модельный участок был выбран в Тепловско-Хвалынском ландшафте, на восточном макросклоне. Тепловско-Хвалынский останцовый ландшафт вытянут с севера на юг вдоль правого берега Волги и приурочен к водоразделу Волги и Терешки. Северная часть ландшафта, примыкающая к берегу Саратовского водохранилища, находится на территории Хвалынского муници-

пального района, а его южная часть отступает от берега на 3–12 км и заходит на территорию Вольского района. Абсолютные высоты — от 25–30 м у берега Волги до 360 м на Волго-Терешкинском водоразделе. Высота 369 м над уровнем моря зафиксирована в 5,5 км к юго-западу от г. Хвалынска в пределах массива Хвалынские горы. На южном участке ландшафта высоты более 340 м наблюдаются в 7,8 км к юго-востоку от с. Юловая Маза Вольского района. Для ландшафта характерны узкие останцово-гривистые водораздельные поверхности. Склоны имеют уклоны 5–10°, иногда — более 10°. На склонах формируются оползни и осыпи. Территория дренируется р. Чернава, балками и оврагами.

На лугово-степных склонах сформировались чернозёмы типичные, под петрофитно-степными сообществами — чернозёмы неполноразвитые каменистые в разной степени смытые.

На территории Вольско-Хвалынского модельного полигона в последние десятилетия широко распространена садоводческая деятельность. Разбиты яблоневые сады. Так, в период с 1991 по 2020 г. площадь яблоневых насаждений выросла с 512 до 2302 га. Это обусловлено хорошим местоположением (благоприятный микроклимат, почва) и экономической рентабельностью выращивания яблок (рис. 3.7).



Рис. 3.7. Молодые посадки яблонь на восточном макросклоне Тепловско-Хвалынского ландшафта на территории Хвалынского района (фото А. М. Неврюев, 2020)

Анализ данных геоинформационного картографирования и дистанционного зондирования, объединённых в единую геоинформационную систему, показал, что *отчётливого отклика на глобальное потепление в геосистемах южной лесостепи и луговой степи Приволжской возвышенности и Донской равнины не обнаружено*. Заметно обозначилось зарастание заброшенных сельскохозяйственных угодий древесной и кустарниковой растительностью, рудеральными травянистыми видами. Зарастание лесом и кустарником сельскохозяйственных полей обусловлено сукцессионным процессом возвращения некогда лесных участков в их естественное состояние.

Много заброшенных малопродуктивных пахотных земель выявлено в Заволжье, в подзоне сухой степи и северной полупустыне. Однако данный факт связан с кардинальным изменением социально-экономического уклада в аграрном секторе страны, а не глобальным потеплением.

3.3.2. Динамика водно-эрозионных процессов. Результаты дешифрирования космических снимков ключевых территорий за 1999 и 2020 гг.

В данном пункте монографии рассмотрены эрозионные процессы на территории Саратовской области за 1999–2020 гг. с целью выяснения влияния глобального потепления на динамику водно-эрозионных процессов. Для этого авторами были:

- выбраны характерные ключевые участки с целью анализа возможных изменений в различных типах ландшафтных местностей – водораздельных, склоновых и долинных;
- подготовлены базы крупномасштабных космических снимков на начало и конец обозначенного периода;
- по ДДЗЗ оцифрованы тальвеги по каждому модельному участку за два временных среза;
- созданы модели горизонтального расчленения рельефа ключевых участков;
- разработаны и представлены модели разницы показателя горизонтального расчленения рельефа по ключевым участкам за выбранный период;

– проанализированы изменения линейных эрозионных форм рельефа.

Выбор ключевых участков был осуществлен на основе учёта ряда принципов и характеристик территории и методов её анализа:

- наличие космоснимков за выбранные временные срезы;
- «типичность» территории (возможность для дальнейшей экстраполяции данных);
- бассейновый подход к определению границ участков для расчёта изменений на каждом локальном типе рельефа;
- чёткая выраженность рельефа (не имеет смысл брать участки, где локальные перепады высот между водоразделом и базисом эрозии не значительны).

Следуя этим принципам, на территории Саратовской области было рассмотрено 8 участков (см. рис. 3.3):

- Воронцовка (Екатериновский район) –участок № 1;
- Святославка (Самойловский район) –участок № 5;
- Акатная Маза(Хвалынский район) –участок № 6;
- Новые Бурасы (Новобурасский район) –участок № 9;
- Старая Топовка (Красноармейский район) –участок № 11;
- Миусс (Ершовский район) –участок № 12;
- Холманка (Перелюбский район) –участок № 16.

Ключевые участки покрывают территорию с запада на восток и являются типичными для ландшафтных районов следующих провинций: Приволжской возвышенно-равнинной лесостепной, Донской низменно-равнинной лесостепной, Приволжской возвышенно-равнинной степной, а также провинции Сыртового низменно-равнинного степного Заволжья.

На участках территория была разбита на ячейки 500 x 500 м, оцифрована тальвежная сеть и для каждой ячейки был рассчитан показатель горизонтального расчленения рельефа за 1999 г. и 2020 г. В результате была получена модель динамики линейной эрозии за период с 1999 по 2020 г. (рис. 3.8 – 3.14). Изменения общей длины тальвежной сети были подсчитаны и представлены в табл. 3.2.

Наиболее сильное увеличение длины линейных эрозионных форм рельефа наблюдается на участках в западных районах области (Воронцовка, Святославка) и на северном участке (Акатная Маза).

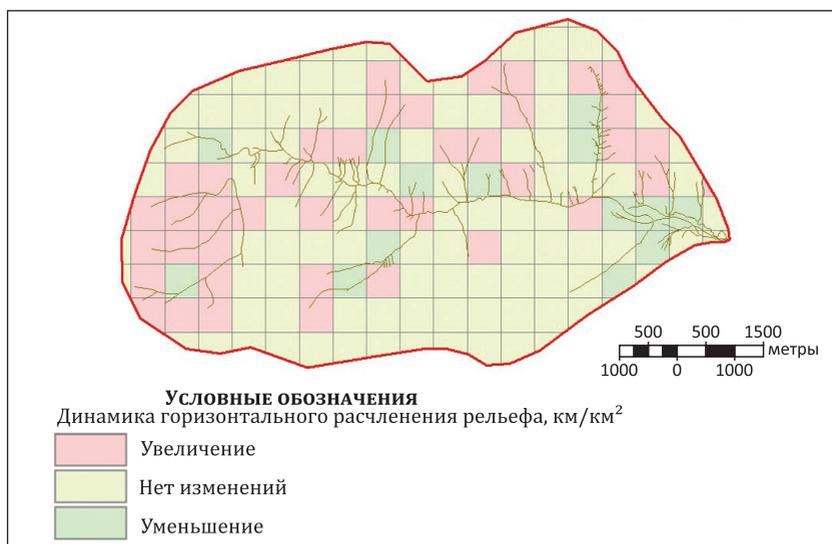


Рис. 3.8. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 1 «Воронцовка». Донская равнина, луговая степь

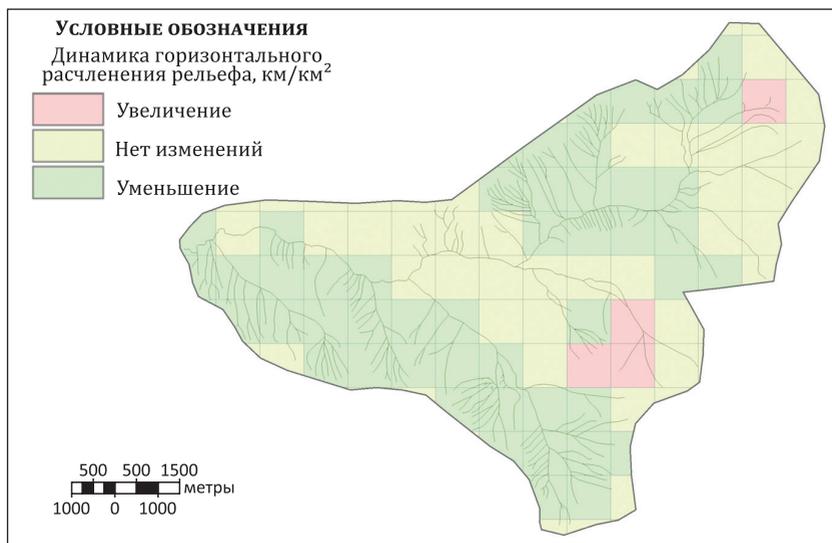


Рис. 3.9. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 5 «Святославка». Донская равнина, северная степь

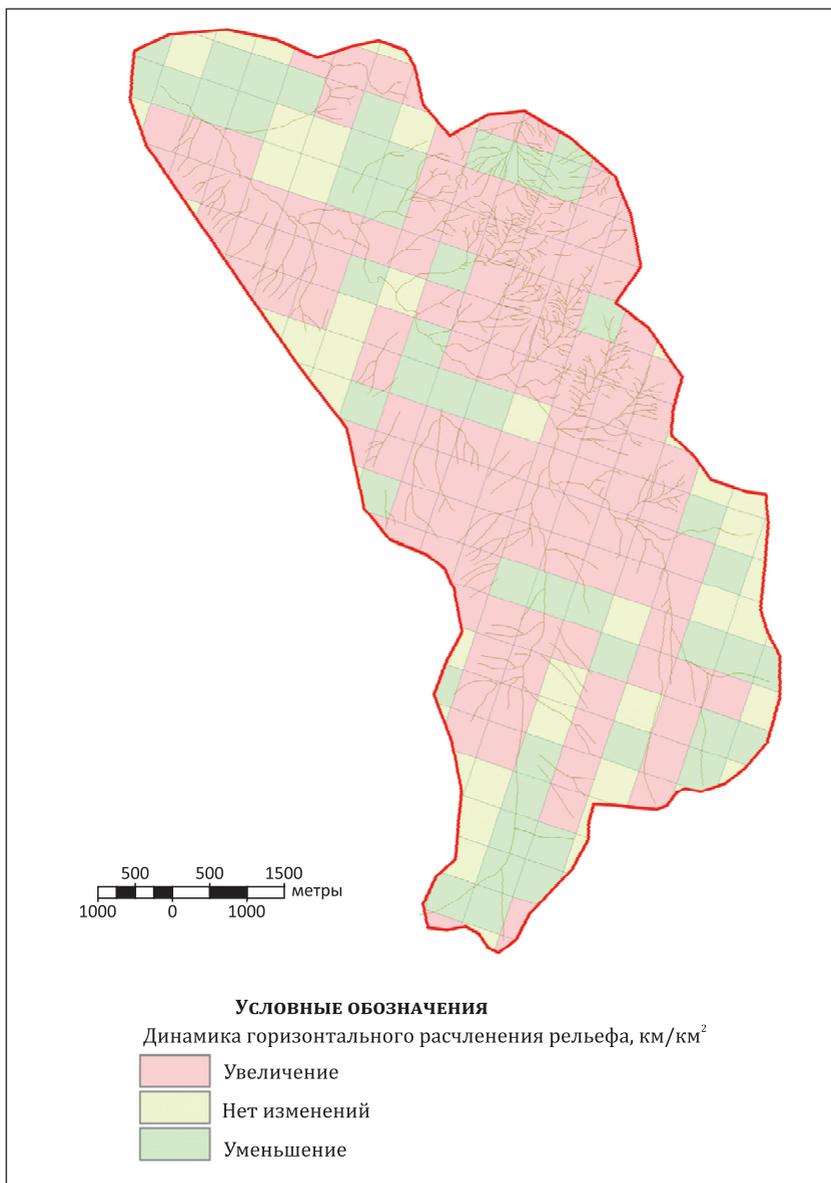


Рис. 3.10. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 6 «Акатная Маза». Приволжская возвышенность, южная лесостепь

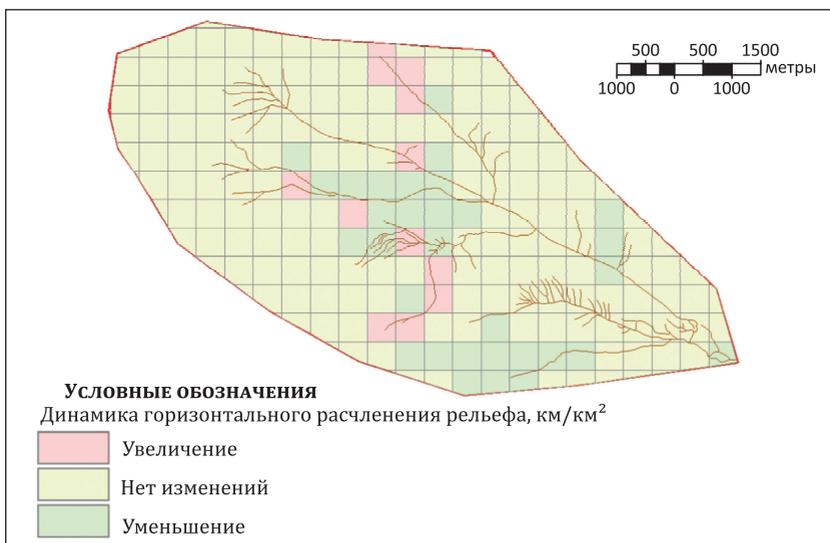


Рис. 3.11. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 9 «Новые Бурасы». Приволжская возвышенность, северная степь

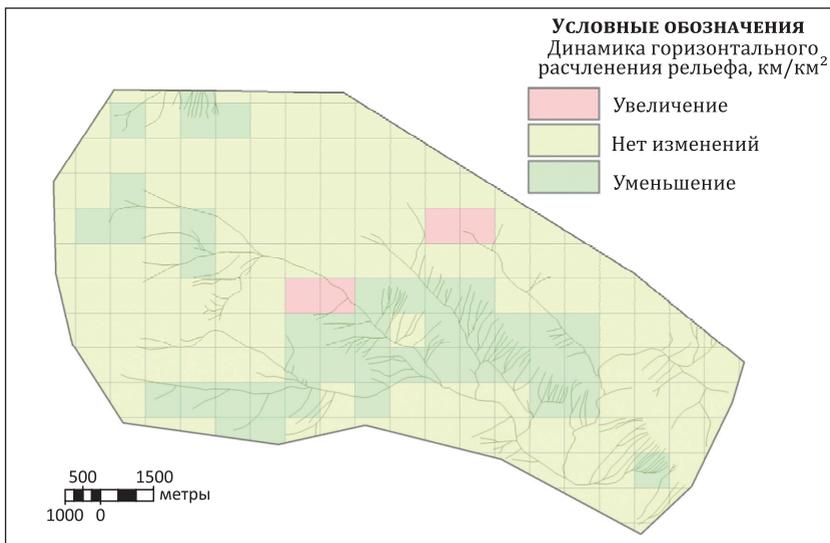


Рис. 3.12. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 11 «Старая Топовка». Приволжская возвышенность, северная степь

