

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТОМСКОЕ ОБЛАСТНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ВСЕРОССИЙСКОЙ ОБЩЕСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
«РУССКОЕ ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО»

**Л.Б. Филандышева,
Т.В. Ромашова, К.Д. Юркова**

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
г. ТОМСКА И ДИНАМИКА
СЕЗОННЫХ РИТМОВ
В УСЛОВИЯХ
ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ
КЛИМАТА**

Томск
Издательство Томского государственного университета
2021

УДК 911.2:551.5 (571.16)

ББК 26.829/236.7/239

Ф51

Филандышева Л.Б., Ромашова Т.В., Юркова К.Д.

Ф51 Географические особенности г. Томска и динамика сезонных ритмов в условиях глобального изменения климата. – Томск : Издательство Томского государственного университета, 2021. – 254 с.

ISBN 978-5-94621-979-2

DOI 10.17223/978-978-5-94621-979-2-2021-1-254

Монография посвящена исследованию естественных сезонных ритмов климата г. Томска. Систематизирована обновлённая информация о географических особенностях города с учётом изменения его границ и о современных представлениях о глобальном изменении климата.

Рассмотрена многолетняя динамика термического режима в традиционных границах (год, месяц, сутки), дана оценка климата с позиции естественного сезонного ритма.

Представлены результаты анализа структурно-динамических особенностей сезонных ритмов за период с 1936 по 2015 г. Впервые разработаны модели климатических режимов (временных характеристик, гидротермических показателей) для разных типов структуры сезонов года. Проведено сравнение климатических показателей сезонов года за три периода (с 1936 по 1970 г., с 1971 по 2006 г., с 2001 по 2015 г.), выявлены тенденции изменения полученных характеристик.

Прикладные аспекты исследования сезонных ритмов проиллюстрированы примерами их влияния на развитие эрозии почв и организацию рекреационной деятельности.

Для широкого круга специалистов, аспирантов и студентов естественно-научного профиля подготовки, а также краеведов и всех, кто интересуется процессами, связанными с сезонными ритмами природы и их динамикой.

УДК 911.2:551.5 (571.16)

ББК 26.829/236.7/239

Рецензенты:

доктор географических наук,

профессор Томского государственного университета *В.В. Севастьянов*;

доктор географических наук, профессор, главный научный сотрудник

Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН

А.В. Поздняков

ISBN 978-5-94621-979-2

© Филандышева Л.Б., Ромашова Т.В., Юркова К.Д., 2021

© Томский государственный университет, 2021

NATIONAL RESEARCH TOMSK STATE UNIVERSITY
TOMSK REGIONAL BRANCH OF THE ALL-RUSSIAN PUBLIC
ORGANIZATION «RUSSIAN GEOGRAPHICAL SOCIETY»

**L.B. Filandysheva,
T.V. Romashova, X.D. Yurkova**

**GEOGRAPHIC FEATURES
AND DYNAMICS OF THE YEAR
SEASONS IN TOMSK IN THE FACE
OF GLOBAL CLIMATE CHANGE**

Tomsk
TSU Publishing
2021

LBC 911.2:551.5 (571.16)

BBC 26.829/236.7/239

F51

Filandysheva L.B., Romashova T.V., Yurkova X.D.

F51 Geographic Features and Dynamics of the Year Seasons in Tomsk in the Face of Global Climate Change. – Tomsk : TSU Publishing, 2021. – 254 p.

ISBN 978-5-94621-979-2

DOI 10.17223/978-978-5-94621-979-2-2021-1-254

The monograph is dedicated to the study of the climate's natural seasonal rhythms in the city of Tomsk. The study systematizes and provides updated information on the geographical features of the city, taking into account changes in its boundaries.

The long-term dynamics of the thermal regime within the traditional boundaries (by year, month, day) is shown, then the climate is assessed from the standpoint of the natural seasonal rhythm.

The assessment of the current climate and trends in its changes is considered from the standpoint of the natural seasonal rhythm typical for zonal landscapes. This approach is the distinguishing feature of the monograph.

For the first time the collected data permitted to carry out a temporal analysis of the structural and dynamic features of seasonal rhythms, to develop models of climatic regimes (temporal characteristics, hydrothermal indicators). The obtained materials also made it possible to compare the climatic indicators of the seasons of the year, calculated for three periods - from 1936 to 1970, from 1971 to 2006, from 2001 to 2015. and identify trends in their change.

The paper shows the applied aspect of the study of seasonal rhythms by the example of their influence on the development of soil erosion (ecological and economic aspect) and the organization of recreational activities (social aspect).

The monograph is of scientific interest for a wide range of specialists, for graduate students and natural science students. The scientific publication will be useful for local historians, as well as everyone interested in the processes associated with the seasonal rhythms of nature and their dynamics in the midst of the ongoing global climatic changes.

LBC 911.2:551.5 (571.16)

BBC 26.829/236.7/239

Reviewers:

Doctor of Geographical Sciences, Professor *V.V. Sevastyanov*;

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Chief Researcher *A.V. Pozdnyakov*

ISBN 978-5-94621-979-2

© Filandysheva L.B., Romashova T.V., Yurkova X.D., 2021

© Tomsk State University, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Глава 1. Томск как объект географического и сезонно-климатического исследования и мониторинга	12
§ 1.1. Пространственно-временной контекст глобального изменения климата	12
§§ 1.1.1. Современные представления о глобальном изменении климата	13
§§ 1.1.2. Изменения климата России	25
§ 1.2. География Томска	29
§§ 1.2.1. Географическое положение и история освоения территории	29
§§ 1.2.2. Природные особенности Томска и его окрестностей	36
§§§ 1.2.2.1. Геологические и орографические особенности	36
§§§ 1.2.2.2. Характеристика климата	46
§§§ 1.2.2.3. Особенности гидрографической сети	50
§§§ 1.2.2.4. Ландшафты и особенности биоты	56
§§ 1.2.3. Перспективы экономико-географического и пространственного развития города	63
Глава 2. Многолетние изменения климатического режима и характеристик структурных единиц годового цикла Томска	66
§ 2.1. Материалы, научные подходы и методы исследования	66
§§ 2.1.1. Комплексно-генетический метод в изучении сезонных ритмов климата	68
§§ 2.1.2. Обоснование временных периодов	71
§ 2.2. Многолетняя динамика термического режима	73
§§ 2.2.1. Анализ межгодовой динамики среднегодовой температуры воздуха	73
§§ 2.2.2. Анализ динамики среднемесячных температур	77
§§ 2.2.3. Анализ динамики средних многолетних суточных температур	80
§ 2.3. Динамика естественных климатических сезонов года и их структурных единиц	82
§§ 2.3.1. Многолетние изменения климатических характеристик зимнего сезона года и его структурных единиц	84
§§§ 2.3.1.1. Изменение временных характеристик и их тенденции	84
§§§ 2.3.1.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции	91
§§§ 2.3.1.3. Модели климатических режимов типов структуры зимнего сезона года и их динамика	98
§§ 2.3.2. Многолетние изменения климатических характеристик весеннего сезона года и его структурных единиц	108
§§§ 2.3.2.1. Изменение временных характеристик и их тенденции	108

§§§ 2.3.2.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции	113
§§§ 2.3.2.3. Модели климатических режимов типов структуры весеннего сезона года и их динамика	120
§§ 2.3.3. Многолетние изменения климатических характеристик летнего сезона года и его структурных единиц	129
§§§ 2.3.