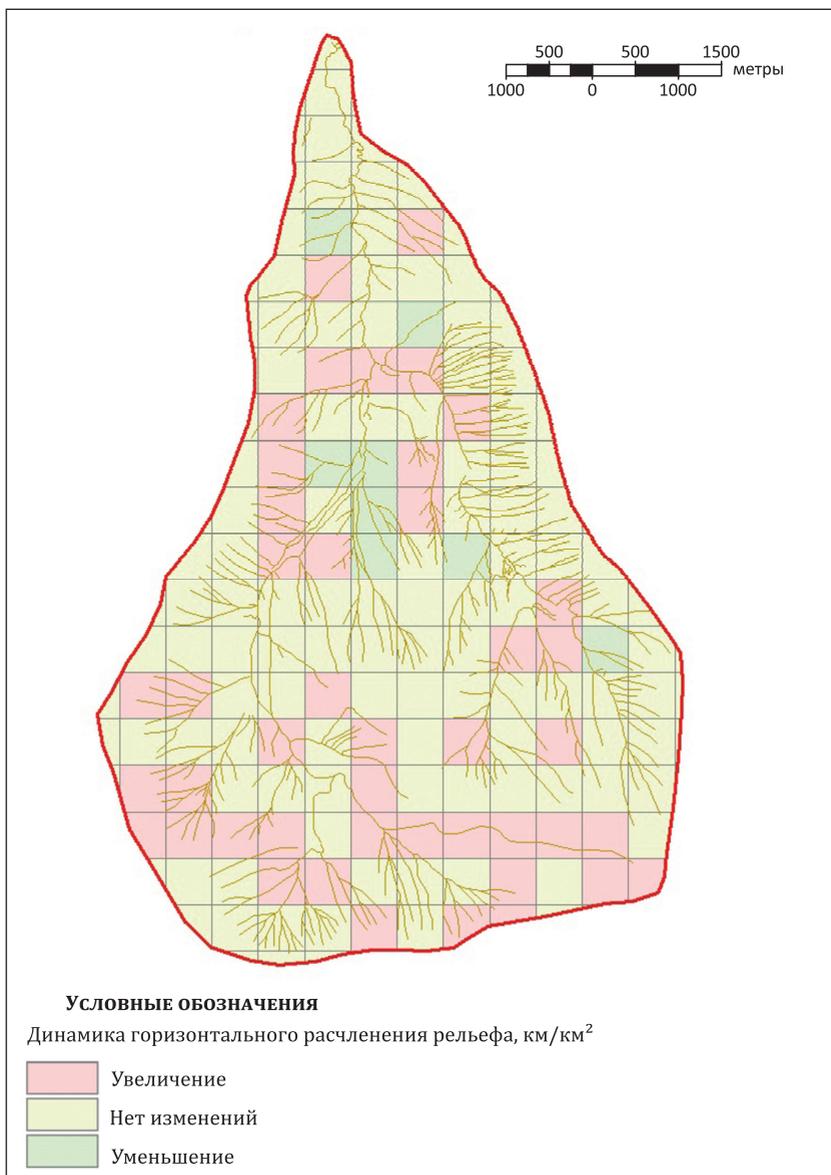


Рис. 3.13. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 12 «Миусс». Низкая Сыртовая равнина, типичная степь

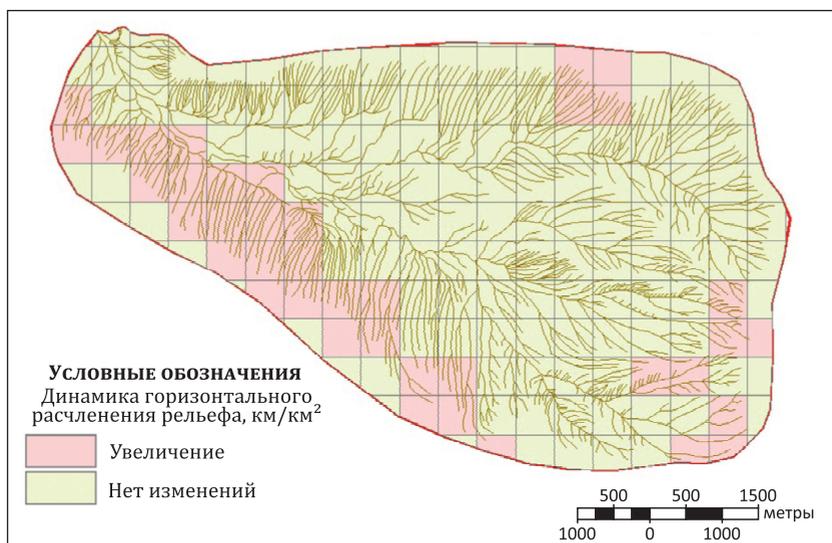


Рис. 3.16. Динамика горизонтального расчленения рельефа за 1999–2020 гг. Ключевой участок № 16 «Холманка». Общий Сырт, типичная степь

Таблица 3.2

Изменения общей длины тальвежной сети по ключевым участкам за 1999–2020 гг.

Номер участка	Зональные ландшафтные провинции / подразделения	Длина тальвежной сети, км		Изменение длины тальвежной сети	
		1999 г.	2020 г.	км	% к 1999 г.
6	Приволжская возвышенность / Южная лесостепь	121,90	156,91	35,01	28,72
1	Донская равнина / Луговая степь	40,05	58,50	18,45	46,07
12	Низкая Сыртовая равнина / Типичная степь	166,28	182,11	15,83	9,52
9	Приволжская возвышенность / Северная степь	71,12	61,83	-9,29	-13,06
5	Донская равнина / Северная степь	77,02	97,15	20,13	26,14
11	Приволжская возвышенность / Северная степь	93,43	103,71	10,28	11,00
16	Общий Сырт / Типичная степь	336,36	351,39	15,03	4,47

Левобережье и юг Правобережья региона отмечаются достаточно низкими показателями развития линейной эрозии. Наиболее вероятной причиной такого распределения могут быть сравнительно небольшие превышения водораздельных поверхностей над базами эрозии в Заволжье по сравнению с территориями Приволжской возвышенности и Окско-Донской равнины. Также Правобережье отличается большим количеством осадков, в том числе ливневых, более высокими показателями мощности снежного покрова. В совокупности эти факторы определяют более высокие темпы развития линейной эрозии.

Отдельно стоит отметить участок «Новые Бурасы», где были выявлены значительные массивы заброшенной пашни, на которых произошло сукцессионное восстановление сначала высокотравной, а затем и древесно-кустарниковой растительности, что привело к стабилизации или затуханию развития мелких эрозионных форм.

Из общих тенденций динамики эрозионных процессов, наблюдаемых на большинстве участков, отметим следующие:

- развитие мелких эрозионных форм (промоин, борозд и др.);
- увеличение интенсивности эрозии на сильно покатых и крутых склонах и на верхних частях склонов;
- незначительные темпы развития донной и боковой эрозии в крупных эрозионных формах;
- наибольшая скорость эрозии на незадернованных участках сельскохозяйственных земель.

Представленные в первой главе актуальные метеорологические данные за рассматриваемый период по динамике температур и осадков подтверждают отмеченные тенденции. Увеличение температур в период снеготаяния (март – первая декада апреля) по метеостанциям Хвалынский и Балашов может являться причиной активизации образования малых эрозионных форм на склонах. Вместе с тем, увеличение температуры на метеостанциях Левобережья (станции Новоузенск, Ершов, Александров Гай) не настолько значительно и в условиях меньших перепадов высот не даёт таких темпов развития линейных эрозионных форм рельефа.

Сделаем предварительные выводы о динамике линейной эрозии в регионе за последние 30 лет.

Наиболее заметное увеличение длины линейных эрозионных форм рельефа наблюдается на Донской равнине в подзонах луговой и северной степи и в Хвалынском Предволжье в южной лесостепи. В степной зоне Левобережья и на юге Правобережья отмечены низкие показатели динамики развития линейной эрозии.

Увеличение температур воздуха в период снеготаяния является одной из причин активного образования малых эрозионных форм на склонах.

3.3.3. Процессы опустынивания в северной полупустыне Саратовского Заволжья

На юге Саратовской области расположена северная полупустыня с западным микрорельефом. В условиях крайне низкого количества осадков (312 мм в год) микрорельеф способствует перераспределению влаги и накоплению её в микропонижениях (западинах). Это позволяет формироваться специфическому ландшафту, в котором соседствуют микросклоны со светло-каштановыми почвами (44,1%), микроповышения с солонцами (37,5%) и западины с лугово-каштановыми почвами (18,4%). В Александрово-Гайском районе на ключевом участке (100×100 м) в 2010 и 2020 гг. проводились исследования ландшафтных фаций микрокомплексной полупустыни. Морфологическая структура ландшафтного покрова сохранилась, но произошли качественные изменения почвенно-растительного покрова. На 20–30% уменьшилось проективное покрытие травянистого яруса, значительно сократилось видовое разнообразие. В западинах почти исчезла травянистая растительность, а высота кустов спиреи снизилась с 1,0–1,4 м (2010 г.) до 0,5–0,7 м (2020 г.). Полупустынные ландшафты в последнее десятилетие используются для выпаса крупного рогатого скота, овец, коз и лошадей. Густота скотобойных троп на ключевом участке в 2010 г. составляла 0,11 м/м², в 2020 г. – 0,17 м/м². Площадь поверхности, нарушенной скотобойными тропами, возросла с 3% (2010 г.) до 4,7% (2020 г.) от площади участка. Верхняя часть почвы на тропах до глубины 4–6 см находится в рыхлом состоянии.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики по Саратовской области, в Александрово-Гайском районе в

2009 г. во всех хозяйствах содержали 24095,4 условных голов крупного рогатого скота (КРС), а в 2019 г. — 26395,4 условных голов КРС. За 10 лет поголовье сельскохозяйственных животных возросло на 9,6%. В 2009 г. КРС составлял 73,7% от общего числа животных, овцы и козы — 18,9%, лошади — 7,4%. В 2019 г. на КРС приходилось 81,9% от общего числа животных, на овец и коз — 10,1%, на лошадей — 8,0% [94].

Значительную часть сельскохозяйственных животных выпасают на пастбищах в течение 7–8 месяцев. В 2010 г. длина скотобойных троп на рассматриваемом участке составляла 1125,7 м, в 2020 г. — 1723,0 м. В среднем ширина скотобойных троп достигает 27 см. Согласно расчётам, скотобойные тропы занимали в 2010 г. 303,9 м² (3,0% от общей площади модельного участка), в 2020 г. — 465,2 м² (4,7%).

Исследования, проведённые на ключевом участке (100×100 м) в северной полупустыне на юге Саратовского Заволжья, позволяют сделать следующие выводы.

1. С 2010 по 2020 г. сохранилась морфологическая структура микрокомплексного полупустынного ландшафта, в котором на микросклоны со светло-каштановыми почвами приходится 44,1%, на микроповышения с солонцами — 37,5%, на западины с лугово-каштановыми почвами — 18,4% от площади участка.

2. За 10 лет на 20–30% снизилось проективное покрытие травянистого покрова, значительно уменьшилось видовое разнообразие. Особенно сильно пострадали сообщества западин, где травянистый ярус почти исчез, а сохранились отдельные злаки и спирея. Высота кустов спиреи снизилась с 1,0–1,4 (2010 г.) до 0,5–0,7 м (2020 г.).

3. Для предотвращения деградации полупустынных ландшафтов необходимо снижение пастбищной нагрузки, регулирование времени выпаса животных.

4. Для сохранения микрокомплексных полупустынных ландшафтов как одного из характерных элементов северной полупустыни стоит предусмотреть организацию Приузенского полупустынного заповедника. К сожалению, статус памятников регионального значения не всегда эффективно выполняет природоохранную функцию.

3.4. РЕАКЦИЯ ЖИВОТНОГО МИРА НА СОВРЕМЕННЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Современные изменения климата оказывают серьёзное влияние на процессы и явления, происходящие в мире флоры и фауны. В данном параграфе приводится анализ данных на основе литературных источников о реакции и тенденциях, наблюдаемых в животном и растительном мире за последние несколько десятилетий в Саратовской области и соседних регионах, обусловленных глобальным потеплением климата.

Условно параграф можно разделить на четыре части. В пункте 3.4.1 рассматриваются изменения в распространении болезней, связанных, как предполагается, с динамикой климатических показателей. Обычно эти заболевания носят эколого-эпизоотологический характер, т. е. имеют прямую зависимость от геоэкологических факторов. Рассматриваются изменения ареалов вируса Западного Нила, иксодового клещевого боррелиоза, вируса клещевого энцефалита, туляремии, чумы и определяется значимость влияния на расположение ареалов изменения климатических показателей.

Пункт 3.4.2 посвящен изменениям в энтомофауне, фауне рептилий. Отмечаются новые виды на ранее не освоенных ими территориях, изменения популяционных особенностей видов. В пункте 3.4.3 показаны современные тенденции в мире фауны птиц и млекопитающих, рассмотрены популяционные особенности, новые ареалы, изменения фенологии животных. Рассматриваются не только климатические факторы первого порядка, но и производные климата, связанные с антропогенным откликом на климатические тенденции.

Пункт 3.4.4 включает в себя анализ данных, связанных с изменениями в педосфере и дендрологии в контексте динамики климатических процессов.

3.4.1. Эколого-эпизоотические заболевания

Одним из важных индикаторов изменений климата является динамика ареалов болезней, связанных с их носителями из мира фауны.

Лихорадка Западного Нила (ЛЗН) имеет тенденцию к расширению своего ареала из более южных регионов РФ (Астраханская

область) на север. Исследователями РосНИПЧИ «Микроб» в 2010 г. была проведена работа по выявлению циркуляции ЛЗН в нескольких районах Саратовской области: Саратовском, Энгельсском, Ровенском и Красноармейском (рис. 3.15). Определены положительные результаты тестов на антигены к ЛЗН у мезофильных млекопитающих — домашних мышей и полёвок. У птиц и членистоногих положительных результатов тестов в ходе исследований в 2010 г. не выявлено, но отмечается, что такие результаты наблюдались неоднократно за последние 15 лет [95].

Отмечается, что распространение ЛЗН происходит из природных очагов в Волгоградской области и Западном Казахстане. Это свя-



Рис. 3.15. Расположение пунктов обследования и обнаружения антигенов вируса Западного Нила [95]: ● — отрицательные результаты, ★ — положительные результаты

зано с потеплением климата и антропогенной деятельностью. Ареалы ЛЗН приходятся на относительно влажные биотопы: байрачные и водораздельные леса, овраги и балки, долинные комплексы. Предполагается возможность образования природного очага ЛЗН на юге Саратовской области [95, 96].

В 2011 г. случаи распространения ЛЗН отмечались в Тамбовской и Воронежской областях, до которых ареал данного заболевания ранее не распространялся. Здесь также в ближайшем будущем возможно развитие новых очагов ЛЗН [95].

В исследовании [97] отмечается устойчивая зависимость между повышенной температурой воздуха, популяцией комаров рода *Culex* и, соответственно, заболеваемостью ЛЗН.

Тенденция усиления риска заболеть ЛЗН отмечается и в работе [98] сотрудников РосНИПЧИ «Микроб». К примеру, в 2016 г., на фоне общего уменьшения заболеваний ЛЗН в РФ, в Саратовской области наблюдалось 64% всех случаев этой болезни. В 2016 г. РНК-вирусы ЛЗН на территории Саратовской области были обнаружены в птицах и комарах рода *Culex*. Главным фактором этого являются климатические особенности летнего периода в регионе: выраженные температурные максимумы, в особенности в дни массового выплода основных переносчиков вируса – комаров рода *Culex*.

Другой важной тенденцией в динамике заболеваний населения региона является распространение **боррелиоза**. Так, в соседней с Саратовской областью Воронежской области наблюдается расширение ареалов данного заболевания, переносимого клещами нескольких видов: *Ixodes ricinus*, *Dermacentor marginatus*, *D. reticulatus*. В исследовании эпидемиологов приведена статистика заражений от укусов клещей по годам и районам Воронежской области. Рост заражений иксодовым клещёвым боррелиозом (ИКБ) связан в том числе и с изменениями климата (рис. 3.16).

Выявлен очаг распространения боррелиоза в Воронежском биосферном заповеднике. Также определены наиболее частые возбудители заболевания (~80%) – *Ixodes ricinus*. Выявлены места, к которым приурочены ареалы обитания перечисленных клещей и, соответственно, локальные очаги боррелиоза: лесные биоценозы, представленные лиственными и хвойно-лиственными лесами, антропо-

погенными экосистемами с древесно-кустарниковой растительностью [99].

В работе сотрудников РосНИПЧИ «Микроб» [100] отмечается первый случай официального заражения клещевым боррелиозом человека от клеща рода *Ixodes ricinus* в Калининском районе Саратовской области. Авторы фиксируют тенденцию постепенного распространения иксодовых клещей, которые потенциально могут быть носителями боррелиоза в 19 районах Правобережья и 8 районах Левобережья Саратовской области.

Впервые инфицированный боррелиями иксодовый клещ был выявлен в 2004 г. в Аткарском районе. Отмечено, что в отличие от ЛЗН боррелиоз распространяется с территории более залесённых северных соседних регионов РФ: Пензенской, Самарской, Ульяновской областей. Основные места распространения *Ixodes ricinus* — поймы рек, овраги и экотонные участки водораздельных лесов. Обнаружен боррелиоз в долинах рек в пределах типичной и сухой степи, и даже в полупустыне. Таким образом, долины рек Большого и Малого Иргиза, Узеней, Карамана, Медведицы, Хопра являются «коридорами» распространения боррелиоза.

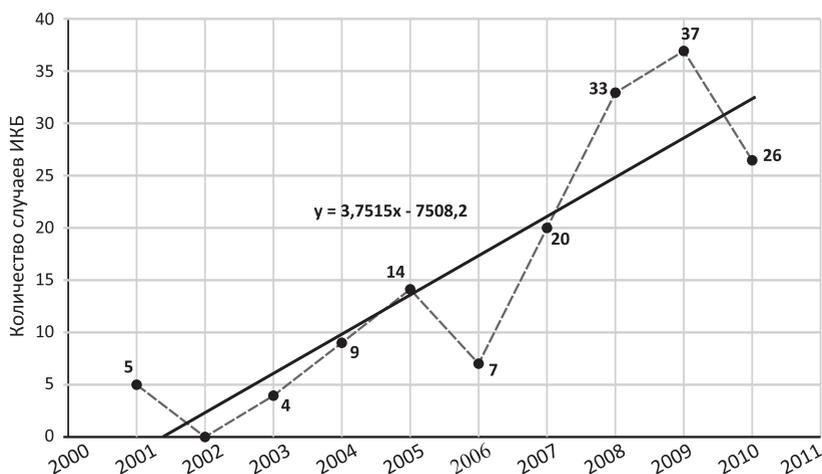


Рис. 3.16. Динамика случаев обнаружения носителей клещевого боррелиоза в Воронежской области за 2001–2010 гг. [99]

Достаточно высока доля клещей, инфицированных *Ixodes ricinus*, — от 13 до 41% в разных районах Саратовской области. Наибольшие показатели инфицированности клещей боррелиями обнаружены в Аткарском (Пензенский природный очаг), Пугачевском и Хвалынском районах (Самарский природный очаг). Также выявлена прослойка населения, имеющая иммунный ответ к клещевому боррелиозу (по районам от 0,95 до 6,03%) (рис. 3.17) [100].

Исследователи отмечают возможное формирование природного очага клещевого боррелиоза в Саратовской области в будущем. Одним из важных факторов являются климатические изменения, обуславливающие повышение температуры и влажности лесных и прилегающих к лесу территорий [100, 101].

Распространение **туляремии** происходит посредством переносчиков — клещей *D. marginatus*, *D. reticulatus*, *Rh. rossicus*. Их ареалы приурочены к интразональным ландшафтам — долинам рек, кустарникам в пойме и на первых надпойменных террасах, овражно-балочной сети, лесополосам. Клещи рода *D. reticulatus* тяготеют к

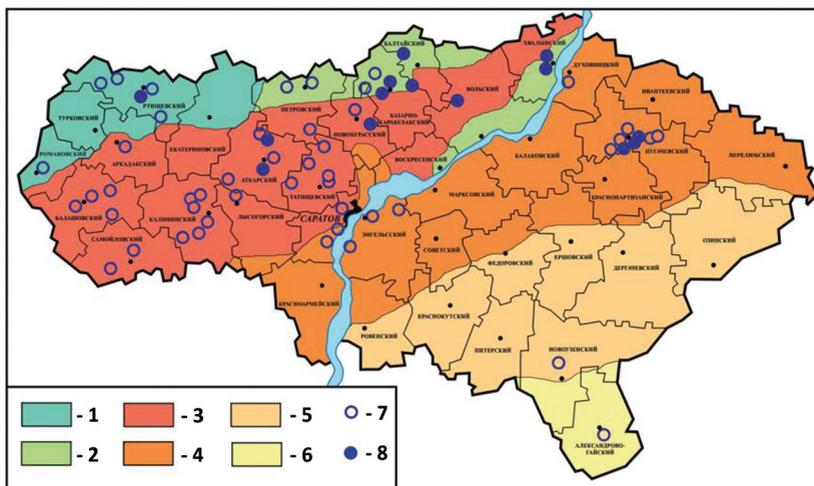


Рис. 3.17. Находки клещей рода *Ixodes* и положительные пробы на иксодовый клещевой боррелиоз в различных природных зонах Саратовской области в 2002—2009 гг. [100]. Ландшафтные зоны и подзоны: 1 — луговая степь зоны лесостепей, 2 — лесолугостепь зоны лесостепей, 3 — северная степь, 4 — типичная степь зоны степей, 5 — сухая степь; 6 — северная полупустыня. Места находок клещей: 7 — с отрицательным, 8 — с положительным результатом ИКБ

плакорным лесным массивам. Степные биогеоценозы являются естественными местообитаниями для всех вышеперечисленных видов клещей в отличие от *Ixodes ricinus*.

Очаги распространения туляремии. Авторы исследования РосНИПЧИ «Микроб» в 2003—2004 гг. смогли зафиксировать культуры туляремии в Хвалынском, Балаковском, Самойловском, Алгайском, Новоузенском районах и зелёной зоне Саратова. Отмечалось только наличие антигена туляремии. Устойчивая циркуляция туляремии фиксируется лишь в природных биогеоценозах. Таким образом, можно зафиксировать уменьшение случаев туляремии, причиной чего являются климатические изменения, подавляющие распространение туляремии [102].

Клещевой энцефалит (КЭ) не выявлен на территории Саратовской области, но присутствует в соседних Ульяновской, Самарской, Оренбургской областях. В исследовании [103] были приведены основные переносчики КЭ — клещи рода *Ixodes ricinus*, которые, как было описано выше, активно «завоёвывают» Саратовскую область. Ключевыми факторами, обусловленными потеплением климата и влияющими на распространение клещевого энцефалита в Саратовской области, являются:

– быстрое увеличение популяции небольших млекопитающих, прокормителей клещей, так называемых видов-«амплифайеров», например, зелёноядных полевок (*Microtus Clethrionomys rufocanus*), что обычно с временной задержкой в 2 года приводит к распространению самих *Ixodes ricinus*;

– кратно более быстрое прохождение стадий развития клеща и, следовательно, увеличение темпов распространения ареалов КЭ [103].

В связи с благоприятными климатическими условиями и влиянием антропогенного фактора на территории сухой степи и полупустыни происходит распространение арбовирусных инфекций мышевидными грызунами. Доминирует в распространении арбовирусов домовая мышь, но носителями являются также полёвка обыкновенная, малая лесная мышь, полёвка общественная. Увеличение ареала заболеваний, входящих в группу арбовирусов, идёт по интразональным коридорам — обводненным волжской водой малым рекам, их

долинам, магистральным оросительным и обводнительным каналам. В зоне этих линейных объектов в ближайшем будущем могут сформироваться устойчивые природные очаги арбовирусов [104].

Ещё одним примером изменения распространения болезней в связи с изменениями климата является замещение переносчиков малярии *An. Mesae* более эффективными переносчиками *An. Atroparvus* и *An. Maculipennis*, способными распространять вирус даже в зимний период при невысоких положительных температурах. Эта возможность ранее была недоступна и открылась только вследствие увеличения зимних температур в последние десятилетия [105].

3.4.2. Энтомофауна как индикатор изменений климата

Насекомые имеют повышенную чувствительность к климатическим факторам, так как именно климат определяет сроки фенологических фаз развития энтомофауны.

Одним из возможных индикаторов климатических изменений являются инвазии видов, ранее не встречавшихся на какой-либо территории. Подобным примером инвазии является появление бражника облепихового в Саратовской области. Он был зарегистрирован в долине Волги от Ровенского до Хвалынского районов. Отмечается связь вида с посадками лоха серебристого и дачными посадками облепихи, но более весомым фактором является аридизация климата, более благоприятная для бражника облепихового [106].

Другим индикатором климатических изменений являются популяционные изменения насекомых. Так, отмечается устойчивая связь между взрывным ростом популяции саранчовых (итальянский прус, азиатская саранча) и засушливыми периодами на территории Нижнего Поволжья за последние 100 лет [107, 108].

Кроме того, прослеживается связь периодов уменьшения солнечной активности (64%) и засух. Другими важными факторами развития саранчовых являются благоприятная для них общая аридизация климата; выведение большого количества сельскохозяйственных земель в залежь, которая служит ядрами ареалов саранчовых.

На территории Саратовской области основные очаги инкубации и последующего распространения саранчовых находятся в

долинах рек Большой Узень и Малый Узень, в затопляемой зоне Варфоломеевского водохранилища [107, 108] (табл. 3.3).

Достаточно чувствительны к изменениям климата и представители класса пресмыкающихся.

Так, отмечается увеличение ареала ящурки разноцветной (*Eremias arguta* (Pallas, 1773)) в Саратовском Заволжье. Наблюдаются волны распространения ящериц данного вида на север во время циклов повышения температур до 1940-х гг., и, напротив, волны уменьшения ареалов в последующее похолодание климата до 1970-х гг. Новая волна, связанная с современным потеплением, приходится на конец 1990 — начало 2000-х гг. [109].

Другим видом, демонстрирующим связь популяционных особенностей пресмыкающихся с изменениями климата в Саратовской области, является восточная степная гадюка (*Vipera renardi*

Таблица 3.3

Вспышки массовых размножений итальянского пруса и азиатской саранчи в Нижнем Поволжье [107]

Годы больших засух в Поволжье	Азиатская саранча		Итальянский прус	
	Годы массовых размножений	Продолжительность вспышки, год	Годы массовых размножений	Продолжительность вспышки, год
1890–1892	1892–1898	7	1890–1897	8
1911–1912	1912–1914	3	1911–1914	3
1916–1917	1917–1919	3	—	—
1920–1921	1921–1924	4	1920–1923	4
1927–1931	1927–1931	5	1931–1934	4
1936–1938	1936–1939	4	1940–1943	4
1944–1949	1943–1949	7	1954–1957	4
1954, 1957, 1959, 1961	1959–1962	4	1959–1962	4
1966, 1967, 1969	—	—	1968–1969	2
1972, 1975	—	—	1972–1974	3
1979–1981, 1984	—	—	1980–1984	5
1986–1988, 1991	—	—	1988–1991	4
1996, 1998–1999	2000–2001	2	1998–2001	4
2006–2007	—	—	2007–2008	2
2009–2010	—	—	с 2010	1

Примечание. В 1968–1969 гг. кратковременное массовое размножение итальянского пруса охватило Уральскую область западного Казахстана, Заволжье Волгоградской области и юго-восточную часть Саратовской области. В 2006 г. острозасушливые условия поддерживались в основном в левобережных районах Саратовской области.

(Christoph,1861)). Обнаружены волнообразные циклы уменьшения (1960–1980-е гг.) и увеличения ареала степных гадюк, определяются факторы подвижности ареалов:

- потепление климата;
- значительное сокращение площади пашни и увеличение доли заброшенных и выведенных сельскохозяйственных угодий.

Выявлены ареалы *Vipera renardi*, отмечающиеся наибольшей плотностью особей. Это долины рек Большой и Малый Узень, южная часть Александрово-Гайского района (плотность до 11 экз./га). Несколько меньшая плотность, но, тем не менее, достаточно высокая характерна для других районов Заволжья – Дергачевского, Озинского, Перелюбского. Местообитание: долины малых рек, пруды. Потепление и аридизация климата приведет к постепенному расширению ареала восточной степной гадюки в будущем [110].

3.4.3. Фауна птиц и млекопитающих как индикатор изменений климата

Изменения климата оказывают влияние на птиц и животных, обитающих в Саратовской области: изменяются ареалы, происходит сдвиг сроков фенофаз, появляются новые популяционные особенности. В исследованиях орнитологов отмечается волнообразный характер циклов потепления/похолодания климата за последние 12000 лет, а также пути скачкообразного распространения ареалов птиц из природных рефугиумов. Выделяются 5 типов динамики распространения птиц в регионе Нижнего Поволжья [111].

С точки зрения зависимости от климатических характеристик интересна группа 3, напрямую зависящая от соотношения среднегодовые температуры/количество осадков, а также развития линейной эрозии (в качестве примеров: белокрылый (*Melanocorypha leucoptera*) и чёрный жаворонок (*Melanocorypha yeltoniensis*), серая куропатка (*Perdix perdix*), балабан (*Falco cherrug*), степной лунь (*Circus macrourus*), курганник (*Buteo rufinus*)). Кроме того, интересны группа 4, определяемая как «миграционная» (т. е. ареалы и даже ядра популяций мигрируют, иногда необратимо), а также группа 5 – хищники, зависимые от популяционных характеристик жертв, которые, в свою очередь, могут быть определены климатическими и антропо-

погенными факторами. Авторы исследования отмечают феномен волнообразных инвазий за последние 500 лет на севере Нижнего Поволжья просянки (*Emberiza calandra*), вдали от основных репродуктивных районов, что связывается с брикнеровскими геоклиматическими циклами. Это также подтверждает гипотезу связи увеличения/уменьшения площадей ареалов птиц с глобальными климатическими изменениями [111].

Отмечается, что на фоне преобладания многовекового тёплого и сухого климатического тренда сокращаются популяции видов, тяготеющих к водоёмам на ранней стадии сукцессии (лебеда-кликун — *Cygnus cygnus*, шилохвости — *Anas acuta*, колпицы — *Platalea leucorodia*, каравайки — *Plegadis falcinellus* и др.) и расширяются ареалы видов, обитающих в водных биотопах на поздних сукцессионных стадиях (лебеда-шипун — *C. olor*, красноголового нырка — *A. ferina*, серощёкой поганки — *Podiceps grisegena*) [106].

Климатические факторы оказывают влияние и на смещение фенологических фаз птиц. Ярким примером является более раннее наступление гнездования чёрных стрижей (*Apus apus* (Linnaeus, 1758)) в г. Саратове в начале XXI в. Так, если в 1970—1980-х гг. эта фаза наступала во второй декаде мая, то уже в 2000-е гг. сместилась на начало первой декады мая, а в 2010-х гг. отмечалась в последней декаде апреля. Это косвенно связано с температурным фактором: доказано, что сама по себе более высокая температура не влияет на даты прилёта *Apus apus*, но повышение температуры приводит к более интенсивной вегетации растений, что вызывает размножение энтомофауны, являющейся кормовой базой для чёрных стрижей. Также отмечен феномен более раннего начала гнездования в условиях сравнительно низких температур, но более раннего начала вегетации растительности из-за неглубокого промерзания почвы зимой и, следовательно, более быстрого оттаивания почвы весной [112].

Важным индикатором климатических изменений является распространение на север серых жаворонков (*Calandrella Rufescens*) и малых жаворонков (*Calandrella Cinerea*). Так, границы распространения этих видов активно расширялись до конца 1960-х гг., в результате действия следующих факторов:

- аридизация климата, приведшая к сдвигу сухих степей к северу;
- интенсивное развитие скотоводства, вызвавшее усиление пастбищной дигрессии.

Затем, на фоне увеличения осадков и некоторого потепления, а также строительства ирригационной сети в Саратовском Заволжье и повышения проективного покрытия растительности ареал жаворонков обоих видов откатился на юг [113].

Подобно изменениям ареала жаворонков наблюдается циклическая динамика популяций малого суслика (*Spermophilus pygmaeus*) и суслика крапчатого (*Spermophilus suslicus*). Также отмечают активную экспансию популяций до конца 1960-х гг., а затем откат ареалов на юг, уменьшение плотности поселений сусликов, что связано с затяжными вёснами и бесснежными зимами. Этим воспользовался вид суслик рыжеватый (*Spermophilus major*), который замещает вышеобозначенные виды, занимая их природные ниши.

Общее потепление климата в конце XX — начале XXI в. (особенно потепление в зимний сезон) позволило проникнуть на север млекопитающим, относящимся к пустынной фауне: с 1990-х гг. на севере Нижнего Поволжья регулярно добывается охотниками степной кот (*Felis libyca*), а в Дьяковский лес (Краснокутский район) проник обыкновенный шакал (*Canis aureus*) [106].

Полёвка-экономка (*Microtus oeconomus*) и речной бобр (*Castor fiber*) в качестве коридоров проникновения используют малые реки, притоки Большого Иргиза, а также глубоко врезаемые эрозионные формы рельефа.

Полевая мышь (*Apodemus agrarius*) и рыжеватый суслик (*Spermophilus major*) распространяются по неогидроморфным биотопам искусственного происхождения: магистральным оросительным каналам, долинам прудов и водохранилищ, обводненным волжской водой рекам.

Рыжеватый суслик адаптировался и к другому миграционному коридору: небольшим лесополосам вдоль полей. Желтогорлая мышь (*A. flavicollis*), полевая мышь (*A. agrarius*) и рыжая полёвка (*Clethrionomys glareolus*) используют в качестве каналов распространения гослесополосу Чапаевск—Николаевск, отличающуюся от стан-

дартных лесополос высоким видовым разнообразием растительности. Некоторые антропогенные объекты — крупные автомобильные трассы, железные дороги, эстакады — являются естественными барьерами экспансии мезофильных млекопитающих [114].

3.4.4. Другие экологические изменения, связанные с климатическим фактором

В качестве индикаторов изменений климата могут выступать и объекты древесно-кустарниковой растительности.

В исследовании [115] показаны следующие тенденции:

- усиление вредоносности фитобактериозов;
- факультативные паразиты переходят в состояние постоянных паразитов;
- учащаются эпифитии вследствие болезней, ранее не наносивших серьёзного ущерба фитоценозам;
- появление новых возбудителей, ранее не встречавшихся;
- минимизация эффекта фитосанитарных мер.

Почвенные изменения также связаны с климатическим фактором, но значительно инертны, т. е. имеют запаздывающую динамику с вековым временным лагом. Кроме того, в силу высокой вовлеченности почв в сельское хозяйство влияние климата вытесняется из доминирующей группы факторов прямым и косвенным антропогенным воздействием.

3.5. АНАЛИЗ АГРОКЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ И ИХ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ С УЧЁТОМ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

В основу написания параграфа положен ежедневный метеорологический материал по метеостанциям семи муниципальных районов Саратовской области за 2005–2020 гг., по метеостанции Саратов Юго-Восток (Саратов ЮВ) за 1941–2020 гг., а также определённый полевой материал за последнее тридцатилетие, в сборе которого авторы монографии принимали непосредственное участие.

Климатические изменения на территории Саратовской области были рассмотрены в двух первых главах книги. В предлагаемом

параграфе обсуждаются агроклиматические аспекты климатических флуктуаций.

Своеобразие климата Саратовской области проявляется в его засушливости, высокой степени континентальности и большой изменчивости погоды от года к году. Изменения составляющих теплового и водного режимов, и, следовательно, погодных условий умеренных широт достаточно велики. Поэтому смена времён года — один из самых важных природных признаков. В отличие от календарных времен года, продолжительность климатических сезонов определяется в разных регионах по устойчивому переходу среднесуточных температур 0, 5 и 10 °С [116, с. 54—60; 117]. В Саратовской области климатические сезоны года отчетливо выражены. Главные сезоны — летний и зимний — длятся по 4,5 месяца. В динамике основных сезонов наблюдается трёхфазная, а переходных — двухфазная структура.

Как уже отмечалось выше, региональное потепление климата наиболее значимо проявилось в холодный период года. Сдвинулись календарные границы климатических сезонов года. В среднем переход средней суточной температуры воздуха через 0 °С осенью сместился на 7 дней и приходится на 12 ноября. В весеннее время переход через 0 °С сдвинулся на более ранние сроки и приходится на 26 марта (норма 2 апреля). Поэтому продолжительность зимнего периода сократилась на 15 дней и составляет в среднем 133 дня (норма 148). Если в 1940—1950-е гг. продолжительность зим составляла в среднем 144—146 дней, то в последние два десятилетия (с 2000 по 2017 г.) отмечались самые короткие зимы, их продолжительность составила, соответственно, 119 и 123 дня (рис. 3.18).

За каждый день по ежедневному фактическому материалу с ноября по март были подсчитаны среднесуточные отрицательные температуры воздуха. Расчет сумм температур показал, что самое холодное десятилетие наблюдалось в 1940-е гг. (1941—1951 гг.), когда сумма температур составила –1221,4 °С. В результате сокращения продолжительности зимнего периода и потепления климата, как видно из рис. 3.19, каждое последующее десятилетие отмечалось меньшей суммой отрицательных температур. Следовательно, наблюдалось значительное повышение температурного

режима зимних месяцев. Последние 6 лет (2011–2017 гг.) считаются самыми теплыми, сумма температур составила всего $-782,4^{\circ}\text{C}$.

Потепление в зимний период повлияло и на среднемесячные температуры зимних месяцев – они стали значительно выше. В последние три десятилетия температура в январе колеблется в пределах $-7 - -9^{\circ}\text{C}$. Многолетняя норма -11°C (табл. 3.4).

С потеплением зимних месяцев значительно улучшились условия перезимовки озимых культур в регионе. Авторами были выделены три комплекса благоприятности перезимовки озимых культур, в основу которых положен процент гибели растений к началу весеннего обследования [118, 119]. Самая высокая оценка в три балла была дана зимам, в которые наблюдалось только естествен-

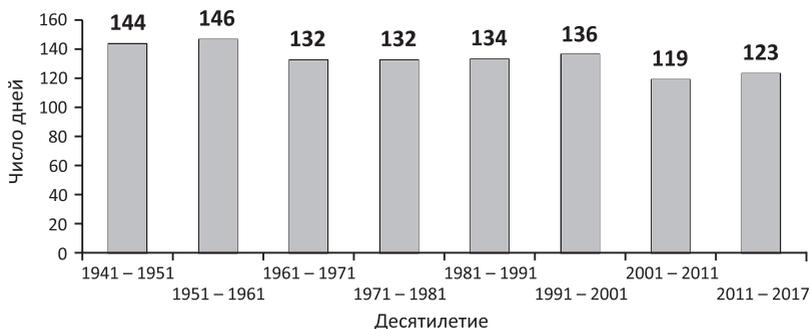


Рис. 3.18. Средняя продолжительность зимнего периода (ноябрь–март), метеостанция Саратов Юго-Восток, 1941–2017 гг. (по десятилетиям)

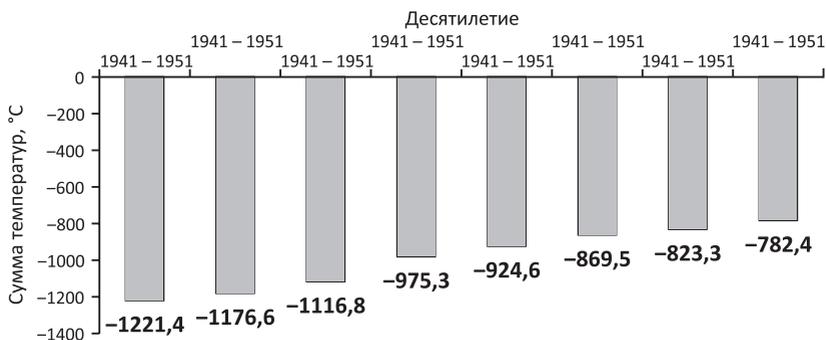


Рис. 3.19. Сумма средних суточных отрицательных температур воздуха за зимний период (ноябрь–март), $^{\circ}\text{C}$, метеостанция Саратов Юго-Восток, 1941–2017 гг. (по десятилетиям)

Таблица 3.4

Средняя месячная температура воздуха, °С, зимних месяцев (ноябрь—март), метеостанция Саратов Юго-Восток, 1941—2017 гг. (по десятилетиям)

Годы	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март
1941—1950	-2,8	-8,8	-12,1	-10,3	-4,8
1951—1960	-4,1	-7,2	-10,6	-12,0	-6,1
1961—1970	-0,8	-7,8	-11,4	-10,3	-3,9
1971—1980	-0,5	-6,2	-11,1	-10,0	-3,5
1981—1990	-2,0	-6,3	-8,2	-8,7	-3,6
1991—2000	-2,4	-6,6	-7,5	-7,9	-3,2
2001—2010	0,9	-6,4	-7,6	-8,0	-1,1
2011—2017	-1,5	-6,7	-9,7	-9,4	-1,8
1941—2017	-1,7	-7,0	-9,8	-9,7	-3,8
Климатическая норма	-2,0	-8,3	-11,0	-11,4	-4,8

ное вымерзание растений, и оно составляло не более 10%. К таким зимам относились разные по термическому режиму зимы с обильными осадками при высоте снежного покрова более 25 см и с отсутствием неблагоприятных метеоявлений, вызывающих значительную гибель озимых культур.

Благоприятность зим оценивалась в два балла, когда гибель озимых культур составляла от 10 до 25%. К таким зимам относились холодные зимы с небольшим снежным покровом, а также теплые зимы с высоким снежным покровом. При таких зимам на снежном покрове образуется притертая ледяная корка. В один балл оценивались зимы, когда гибель озимых культур составляла более 25% (плохие посевы). Это неустойчивые зимы с резкими перепадами температуры, ведущими к вымерзанию озимых и образованию ледяных корок.

По данным статистического управления Саратовской области, гибель озимых культур в 1940—1960-е гг. составляла до 40%, в особо холодные годы — до 60%. С потеплением климата гибель озимых значительно уменьшилась. В табл. 3.5 представлены суммы отрицательных температур за ноябрь—март по десятилетиям, процент гибели озимых культур, высота снежного покрова и дана балльная оценка благоприятности зим.

С потеплением климата и увеличением тёплых зим сокращается повторяемость зим с оценкой в 1 балл и увеличивается повторяемость зим с оценкой в 2 и 3 балла.

Самая большая повторяемость неблагоприятных зим с оценкой в 1 балл наблюдалась в 1960-е гг. прошлого столетия, когда гибель озимых в среднем составила 23%. В последующие десятилетия процент гибели озимых культур в холодный период монотонно уменьшается. В 1990-е гг. гибель озимых составляла от 16 до 14%, что близко к естественной гибели озимых.

Весенний сезон в Саратовской области самый короткий и активный. Продолжительность его составляет 25–30 дней и состоит из двух фаз: «снеготаяние» и «разгар весны». Климатические фазы тесно связаны с переходом температуры через 0, 5, и 10°C. От 0 до 5°C – фаза снеготаяния, от 5 до 10°C начинается вегетация растений, проводятся все весенние полевые работы и посев ранних яровых культур.

По увлажнённости весенней вегетации растений за 77-летний период (1941–2017 гг.) по данным метеостанции Саратов Юго-

Таблица 3.5

Оценка погодных условий по степени благоприятности перезимовки озимых культур, метеостанция Саратов Юго-Восток, 1962–2017 гг. (по десятилетиям)

Годы	Суммы сред. сут. температур воздуха, °С (ноябрь–март)	Высота снежного покрова, см (февраль–март)	Кол-тво плохих посевов, %	Характеристика зимы	Оценки, баллы
1962–1971	-1154,3	26,2	23,2	Нормальная	1,7
1971–1981	-975,3	26,5	19,5	То же	2,4
1981–1991	-924,6	29,2	16,7	»	2,2
1991–2001	-869,5	28,7	14,1	»	2,4
2001–2011	-823,3	32,7	–	»	–
2011–2017	-782,4	–	–	Теплая	–
1962–2017	-922,0	28,6	–	–	2,2

Примечание. Прочерк – данные отсутствуют.

Восток были выделены влажные, умеренно-засушливые и сухие годы. Повторяемость влажных вёсен составила 28 лет (36,4%). Во влажные вёсны сумма осадков за апрель—май составляла более 120% от нормы, т. е. более 86,4 мм. Норма апреля 29 мм, мая — 43 мм, сумма осадков за апрель—май 72 мм. Такие условия увлажнения достаточно обеспечивают растения влагой и способствуют оптимальному их развитию. Повторяемость умеренно-засушливых вёсен составила 15 лет (19,5%). Сумма осадков за апрель—май изменялась от 80 до 120% от нормы (от 57,6 до 86,4 мм). При таких условиях растения недостаточно обеспечены влагой. Повторяемость сухих вёсен составила 34 года (44,2%). Сумма осадков в апреле—мае в сухие вёсны составляла менее 80% от нормы (менее 57,6 мм). В сухие вёсны растения сильно страдают от засухи, у них слабое кущение, что сказывается на урожайности.

При переходе температуры воздуха через 10°C начинается летний период, т. е. фаза «предлетье».

Потепление климата в Саратовской области в летний период было оценено по суммам активных температур. По метеостанции Саратов Юго-Восток расчёты проведены с 1941 по 2017 г. (табл. 3.6), по метеостанциям Саратовской области с 2005 по 2017 г. (табл. 3.7).

В последние три десятилетия по данным метеостанции Саратов Юго-Восток сумма активных температур превышает 3000°C. С нарастанием термических ресурсов региона у сельхозпроизводителей появилась возможность возделывать поздние зерновые культуры на семена, а некоторые культуры за вегетационный период возделывать два раза. Однако возросший термический ресурс региона требует ведения умелого севооборота, соблюдения агротехнических норм в зависимости от агроэкологических свойств зерновых культур.

Главная особенность климата региона — частая повторяемость засух и суховеев.

Из данных, приведённых в табл. 3.8, видно, что от десятилетия к десятилетию происходит нарастание общего числа засух. В первом десятилетии повторяемость засух наблюдалась в 4 случаях из 10, во втором десятилетии — в 6 случаях, в третьем десятилетии — в 7 случаях. Нарастают в основном засухи средней и слабой интенсив-

Таблица 3.6

Сумма активных температур выше 10°C по метеостанции Саратов Юго-Восток за 1941–2017 гг. (по десятилетиям)

Десятилетия	Сумма активных температур
1941–1950	2672,0
1951–1960	2895,2
1961–1970	2846,3
1971–1980	2895,4
1981–1990	2894,8
1991–2000	3049,6
2001–2010	3199,4
2011–2017	3116,4
Среднее 1941–2017 гг.	2946,0

Таблица 3.7

Сумма активных температур за летний период с температурой выше 10°C по метеостанциям Саратовской области

Год	Метеостанция				
	Хвалынский	Балашов	Саратов Юго-Восток	Ершов	Ал. Гай
2005	2933,70	2839,50	3007,60	2956,20	3197,50
2006	2858,00	2748,70	2941,60	2929,00	3192,10
2007	3018,60	2926,70	3086,40	3067,70	3309,40
2008	2817,20	2663,50	2865,80	2805,40	3053,20
2009	2957,70	2808,70	3007,90	2961,30	3154,40
2010	3431,50	3376,70	3471,50	3474,40	3660,60
Среднее 2005–2010 гг.	3002,70	2894,00	3063,50	3032,30	3261,20
2011	2933,50	2902,80	3034,90	2995,40	3268,10
2012	3003,80	2953,30	3170,60	3212,70	3403,80
2013	2987,70	2819,70	2954,30	2997,10	3201,80
2014	2938,80	2891,20	2989,10	3016,30	3248,80
2015	2806,70	2890,50	3086,30	3125,40	3316,00
2016	2863,20	2823,50	3025,50	2995,60	3209,50
2017	2699,30	2681,10	2794,20	2846,70	3116,20
Среднее 2011–2017 гг.	2890,40	2851,70	3116,40	3027,00	3252,00
Среднее 2005–2017 гг.	2942,20	2871,20	3033,50	3029,50	3256,20

Таблица 3.8

Показатели оценки засух по гидротермическому коэффициенту Селянинова и по интенсивности и повторяемости засух за три десятилетия (метеостанция Саратов Юго-Восток (1981–2011 гг.))

Показатель оценки засух	Класс засух по интенсивности				
	Очень сильная засуха, класс 1	Сильная засуха, класс 2	Средняя засуха, класс 3	Слабая засуха, класс 4	Отсутствие засухи, класс 5
Гидротермический коэффициент по Селянинову (ГТК)	$\leq 0,19$	0,20–0,39	0,40–0,60	0,61–0,75	$\geq 0,76$
Десятилетия	Повторяемость засух				
1981–1990	Не наблюдалась	1 (1988 г.)	2	1	6
1991–2000	То же	1 (1998 г.)	4	1	4
2001–2011	»	1 (2010 г.)	2	4	4

ности. По А. И. Руденко [120], слабые засухи характеризуются снижением урожайности на 10–15%, средние – на 25%.

Осень – переходный климатический сезон от лета к зиме, в течение которого угасают признаки лета, появляются и возрастают признаки приближающейся зимы. В начале осени наблюдается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через 10°C. В конце осени отмечается колебание температуры около 0°C. Осенний сезон на территории области короткий – в среднем составляет 40–45 дней.

В Саратовской области основным неблагоприятным фактором, от которого зависит состояние озимых перед прекращением осенней вегетации, является недостаточная влагообеспеченность растений в этот период. Для оценки характера увлажнённости осеннего периода авторами использовались критерии, разработанные П. Г. Кабановым [121]. На основании многолетних наблюдений за погодой и развитием озимых культур по характеру орошения предпосевного и посевного периода были выделены три резко отличающиеся друг от друга типа погоды: влажный, умеренно-засушливый и сухой.

Для первого типа характерна сумма осадков 80 мм за август—сентябрь, что обеспечивает достаточное увлажнение пахотного слоя почвы, нормальные всходы и хорошее развитие озимой пшеницы в осенний период. Для второго типа погоды сумма осадков составляет 50—80 мм. При таких условиях увлажнения наблюдаются изреженные, неравномерные всходы. Третий тип погоды характеризуется как сухой. В данном случае сумма осадков за август и сентябрь не превышает 50 мм.

Проведённые авторами исследования позволили выделить осени по степени увлажнённости. В среднем за 77-летний период сумма осадков за август—сентябрь составила 81,3 мм. Десятилетия не отражают полной картины увлажнения территории из-за неравномерного выпадения осадков год от года. Бывают годы, когда за август—сентябрь выпадает более 150 мм (1950, 1977, 1990, 1993, 2013 гг.) или, наоборот, менее 50 мм (1949, 1957, 1965, 1972, 1998, 2005, 2010, 2015 гг.).

В табл. 3.9 представлена оценка погодных условий по степени благоприятности осеннего периода вегетации и определено количество баллов за этот период. Средний балл благоприятности осени за рассматриваемые годы составил 2,1 из трёх возможных.

Проведённая оценка осенних сезонов (табл. 3.10) показала, что повторяемость благоприятных типов погодных условий в период осенней вегетации озимых культур составила 28 лет (36%), удовлетворительных — 26 лет (34%) и неблагоприятных — 23 года (30%).

Так как повторяемость хороших и удовлетворительных сезонов составила 70%, можно говорить о благоприятных условиях осеннего сезона для вегетации озимых культур. Плохие условия осенней вегетации составили 30% и были связаны в основном с недостатком влаги в почвенном слое [118, 119].

Область распространения как естественных, так и сельскохозяйственных видов растений во многом зависит от полной реализации потенциальных возможностей климата. Климатические и погодные условия в значительной мере определяют рост и развитие, урожайность сельскохозяйственных культур, качество продукции, затраты на производство, особенности агротехнических мероприятий и территориальную специализацию.

Таблица 3.9

Оценка погодных условий по степени благоприятности для осенней вегетации озимых культур, станция Саратов Юго-Восток, 1941–2017 гг. (по десятилетиям)

Годы	Число дней со сред. сут. температурой воздуха от 10° до 0°C. (условия закаливания)	Сумма осадков за август–сентябрь, мм	Тип погоды	Оценка, баллы
1941–1950	36 (удовлетворительная закалка)	85,4	Влажный	2,1
1951–1960	39 (удовлетворительная закалка)	65,9	Умеренно-засушливый	2,0
1961–1970	49 (хорошая закалка)	86,9	Влажный	2,3
1971–1980	46 (хорошая закалка)	85,4	То же	2,0
1981–1990	39 (удовлетворительная закалка)	83,7	»	2,1
1991–2000	33 (удовлетворительная закалка)	94,1	»	2,3
2001–2010	35 (удовлетворительная закалка)	68,3	Умеренно-засушливый	1,7
2011–2017	37 (удовлетворительная закалка)	80,2	Влажный	2,0
1941–2017	39 (удовлетворительная закалка)	81,3	То же	2,1

Таблица 3.10

Повторяемость типов погодных условий по степени благоприятности для осенней вегетации озимых культур, станция Саратов Юго-Восток, 1941–2017 гг. (по десятилетиям)

Десятилетия	Типы погодных условий			Оценка, баллы
	благоприятные	удовлетворительные	неблагоприятные	
1941–1950	4	3	3	2,1
1951–1960	2	6	2	2,0
1961–1970	5	3	2	2,3
1971–1980	4	2	4	2,0
1981–1990	4	3	3	2,1
1991–2000	4	5	1	2,3
2001–2010	2	3	5	1,7
2011–2017	3	1	3	2,0
1941–2017	28	26	23	2,1

На территории Саратовской области возделываются зерновые, зернобобовые, масличные культуры: озимая рожь, озимая и яровая пшеница, ячмень яровой, тритикале, овёс, просо, кукуруза, сорго, гречиха, горох, подсолнечник, лен, сафлор.

С потеплением климата в ряде административных районов области сумма активных температур за вегетационный период увеличилась до 3000–3500°С, таким образом создаются благоприятные условия для возделывания культур со сравнительно повышенными требованиями к теплу. Расширилось разнообразие возделываемых культур, в севообороте появились сорго, озимый ячмень, соя, расширилось разнообразие масличных культур. Помимо подсолнечника возделывается лен-кудряш, сафлор, рыжик. В Саратовской области в последние годы широко распространено возделывание грецкого ореха, из косточковых культур распространены персики и абрикосы.

В табл. 3.11 приведены значения средней и максимальной урожайности основных возделываемых сельскохозяйственных культур в Саратовской области (ц/га).

Наибольшие значения урожайности по всем культурам отмечаются в Балашовском районе (северная степь, Донская равнина). Ози-

Таблица 3.11

Средняя урожайность сельскохозяйственных культур
в Саратовской области, ц/га

Культура	Средняя по области	Право-бережье	Левобережье	Максимальная урожайность
Пшеница озимая	22,2	24,2	19,7	41,9
Пшеница яровая	12,3	14,0	9,0	22,9
Ячмень озимый	19,1	19,1	—	23,8
Ячмень яровой	11,4	13,6	8,4	22,6
Рожь озимая	22,2	26,0	14,6	59,5
Тритикале озимая	20,5	20,5	—	49,4
Овес	15,2	18,2	9,2	48,5
Просо	13,6	16,4	7,9	37,7
Кукуруза на зерно	29,4	32,5	23,2	72,0
Сорго	13,1	16,7	8,2	46,1
Гречиха	6,2	6,7	4,2	10,8
Горох	10,3	10,3	—	26,7
Соя	7,6	7,1	8,8	15,6
Подсолнечник	11,6	12,7	9,3	22,0
Рыжик	7,0	7,5	6,0	13,2
Лен-кудряш	7,8	8,7	4,4	18,8
Семечковые	152,4	150,4	155,2	256,0
Косточковые	92,6	101,0	81,4	163,1
Орехоплодные	21,1	22,5	17	44,8
Ягодные	59,7	67,8	49,0	205,0
Виноградные	191,8	205,5	173,5	316,7

мая пшеница является самой высокоурожайной и перспективной культурой, средняя её урожайность в Балашовском районе составила 32,2 ц/га. Максимальная урожайность наблюдалась в 2017 г. – 41,9 ц/га. В остальных административных районах урожайность озимой пшеницы монотонно падает от 25,8 ц/га в Ртищевском районе (луговая степь на Донской равнине) до 17,5 ц/га в Хвалынском районе (южная лесостепь на Приволжской возвышенности).

За счёт недостатка осадков и частой повторяемости засушливо-суховейных явлений значения урожайности в Заволжье значительно снижены по всем зерновым культурам.

Как видно из табл. 3.11, наибольшая урожайность зерновых культур наблюдается в Правобережье Саратовской области. В Левобережье урожайность зерновых культур снижена практически в 2 раза. Средняя урожайность овса в Правобережье составляет 18,2 ц/га, в Левобережье – 9,2 ц/га, проса в Правобережье – 16,4 ц/га, в Левобережье – 7,9 ц/га, сорго в Правобережье – 16,7 ц/га, в Левобережье – 8,2 ц/га.

Зерновые культуры являются основой сельскохозяйственного производства Саратовской области и высеваются во всех муниципальных районах, за исключением Александрово-Гайского района, целиком расположенного в северной полупустыне.

На рис. 3.20 и в табл. 3.12 представлена среднеобластная урожайность разных групп зерновых культур (ц/га) за 2012–2020 гг. и сумма осадков за май–июль (мм).

Прямой зависимости урожайности от осадков нет. Биологические особенности растений проявляются прежде всего во взаимодействии процессов органообразования с почвенно-климатическими условиями. Из множества факторов внешней среды, влияющих на рост и развитие растений, выделяются гидротермические, так как они лимитируют продолжительность межфазных климатических периодов и являются основными факторами снижения урожайности. В одни годы условия влаго- и теплообеспеченности могут способствовать получению высоких урожаев, в другие – свести к минимуму результаты человеческого труда.

Неустойчивость погодных условий, смена влажных лет засушливыми, суровых зим – тёплыми вызывают существенные колеба-

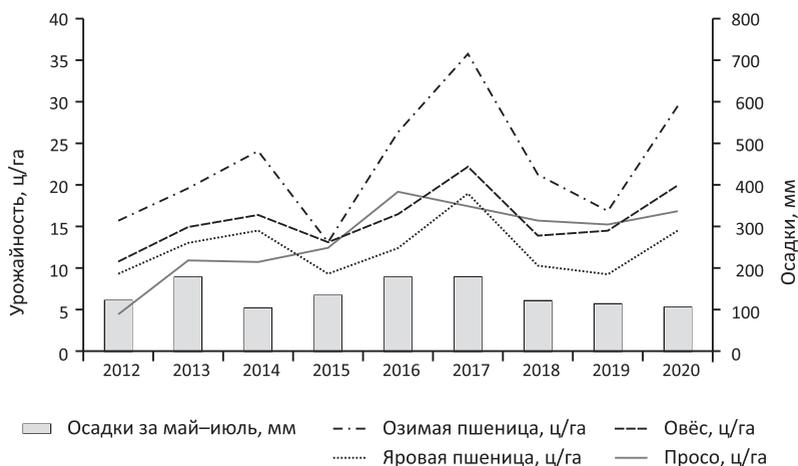


Рис. 3.20. Распределение среднеобластной урожайности разных групп зерновых культур, ц/га, и сумм осадков за май–июль за 2012–2020 гг.

Таблица 3.12

Сумма осадков за май–июль в административных районах Саратовской области за 2012–2020 гг., мм

Районы	Годы									
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Балашовский	180,0	265,8	105,8	160,8	267,4	180,9	118,8	80,2	121,2	
Ртищевский	137,5	237,3	112,3	153,1	200,7	186,9	134,7	118,6	172,8	
Саратовский	81,0	222,1	104,6	137,5	115,4	217,7	129,1	105,6	134,3	
Хвалынский	83,0	104,9	44,7	72,9	181,3	133,1	109,3	101,0	85,4	
Александрово-Гайский	64,0	35,9	61,4	62,7	109,5	82,00	70,2	45,0	40,8	
Ершовский	91,0	107,2	58,3	75,7	105,6	134,6	77,6	126,3	68,4	
Перелюбский	105,8	104,2	108,2	157,6	132,6	163,2	95,5	110,6	55,7	
В среднем по области	106,0	153,9	85,00	117,2	158,9	156,9	105,0	98,2	96,9	

ния урожая сельскохозяйственных культур и естественных кормовых угодий по годам. Поэтому система земледелия строится на учёте биологических особенностей культур, складывающихся и ожидаемых погодных условий и почвенных ресурсов.

Озимая пшеница — самая гарантированная и высокоурожайная культура в Саратовской области. Средняя областная урожайность озимой пшеницы в регионе составляет 22,2 ц/га. В отдельные годы средняя урожайность озимой составляла 35,0 ц/га (2017 г.), что практически в 2 раза превышает урожайность других зерновых культур.

К биологическим особенностям озимой пшеницы следует отнести приспособленность к невысоким положительным температурам воздуха в начальный период развития, использование осадков осеннего и весеннего периодов вегетации, поэтому её урожайность в меньшей степени зависит от условий увлажнения весенне-летних месяцев, чем урожайность яровых зерновых культур. Хорошо развитая и глубоко проникающая (до 1,5 м и более) корневая система озимой пшеницы в летний период обуславливает высокую адаптацию к засушливым условиям Саратовской области и большую продуктивность по сравнению с ранними и поздними яровыми культурами.

В зоне недостаточного увлажнения лучшим предшественником для озимой является чёрный пар, который обеспечивает накопление и сохранение влаги, борьбу с сорняками, увеличивает содержание нитратов и других питательных веществ в почве.

Яровая пшеница — наиболее перспективная культура Саратовской области. Отработанная технология её возделывания и высокое качество зерна делают данную культуру главной на современном рынке. Средняя урожайность яровой пшеницы по области составляет 12,3 ц/га. Максимальная урожайность яровой пшеницы отмечалась в Балашовском районе в 2018 г. и составила 22,9 ц/га. Яровая пшеница уступает озимой по урожайности, но успешно заменяет её в тех районах, где из-за суровых зим выращивание озимой пшеницы нецелесообразно.

Просо — светолюбивое растение короткого светового дня. Средняя урожайность зерна проса в регионе составляет 13,6 ц/га. Просо

способно давать высокие и устойчивые урожаи. Потенциальная урожайность проса в 2 раза выше, чем у яровой пшеницы.

Характерная особенность проса — экономное потребление влаги в течение всего вегетационного периода. Просо очень хорошо использует осадки, выпадающие во второй половине лета, когда для озимых и яровых пшениц они уже малоэффективны. Такое использование влаги делает просо менее уязвимым от засухи. Посевы проса меньше, чем других зерновых, страдают от вредителей и болезней.

Овёс — культура длинного дня. Основная биологическая особенность данной культуры — быстрое развитие корневой системы и её высокая поглотительная способность. Средняя урожайность овса по области составляет 15,2 ц/га. Максимальная урожайность наблюдалась в Балашовском районе в 2020 г. и составила 48,5 ц/га.

Рациональное сочетание озимых, ранних и поздних яровых культур, позволяющее эффективно использовать осадки тёплого периода года, является агротехнической основой повышения устойчивости зернового производства в засушливых условиях области.

При разработке стратегии проведения сельскохозяйственных работ (выбор оптимальных сроков сева; рациональное размещение зерновых культур согласно их типам: озимые, ранние яровые, поздние яровые) необходимо учитывать региональное потепление и вводить в полевые севообороты культуры со смещённым периодом вегетации; в степной и полупустынных зонах широко вводить лесополосы для сохранения влажности в почве и защиты почв от эрозии.

При проведении оценочной стоимости земли необходимо использовать совокупную оценку почв по биологической продуктивности климата и эффективности затрат на производство зерновых культур, продуктивность которых год от года значительно меняется.

С потеплением климата появилась необходимость вводить новые культуры и разнообразие их сортов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная цель выполненной работы – обнаружить влияние глобального потепления на природные особенности, хозяйственную деятельность и население Саратовской области территориально дифференцированно, в пределах отдельных ландшафтных подзон и геоморфологических провинций.

Подводя итог выполненному исследованию о воздействии глобального потепления климата на природные и социально-хозяйственные компоненты природно-антропогенных геосистем Саратовской области, можно сформулировать некоторые выводы.

1. Впервые получены конкретные данные о проявлении глобального климатического тренда на потепление в ландшафтных зонах и геоморфологических провинциях на территории Саратовской области. Климат Саратовской области в условиях глобального потепления существенно не изменился, но направленно становится теплее и суше.

2. Наиболее отчётливо климатические изменения в сторону уменьшения количества осадков и повышения среднегодовых и сезонных температур воздуха обнаружили в южной лесостепи Приволжской возвышенности. В степной и полупустынной зонах Саратовского Заволжья они не слишком заметны. Характерно, что в наименьшей степени изменения климата проявились в северной полупустыни Прикаспийской низменности.

3. Фито-сукцессионные и водно-эрозионные процессы активизировались на Приволжской возвышенности в южной лесостепи. Причем обнаруженная активизация водной эрозии не повсеместна и рассредоточена в ландшафтном пространстве.

- 3.1. Наблюдается быстрое зарастание древесно-кустарниковой растительностью заброшенной пашни в южной лесостепи Саратовского Предволжья.
 - 3.2. Теплые и относительно короткие зимы, резкое увеличение весенних температур приводит к интенсивному снеготаянию и активизации водной эрозии на склонах Приволжской возвышенности и Донской равнины.
 4. Обобщён и проанализирован материал космодатосъёмки земельных угодий на ключевых территориях за 1999 и 2020 гг.
 5. Структура землепользования в разных ландшафтных зонах и геоморфологических провинциях существенно не изменилась.
 - 5.1. На Приволжской возвышенности в южной лесостепи обнаружился вывод пашни из оборота на малопродуктивных участках водосборов крупных балок и малых речных долин.
 - 5.2. Усилилась пастбищная нагрузка на заброшенной малопродуктивной пашне на солонцеватых каштановых почвах в северной полупустыне и сухой степи в Заволжье.
 6. Обобщен и проанализирован материал об изменениях в животном мире в связи с потеплением климата.
 - 6.1. Сместились к северу ареалы некоторых видов энтомофауны, птиц, пресмыкающихся и млекопитающих. Расширился в связи с потеплением климата ареал ранее не распространенных в Саратовской области болезней – лихорадка Западного Нила, боррелиоза, клещевого энцефалита.
 - 6.2. Усилившаяся фрагментация ландшафтного пространства региона из-за термоаридного климатического тренда привела к большему количеству и разнообразию зоотопов, благоприятных для расселения новых видов фауны.
- Рекомендации по профилактике заболеваний лихорадкой Западного Нила, боррелиозом: расчистка и благоустройство лесных и лесопарковых территорий, дезинсекция биотопов, непосещение зарастающих водоемов, волжских островов в период максимального выплода комаров, борьба с комарами, санация территории, ликвидация участков с застойной водой и пр.
- Предлагаются некоторые рекомендации для аграрного сектора экономики региона.

1. Увеличить площадь посевов озимой пшеницы в степной зоне Правобережья и на волжских террасах Заволжья.

2. Нормировать долю посевов подсолнечника не более 12-13% от общей площади пашни.

3. Увеличить площадь плодовых и косточковых культур в южной лесостепи на Приволжской возвышенности.

4. Строго нормировать выпас крупного рогатого скота, овец и лошадей на экстенсивных пастбищах в северной полупустыне и сухой степи в Заволжье.

Анализ камерального и полевого материала по 17 ключевым территориям Саратовской области выявил пока незначительную реакцию лесостепных, степных и полупустынных геосистем региона на глобальное потепление.

В социально-экономической сфере хозяйственного комплекса Саратовской области и демографических процессах на её территории фактор глобального потепления практически незаметен. Отток населения из городов и сельской местности Саратовской области, закрытие или заметное ослабление ряда отраслей промышленного сектора связаны со сложившейся структурой экономики современной России и политикой отраслевого и территориального управления на федеральном и региональном уровнях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М. И., Ефимова Н. А., Строкина Л. А. Эмпирические оценки изменения климата к концу XX столетия // Метеорология и гидрология. 1999. №12. С. 5–12.
2. Величко А. А. Глобальные изменения климата и реакция ландшафтной оболочки // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1991. № 5. С. 5–22.
3. Гитарский М. Л., Карабань Р. Т. Реакция лесных экосистем европейской части России на изменения климата (по данным многолетних наблюдений в заповедниках) // Влияние изменений климата на экосистемы : монография. Москва : Русский университет, 2001. С. 24–28.
4. Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Изменение климатических условий европейской части России во второй половине XX века // Влияние изменений климата на экосистемы : монография. Москва : Русский университет, 2001. С. 9–17.
5. Залиханов М. Ч., Коломыц Э. Г., Панов В. Д. Прогноз изменения климата, высокогорных ландшафтов и оледенения Большого Кавказа на ближайшие десятилетия // Труды Высокогорного геофизического института. 1985. № 62. С. 14–33.
6. Кобак К. И., Кондрашова Н. Ю., Турчинович И. Е. Влияние изменений климата на природную зональность и экосистемы России // Изменения климата и их последствия. Москва : Наука, 2002. С. 205–210.
7. Коломыц Э. Г. Прогноз влияния глобальных изменений климата на ландшафтную структуру горной страны // Известия Академии наук СССР. Серия географическая. 1985. № 1. С. 14–30.
8. Лурье П. М., Ларионов Ю. А., Панова С. В. Предотвращение отрицательных последствий изменения климата на Нижнем Дону и Северном Кавказе // Устойчивое развитие горных территорий: проблемы регионального сотрудничества и региональной политики горных районов : тезисы докладов участников IV Международной конференции (Владикавказ, 23–26 сентября 2001 г.). Владикавказ : Ремарко, 2001. С. 454–455.

9. Лурье П. М. Глобальное изменение климата и сток рек юга России // Эколого-географический вестник юга России. 2002. № 2. С. 42–45.

10. Альшанский Я. Ю., Бедрицкий А. И., Вимберг Г. П., Коршунов А. А., Шаймарданов М. З. Влияние погоды и климата на экономическую безопасность России // Метеорология и гидрология. 1999. № 6. С. 5–9.

11. Бедрицкий А. И. Влияние погоды и климата на устойчивость и развитие экономики // Бюллетень ВМО. 1999. Т. 48, № 1. С. 215–222.

12. Израэль Ю. А. Изменения климата и их последствия: реакция мирового сообщества // Труды международной теоретической конференции «Проблемы гидрометеорологии и окружающей среды на пороге XXI века» (Санкт-Петербург, 24–25 июня 1999 г.) / ред. Е. Л. Генихович, В. П. Мелешко, Б. Е. Шнееров; Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; Главная геофизическая обсерватория им. А. И. Воейкова. Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2000. С. 5–13.

13. Израэль Ю. А. Эффективный путь сохранения климата на современном уровне – основная цель решения климатической проблемы // Метеорология и гидрология. 2005. № 10. С. 5–9.

14. Мещерская А. В. Многолетние изменения в XX веке метеорологического режима в основной зернопроизводящей зоне СНГ // Научная конференция по результатам исследований в области гидрометеорологии и мониторинга загрязнения природной среды в государствах-участниках СНГ, посвященная 10-летию образования Межгосударственного совета по гидрометеорологии: тезисы докладов (Санкт-Петербург, 23–26 апреля 2002 г.). Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2002. С. 100–102.

15. Переведенцев Ю. П. Современные изменения климата и их последствия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 2. С. 98–102.

16. Лапина С. Н., Алимпиева М. А. Специализированное метеорологическое обеспечение отраслей экономики: учебно-методическое пособие по курсу «Экономическая метеорология» для студентов, обучающихся по направлению 05.01.05 Прикладная гидрометеорология. Саратов: ИЦ «Наука», 2020. 50 с.

17. Акентьева Е. М., Анисимов О. А., Бардин М. Ю., Журавлев С. А., Катцов В. М., Киселев А. А., Ключева М. В., Константинов П. И., Коротков В. Н., Костяной А. Г., Липка О. Н., Макаров С. В., Мелешко В. П., Павлова В. Н., Павлова Т. В., Постнов А. А., Разова Е. Н., Ревич Б. А., Рязанцев С. В., Хлебникова Е. И. [и др.]. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Феде-

рации : общее резюме. Санкт-Петербург : Издательство «Наукоемкие технологии», 2022. 124 с.

18. Солнцев Н. А. К вопросу об исчезнувших островах Баренцева моря // Вопросы географии. 1949. № 12. С. 71–78.

19. Дьяконов К. Н., Иванов А. Н. Устойчивость и инерционность геосистемы // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1991. № 1. С. 28–34.

20. Коломыц Э. Г. Экспериментальная географическая экология. Записки географа-натуралиста. Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2018. 719 с.

21. Арманд А. Д., Таргульян В. О. Принцип дополнительности и характерное время в географии // Системные исследования. Методологические проблемы. Москва : Наука, 1974. Т. 1974. С. 146–153.

22. Коломыц Э. Г. Локальные механизмы глобальных изменений природных экосистем / Российская академия наук ; Институт экологии Волжского бассейна ; Институт фундаментальных проблем биологии. Москва : Наука, 2008. 426 с.

23. Коломыц Э. Г., Шарая Л. С. Влияние глобального потепления на ландшафтную структуру Северного Кавказа // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2012. № 4. С. 45–61.

24. Морозова С. В., Алимниева М. А. Оценка вклада углекислого газа в наблюдаемые климатические изменения статистическими методами // Всероссийская научная конференция с международным участием «Земля и космос» к столетию академика РАН К. Я. Кондратьева : сборник статей (Санкт-Петербург, 20–21 октября 2020 г.). Санкт-Петербург : ООО «Мономакс», 2020. С. 254–258.

25. Шерстюков Б. Г. Региональные и сезонные закономерности изменений современного климата. Обнинск : ВНИИГМИ-МЦД, 2008. 246 с.

26. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S. L., Pean C., Berger S., Caud N., Chen Y., Goldfarb L., Gomis M. I., Huang M., Leitzell K., Lonnoy E., Matthews J. B. R., Maycock T. K., Waterfield T., Yelekci O., Yu R., Zhou B. [eds.]. IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. 2391 pp. <https://doi.org/10.1017/9781009157896>

27. Морозова С. В. Роль планетарных объектов циркуляции в глобальных климатических процессах. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2019. 132 с.

28. Morozova S. V., Polyanskaya E. A., Ivanova G. F., Levitskaya N. G., Denisov K. E., Molchanova N. P. Variability of the circulation processes in the Lower Volga Region on the background of global climate trends // IOP

Conference Series: Earth and Environmental Science (Kazan, September 27–29, 2017). Vol.107. Kazan : Institute of Physics Publishing, 2018. Art. no. 012037. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/107/1/012037>

29. *Morozova S. V., Polyanskaya E. A., Kononova N. K., Molchanova N. P., Zhelezovskaya G. I.* On the role of cloudiness in climatic changes // Environmental transformation and sustainable development in the Asian region : Proceedings of the International scientific Conference (Irkutsk, September 08–10, 2020). Irkutsk, Sochava Institute of Geography SB RAS, 2020 P.110.

30. *Морозова С. В., Полянская Е. А., Алимпиева М. А.* Особенности межгодовой изменчивости приповерхностной температуры воздуха Северного и Южного полушарий по данным архива HadCRUT5 // Гидрометеорология и экология. 2023. № 72. С. 420–431. <https://doi.org/10.33933/2713-3001-2023-72-420-431>

31. *Клименко Л. В.* Об изменении климата в центре Русской равнины // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1995. № 6. С. 75–78.

32. *Клименко В. В.* Мониторинг динамики глобальных климатических процессов // Математические и физические методы в экологии и мониторинге природной среды : труды Международной конференции (Москва, 23–25 октября 2001 г.) / составитель О. Н. Новоселов ; Российская академия космонавтики им. К. Э. Циолковского ; Московский государственный университет леса ; Институт радиотехники и электроники РАН ; Международный институт леса. Москва : МГУЛ, 2001. С. 43–53.

33. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для студентов вузов. 9-е издание, стереотипное. Москва : Издательство «Высшая Школа», 2003. 278 с.

34. *Алексеев Г. В., Ананичева М. Д., Анисимов О. А., Ашик И. М., Бардин М. Ю., Богданова Э. Г., Булыгина О. Н., Георгиевский В. Ю., Груза Г. В., Данилов А. И., Еремина Т. Р., Золотокрылин А. Н., Кароль И. Л., Катцов В. М., Корзухин М. Д., Костяной А. Г., Кренке А. Н., Малкова Г. В., Мелешко В. П., Мещерская А. В.* [и др.]. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации : в 3 томах / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Москва : Росгидромет, 2014. 1008 с.

35. *Алисов Б. П.* Географические типы климатов // Метеорология и гидрология. 1936. № 6. С. 16–26.

36. *Аникин В. В., Акифьева Е. В., Афанасьева А. Н., Башкатов А. Н., Беляченко А. В., Березуцкий М. А., Болдырев В. А., Волков Ю. В., Гольдин В. Е., Гусев В. А., Данилов В. А., Демин А. М., Ермолаева Е. И.,*

Завьялов Е. В., Затонский В. А., Казмирова Н. Е., Каменских Т. Г., Каргашина М. А., Конопацкова О. М., Крысанова Т. Д. [и др.]. Учебно-краеведческий атлас Саратовской области / гл. ред. А. Н. Чумаченко, отв. ред. В. З. Макаров. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2013. 144 с.

37. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Вып. 12 : Татарская АССР, Ульяновская, Куйбышевская, Пензенская, Оренбургская и Саратовская области. Ч. 2. Температура воздуха и почвы / ред. В. Н. Борсук ; Приволжское управление гидрометеорологической службы ; Куйбышевская гидрометеорологическая обсерватория. Москва : Гидрометеоиздат. Московское отделение. 1965. 344 с.

38. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Вып. 12 : Режим скоростей ветра. Ч. 4. Влажность воздуха, атмосферные осадки, снежный покров / ред. Е. И. Янковская ; Приволжское управление гидрометеорологической службы ; Куйбышевская гидрометеорологическая обсерватория. Москва : Гидрометеоиздат. Московское отделение, 1968. 335 с.

39. Справочник по климату СССР : в 34 вып. / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Вып. 12 : Среднее количество осадков с поправкой на смачивании. Ч. 5. Облачность и атмосферные явления / ред. Е. И. Янковская ; Приволжское управление гидрометеорологической службы ; Куйбышевская гидрометеорологическая обсерватория. Москва : Гидрометеоиздат. Московское отделение, 1968. 247 с.

40. Агроклиматический справочник по Саратовской области / науч. ред. Л. М. Лемберский ; Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР ; Куйбышевская гидрометеорологическая обсерватория. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1958. 228 с.

41. Научно-прикладной справочник «Климат России»: сайт. Москва : ВНИИГМИ-МЦД, 2024. URL: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/> (дата обращения 11.02.2024).

42. *Морозова С. В., Абанников В. Н., Алимпева М. А., Муфтяхина М. М., Юхмин Р. Б.* Характеристика температурно-влажностного режима Левобережья Саратовской области на фоне второй волны глобального потепления // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 167–172. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-167-172>

43. Морозова С. В., Алимбиева М. А., Марданшина Э. Р., Юхмин Р. Б. Особенности температурно-влажностного режима Правобережья Саратовской области на фоне глобальных климатических тенденций // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2022. Т. 22, вып. 3. С. 173–177. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2022-22-3-173-177>

44. Морозова С. В., Е. А. Полянская, Г. А. Пужлякова, Л. М. Фетисова. Статистический анализ суточных сумм осадков теплого периода в Саратове // Всероссийская научная конференция «Современные глобальные и региональные изменения геосистем», посвящённая 200-летию Казанского университета (Казань, 19–21 октября 2004 г.). Казань : КГУ, 2004. С. 355–356.

45. Лапина С. Н. Характеристика континентальности климата Саратова и Санкт-Петербурга на фоне глобального потепления // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 219–221. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2017-17-4-219-221>

46. Хромов С. П. Метеорология и климатология для географических факультетов. 3-е издание, переработанное. Ленинград : Гидрометеиздат, 1983. 455 с.

47. Дроздов О. А., Дроздов О. А., Кобышева Н. В., Раевский А. Н., Смекалова Л. К., Школьный Е. П. Климатология : учебник для вузов по специальности «Метеорология» / науч. ред. О. А. Дроздов, Н. В. Кобышева. Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. 568 с.

48. Кононова Н. К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б. Л. Дзерdzeевскому / отв. ред. А. Б. Шмакин. Москва : Институт географии РАН, 2009. 370 с.

49. Морозова С. В. X Исследование синоптических процессов методом эталонов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2013. 164 с.

50. Морозова С. В., Денисов К. Е., Полянская Е. А., Кондаков К. С., Короткова Н. В., Гафуров Р. Р. Изменение режима атмосферной циркуляции на фоне глобальных климатических тенденций в Атлантико-Евразийском секторе Северного полушария // География и природные ресурсы. 2023. Т. 44, № 3. С. 5–12. <https://doi.org/10.15372/GIPR20230301>

51. Морозова С. В., Полянская Е. А., Алимбиева М. А. Особенности проявления глобальных климатических тенденций на юго-востоке Русской равнины // Гидрометеорология и образование. 2021. № 4. С. 20–30.

52. Варенцов М. И., Константинов П. И., Самсонов Т. Е., Репина И. А. Изучение феномена городского острова тепла в условиях полярной

ночи с помощью экспериментальных измерений и дистанционного зондирования на примере Норильска // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11, № 4. С. 329–337.

53. *Гостева А. А., Матушко А. К., Якубайлик О. Э.* Дистанционные методы в изучении температуры поверхности земли в городах (на примере г. Красноярска, Россия) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2018. Т. 24, № 2. С. 195–205. <https://doi.org/10.24057/2414-9179-2018-2-24-195-205>

54. Application for Extracting and Exploring Analysis Ready Samples (AppEARS): сайт. Vashington: National Aeronautics and Space Administrator, 2023. URL: <https://lpdaacsvc.cr.usgs.gov/> (дата обращения: 15.12.2023).

55. *Wan Z., Hook S., Hulley G.* MOD11A1 MODIS/Terra Land Surface Temperature/Emissivity Daily L3 Global 1km SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. URL: <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD11A1.006> (дата обращения 16.12.2023).

56. *Нейштадт Я. А., Митюкова Е. И., Червяков М. Ю.* Спутниковый мониторинг температуры поверхности в городах Саратовской области // Шаг в науку : сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с участием студентов (Грозный, 15 октября 2021 г.). Грозный : Чеченский государственный педагогический университет ; АЛЕФ, 2021. С. 341–345.

57. *Червяков М. Ю.* Изменчивость температуры воздуха в городских агломерациях Саратовской области по данным спутникового спектрорадиометра MODIS // Материалы 18-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» : электронный сборник материалов конференции (Москва, 16–20 ноября 2020 г.). Москва : Институт космических исследований Российской академии наук, 2020. С. 184.

58. *Брюханов М. А., Червяков М. Ю.* Температурный режим урбанизированных территорий по данным спектрорадиометра «MODIS» // Сборник материалов участников XVI Большого географического фестиваля, посвященного 200-летию со дня открытия Антарктиды русской экспедицией под руководством Фаддея Беллинсгаузена и Михаила Лазарева : электронное издание (Санкт-Петербург, 03–05 апреля 2020 г.). Санкт-Петербург : Свое издательство, 2020. С. 234–238.

59. *Дивинский Л. И., Кузнецов А. Д., Солонин А. С.* Комплексная радиотехническая аэродромная метеорологическая станция – КРАМС-4 : учебное пособие. Санкт-Петербург : Российский государственный гидрометеорологический университет, 2010. 80 с.

60. Технический регламент «Метеорологическое обслуживание международной авионавигации»: сборник основных документов № 2. Т. II. ВМО-№ 49. Женева : Издательство ВМО, 2018. 203 с.

61. Наставление по кодам «Международные коды». Т. I.1, ч. А Буквенно-цифровые коды, ВМО-№ 306. Женева : Издательство ВМО, 2013. 528 с.

62. *Червяков М. Ю., Дьянова Е. С.* Пространственно-временная изменчивость облачности в Саратовской области // Фундаментальные и прикладные космические исследования : XIX конференция молодых учёных (Москва, 13–15 апреля 2022 г.) : сборник трудов / ред. А. М. Садовский. Москва : Институт космических исследований Российской академии наук, 2022. С. 183–186. <https://doi.org/10.21046/KMU-2022-183-186>

63. *Червяков М. Ю., Нейштадт Я. А.* Актинометрические методы измерений : учебно-методическое пособие для студентов географического факультета. Саратов : ИЦ «Наука», 2019. 50 с.

64. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю.* Изменчивость солнечной радиации в г. Петропавловск-Камчатский по данным спутниковых и наземных наблюдений // Молодежь. Наука. Инновации. 2021. Т. 1. С. 467–471.

65. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю.* Изменчивость потоков солнечной радиации на территории Саратовской области // Материалы 18-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» : электронный сборник материалов конференции (Москва, 16–20 ноября 2020 г.). Москва : Институт космических исследований Российской академии наук, 2020. С. 36.

66. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю.* Климатический потенциал для развития гелиоэнергетики в Нижнем Поволжье // Материалы X научной конференции молодых ученых «Presenting Academic Achievements to the World» (Саратов, 16 апреля 2019 г.). Саратов : Издательство «Саратовский источник», 2020. Вып. 9. С. 77–84.

67. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю., Спиряхина А. А., Суркова Я. В., Шаркова С. А.* Пространственно-временная изменчивость потоков солнечной радиации на территории Нижнего Поволжья по данным спутниковых и наземных наблюдений // Материалы 17-й Всероссийской открытой конференции «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (Москва, 11–15 ноября 2019 г.). Москва : Институт космических исследований Российской академии наук, 2019. С. 112.

68. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю.* Спутниковый мониторинг потоков солнечной энергии для целей развития гелиоэнергетики

в Саратовской области // Фундаментальные и прикладные космические исследования : XIX конференция молодых учёных (Москва, 13–15 апреля 2022 г.). Москва : Институт космических исследований Российской академии наук, 2022. С. 84–91. <https://doi.org/10.21046/KMU-2022-84-91>

69. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю.* Оценка характеристик солнечной радиации на территории Саратовской области для целей гелиоэнергетики // Актуальные проблемы контроля окружающей среды : материалы семинара (Севастополь, 10–11 ноября 2020 г.). Севастополь : Индивидуальный предприниматель Куликов А. С., 2020. С. 66.

70. *Нейштадт Я. А., Червяков М. Ю.* Оценка климатического потенциала для развития гелиоэнергетики на юго-востоке европейской территории России по данным спутниковых и наземных наблюдений // Труды Международной Байкальской молодежной научной школы и XVI конференции молодых ученых (Иркутск, 16–21 сентября 2019 г.). Иркутск : Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, 2019. С. 354–356.

71. *Макаров В. З., Пичугина Н. В.* Ландшафтное районирование Саратовского Правобережья // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2013. Т. 13, вып. 2. С. 13–16.

72. *Макаров В. З., Чумаченко А. Н., Гусев В. А., Пичугина Н. В., Волков Ю. В., Затонский В. А., Данилов В. А., Проказов М. Ю., Федоров А. В., Молочко А. В., Хворостухин Д. П., Шлапак П. А., Анисимов В. И., Чумаченко Н. А., Суворцева О. В., Кочеткова Е. С., Печкина Ю. А.* Саратовское Предволжье. Ландшафтная структура. История освоения. Проблемы природопользования / под ред. В. З. Макарова. Саратов : ИП Кошкин В. А., 2014. 180 с.

73. *Макаров В. З., Пичугина Н. В., Чумаченко А. Н., Молочко А. В., Безвершенко, Л. С., Гусев В. А., Затонский В. А., Волков Ю. В., Данилов В. А., Неврюев А. М., Федоров А. В., Хворостухин Д. П.* Ландшафтное районирование Саратовской области. Саратов : Техно-Декор, 2019. 77 с.

74. *Макаров В. З., Пичугина Н. В., Чумаченко А. Н., Молочко А. В., Гусев В. А., Затонский В. А., Волков Ю. В., Данилов В. А., Хворостухин Д. П., Муравьева М. Э., Проказов М. Ю., Пятницына Т. В., Федоров А. В.* Ландшафтное районирование муниципальных районов Саратовской области. Атлас. Саратов : Техно-Декор, 2020. 60 с.

75. Геоморфологическая карта Среднего и Нижнего Поволжья (Пензенская, Куйбышевская, Саратовская, Волгоградская, Астраханская области и Калмыцкая АССР). Масштаб 1 : 500 000 / гл. ред. Ф. И. Ковальский ; Производственное геологическое объединение «Нижневолжскгеология» ; Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. Москва : ГУГК, 1982. 4 л.

76. *Пряхина С. И., Васильева М. Ю.* Природно-ресурсный потенциал зернового производства Саратовской области. Саратов : ИЦ «Наука», 2015. 104 с.

77. *Степина Е. В., Смирнова Е. Б., Золотухин А. И.* Эколого-генетические аспекты гумусообразования черноземов западного Правобережья Саратовской области // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 309.

78. Почвенная карта Саратовской области. Масштаб 1:300000 /отв. ред. Е. М. Цвылев ; Саратовский филиал Южного государственного проектного института по землеустройству. Москва : ГУГК, 1985. 4 л.

79. *Тарасов А. О.* Основные географические закономерности растительного покрова Саратовской области : пособие по курсу «Ботаническая география СССР» для студентов биологических факультетов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1977. 21 с.

80. *Болдырев В. А., Невский С. А., Давиденко О. Н., Седова О. В., Гребенюк С. И., Давиденко Т. Н., Пискунов В. В., Архипова Е. А., Степанов М. В., Торгашкова О. Н., Горин В. И., Бекренева Е. С., Закурдаева М. В.* Биоразнообразие и охрана природы в Саратовской области : в 4 кн. / под общ. ред. В. А. Болдырева, Г. В. Шляхтина. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2011. Кн. 3. 240 с. (Эколого-просветительская серия для населения).

81. Атлас литолого-палеографических карт СССР : в 4 томах / гл. ред. А. П. Виноградов. Москва : ГУГК, 1967. Т. IV. 58 с.

82. *Востряков А. В.* Неогеновые и четвертичные отложения, рельеф и неотектоника юго-востока Русской платформы / отв. ред. проф. Н. С. Морозов. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1967. 354 с.

83. Особо охраняемые природные территории Саратовской области: национальный парк, природные микрозаповедники, памятники природы, дендрарии, ботанический сад, особо охраняемые геологические объекты / науч. ред. В. З. Макаров ; Комитет охраны окружающей среды и природопользования Саратовской области. Саратов : Издательство Саратовского университета, 2007. 300 с.

84. *Макаров В. З., Пичугина Н. В.* Полупустынное Саратовское Приуралье: структура почвенного покрова, ландшафты и проблемы природопользования. Саратов : ИЦ «Наука», 2015. 193 с.

85. *Востряков А. В., Кузнецова Н. И., Макаров С. А.* Четвертичные отложения, рельеф и неотектоника Нижнего Поволжья / под ред. А. В. Вострякова. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1978. 184 с.

86. Карта четвертичных отложений Среднего и Нижнего Поволжья (Пензенская, Куйбышевская, Саратовская, Волгоградская, Астра-

ханская области и Калмыцкая АССР). Масштаб 1:500000 / гл. ред. Ф. И. Ковальский; Производственное геологическое объединение «Нижевожскгеология»; Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. Москва: ГУГК, 1982. 4 л.

87. Макаров В. З., Пичугина Н. В. Некоторые аспекты методики составления ландшафтных карт разного масштаба (на примере Саратовского Заволжья) // Поволжский экологический журнал. 2008. № 4. С. 293–303.

88. Кислов А. В., Евстигнеев В. М., Малхазова С. М., Соколихина Н. Н., Суркова Г. В., Торопов П. А., Чернышев А. В., Чумаченко А. Н. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления XXI века. Москва: ООО «МАКС Пресс», 2008. 292 с.

89. Григорьев А. А. Типы географической среды: избранные теоретические работы. Москва: Мысль, 1970. 471 с.

90. Груза Г. В., Акентьева Е. М., Алексеев Г. В., Анисимов О. А., Аристова Л. Н., Бардин М. Ю., Богданова Э. Г., Булыгина О. Н., Георгиевский В. Ю., Говоркова В. А., Зайцев А. С., Иванов В. В., Ильин Б. М., Катцов В. М., Кароль И. Л., Клещенко Л. К., Клюева М. В., Кобышева Н. В., Кононова Н. К. [и др.]. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации: в 3 т. / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Москва: Росгидромет, 2008. Т. 1. 227 с.

91. Анисимов О. А., Жильцова Е. Л., Ренева С. А. Оценка критических уровней воздействия изменения климата на природные экосистемы суши на территории России // Метеорология и гидрология. 2011. № 11. С. 31–41.

92. Голубятников Л. Л., Денисенко Е. А. Влияние климатических изменений на растительный покров Европейской России // Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2009. № 2. С. 57–68.

93. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения / отв. ред. В. Б. Сочава. Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1979. 232 с.

94. Makarov V. Z., Pichugina N. V., Chumachenko A. N., Gusev V. A., Danilov V. A., Fedorov A. V., Nevryuev A. M. Structural changes of the three-segment desert and steppe complex in Saratov Priuzenie area (based on Earth remote sensing data and ground-based observations) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: Ninth International Symposium «Steppes of Northern Eurasia». Orenburg, June 7–11, 2021. Vol. 817. Art. no. 012063. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/817/1/012063>

95. Антонов В. А., Смоленский В. Ю., Путинцева Е. В., Липницкий А. В., Смелянский В. П., Яковлев А. Т., Мананков В. В., Погасий Н. И., Красовская Т. Ю. Эпидемиологическая ситуация по лихорадке Западного Нила в 2011 году на территории Российской Федерации и прогноз ее развития // Проблемы особо опасных инфекций. 2012. № 1 (111). С. 17–21.

96. Путинцева Е. В., Липницкий А. В., Алексеев В. В., Смелянский В. П., Антонов В. А., Мананков В. В., Погасий Н. И., Зленко А. В., Чайка А. Н., Крючкова Т. П., Савченко С. Т., Жуков К. В. Распространение лихорадки Западного Нила в мире и Российской Федерации в 2010 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2011. № 1 (107). С. 38–41.

97. Ruiz M. O., Sun T., Brown W. M., Chaves L. F., Kitron U. D., Hamer G. L., Goldberg T. L., Walker E. D., Haramis L. Local impact of temperature and precipitation on West Nile virus infection in *Culex* species mosquitoes in northeast Illinois, USA // Parasites & Vectors. 2010. Vol. 3, № 1. P. 19. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-3-19>

98. Путинцева Е. В., Смелянский В. П., Бородай Н. В., Алексейчик И. О., Шахов Л. О., Ткаченко Г. А., Шнак И. М., Казорина Е. В., Викторов Д. В., Топорков А. В. Лихорадка Западного Нила в 2016 г. в мире и на территории Российской Федерации, прогноз развития ситуации в 2017 г. // Проблемы особо опасных инфекций. 2017. № 1. С. 29–36. <https://doi.org/10.21055/0370-1069-2017-1-29-36>

99. Баркалова Л. Д., Ромашова Н. Б., Транквилевский Д. В., Бахметьева Ю. О., Чубирко М. И. К вопросу распространения очагов иксодовых клещевых боррелиозов на территории Воронежской области // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2012. № 9 (234). С. 30–34.

100. Кресова У. А., Гаранина С. Б. Клинико-эпидемиологическая характеристика и лабораторное подтверждение первого случая иксодового клещевого боррелиоза на территории Саратовской области // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2012. № 4 (229). С. 19–21.

101. Федорова З. П., Кресова У. А., Кожанова О. И. Некоторые вопросы эпидемиологии и природной очаговости клещевого боррелиоза на территории Саратовской области // Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2012. № 12 (237). С. 36–37.

102. Турцева М. А., Кресова У. А., Матросов А. Н., Чекашов В. Н., Поршаков А. М., Яковлев С. А., Шарова И. Н., Красовская Т. Ю., Кузнецов А. А., Князева Т. В., Мокроусова Т. В., Щербакова С. А., Котоманова В. Г., Сантылова О. А. Новые данные о распространении иксодовых клещей и переносимых ими возбудителей природно-очаговых инфекций в

Саратовской области // Проблемы особо опасных инфекций. 2009. № 4 (102). С. 40–44.

103. Водяницкая С. Ю., Прометной В. И., Киреев Ю. Г., Костюковский В. М., Олейник Н. Г., Алиева А. А. Экологические предпосылки циркуляции вируса клещевого энцефалита в Ростовской области // Эпидемиология и вакцинопрофилактика. 2013. № 3 (70). С. 47–51.

104. Кутырев И. В., Билько Е. А., Шарова И. Н., Красовская Т. Ю., Чекашов В. Н., Матросов А. Н. Оценка роли фоновых видов мышевидных грызунов в сохранении возбудителей арбовирусных инфекций в полупустынной зоне Саратовского Заволжья // Проблемы особо опасных инфекций. 2008. № 3 (97). С. 19–21.

105. Бодня Е., Скорик Л., Потапова Л. Видовой состав и численность кровососущих двукрылых – переносчиков трансмиссивных паразитарных заболеваний на территории Харьковской области // International Independent Scientific Journal. 2020. № 17-1. С. 3–6.

106. Шляхтин Г. В., Аникин В. В., Мосолова Е. Ю. Изменение климата и биоразнообразия животного мира севера Нижнего Поволжья // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, № 3. С. 922–927.

107. Каменченко С. Е., Стрижков Н. И., Наумова Т. В. Факторы, влияющие на динамику популяций вредных саранчовых в Нижнем Поволжье // Земледелие. 2012. № 1. С. 41–43.

108. Нурушев М. Ж., Дарибай Т. О., Нурушева А. М., Ажбенов В. К. Превентивные меры от нашествия саранчовых в адаптивно-ландшафтном земледелии Евразии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 20–22.

109. Табачишин В. Г., Завьялов Е. В., Табачишина И. Е. Пространственное размещение разноцветной ящурки – *Eremias arguta* (Pallas, 1773) на севере ареала в Поволжье // Современная герпетология. 2006. Т. 5–6. С. 117–124.

110. Табачишин В. Г., Ермохин М. В. Состояние популяций и природоохранный статус степной гадюки – *Vipera renardi* (Christoph, 1861) (*Reptilia, Serpentes*) в Саратовской области // Современная герпетология. 2019. Т. 19, № 1/2. С. 74–78. <https://doi.org/10.18500/1814-6090-2019-19-1-2-74-78>

111. Завьялов Е. В., Шляхтин Г. В. Основные тенденции в динамике распространения птиц на севере Нижнего Поволжья в условиях изменения климата // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Химия. Биология. Экология. 2007. Т. 7, вып. 1. С. 63–70.

112. Табачишин В. Г., Мосолова Е. Ю., Ермохин М. В. Фенология прилёта чёрного стрижа *Arus arus* в город Саратов // Русский орнитологический журнал. 2014. Т. 23, № 1015. С. 1937–1942.

113. Завьялов Е. В., Якушев Н. Н., Табачишин В. Г. Динамика распространения серого *Calandrella rufescens* и малого *C. cinerea* жаворонков в Нижнем Поволжье на протяжении последнего столетия // Русский орнитологический журнал. 2003. Т. 12, № 226. С. 651–659.

114. Опарин М. Л., Опарина О. С. Изменение распространения мезофильных млекопитающих в степях Волго-Уральского междуречья в связи с изменением климата и антропогенным преобразованием ландшафтов // Аридные экосистемы. 2006. Т. 12, № 30-31. С. 28–38.

115. Колмукиди С. В., Крюкова Е. А. Патологии лесообразующих пород в условиях изменения климата // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 113–123.

116. Полянская Е. А., Скляр Ю. А., Добрин Н. Д., Крысанова Т. Д., Штырова В. К. География Саратовской области / под ред. Н. В. Тельтевской. Саратов : Издательство Саратовского университета, 1993. 217 с.

117. Климат Саратова : справочник / под ред. Ц. А. Швер ; Приволжское территориальное управление по гидрометеорологии и контролю природной среды ; Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского. Ленинград : Гидрометеиздат, 1987. 151 с.

118. Пряхина С. И., Гужова Е. И., Кузнецова С. А., Злобин Р. И. Влияние глобального потепления на перезимовку озимых культур // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2012. Т. 12, вып. 2. С. 37–40.

119. Пряхина С. И., Ормели Е. И. Агроклиматическая характеристика сезонов года Саратовской области // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия : Науки о Земле. 2018. Т. 18, вып. 4. С. 243–247. <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2018-18-4-243-247>

120. Засухи в СССР, их происхождение, повторяемость и влияние на урожай : сборник материалов / под ред. А. И. Руденко. Ленинград : Гидрометеиздат, 1958. 207 с.

121. Кабанов П. Г. Погода и поле. Саратов : Приволжское книжное издательство, 1975. 239 с.

SUMMARY

In the proposed monograph, the results of comprehensive studies conducted by geographers from Saratov State University over the past decade are presented. Specialists from various scientific fields contributed to the writing of the book: climatologists, meteorologists, landscape scientists, and cartographers-geoinformatics. Materials from long-term desk-based and field studies related to the assessment of the impact of global warming on the natural features and economic activities in Saratov region over the past decades were analyzed and summarized.

For the first time, regionally differentiated effects of global warming were identified within separate landscape subzones and geomorphological provinces of Saratov region.

The climate of Saratov region under global warming conditions has not changed significantly, but it has been steadily becoming warmer and drier. This trend is most noticeable in the southern forest-steppe on the Volga Upland.

In the steppe zone of the Low Syrt Trans-Volga region and the northern semi-desert of the Caspian lowland, the increase in annual air temperature and the decrease in annual precipitation totals are insignificant.

Analysis of desk-based and field data from landscape-ecological studies in 17 key areas of Saratov region did not reveal a significant response of the forest-steppe, steppe, and semi-desert geosystems to climate changes in the region.

Natural successional processes of overgrowing with woody-shrub vegetation of abandoned arable land in the southern forest-steppe and the transition to fallow land in the Trans-Volga steppe were identified.

There was an increase in water erosion processes on the Volga Upland in the forest-steppe zone and on the Don Plain. This is due to warm and relatively short winters. The sharp increase in spring temperatures leads to intense snowmelt and activation of water erosion on the slopes of the Volga Upland and the Don Plain. However, the observed activation of water erosion is not widespread and is scattered throughout the landscape space. It is combined with the rapid overgrowth of abandoned arable land with woody-shrub vegetation in Saratov Pre-Volga region.

Land-use structure in different landscape zones and geomorphological provinces has not changed significantly over the past 20 years. On the Volga Upland in the southern forest-steppe, arable land was withdrawn from cultivation in low-productive areas of the watersheds of large ravines and small river valleys. Pasture load increased on abandoned low-productive arable land with saline chestnut soils in the northern semi-desert and dry steppe of the Trans-Volga region.

Materials on changes in wildlife due to climate warming were summarized and analyzed. The ranges of certain species of entomofauna, birds, reptiles, and mammals have shifted northward. The range of diseases previously uncommon in Saratov region, such as West Nile fever, borreliosis, and tick-borne encephalitis, has expanded due to climate warming.

Increased fragmentation of the region's landscape space due to the thermo-arid climate trend has led to a greater number and diversity of habitats favorable for the settlement of new fauna species.

Recommendations for disease prevention such as West Nile fever and borreliosis include:

- clearing and improvement of forest and forest-park areas;
- disinsection of biotopes;
- avoidance of overgrown water bodies and Volga islands during peak mosquito hatching periods;
- mosquito control;
- territory sanitation;
- elimination of areas with stagnant water, and more.

Some recommendations for the agricultural sector of the region's economy include:

- increasing the area of winter wheat crops in the steppe zone of the Right Bank and on the Volga terraces of the Trans-Volga region;
- regulating the share of sunflower crops to no more than 12-13% of the total arable land area;
- increasing the area of fruit and stone fruit crops in the southern forest-steppe on the Volga Upland;
- strictly regulating the grazing of cattle, sheep, and horses on extensive pastures in the northern semi-desert and dry steppe of the Trans-Volga region.

In the socio-economic sphere of Saratov region's economic complex and demographic processes, the factor of global warming is practically insignificant. Population outflow from cities and rural areas of Saratov region, as well as the closure or significant weakening of several industrial sectors, are associated with the current structure of Russia's economy and the policies of sectoral and territorial management at the federal and regional levels.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гусев Виктор Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Данилов Владимир Анатольевич, кандидат географических наук, доцент кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Макаров Владимир Зиновьевич, доктор географических наук, декан географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Морозова Светлана Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Неврюев Александр Михайлович, заведующий лабораторией урбоэкологии и регионального анализа кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Нейштадт Яков Андреевич, лаборант-исследователь лаборатории эпизоотологического мониторинга РосНИПЧИ «Микроб» (г. Саратов)

Ормели Екатерина Ивановна, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Пичугина Наталия Валентиновна, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии географи-

ческого факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Проказов Михаил Юрьевич, кандидат географических наук, доцент кафедры физической географии и ландшафтной экологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Пряхина Софья Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Фёдоров Алексей Васильевич, заведующий лабораторией геоинформатики и тематического картографирования географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Червяков Максим Юрьевич, кандидат географических наук, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Чумаченко Алексей Николаевич, доктор географических наук, ректор Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Шлапак Павел Александрович, старший преподаватель кафедры геоморфологии и геоэкологии географического факультета Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н. Г. Чернышевского

Научное издание

ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА КЛИМАТ, ЛАНДШАФТЫ И ХОЗЯЙСТВО
САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Под редакцией доктора географических наук, профессора
В. З. Макарова

Редактор *И. Ю. Бучко*
Корректор *Ю. И. Володина*
Технический редактор *И. Ю. Бучко*
Компьютерная верстка *И. А. Каргин*

Подписано к использованию 11.11.2024. Формат 60×84¹/₁₆.
Усл. печ. л. 9,88(10,75). Объем данных 25 Мб.

Издательство Саратовского университета.
410012, Саратов, Астраханская, 83



ИЗДАТЕЛЬСТВО
САРАТОВСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА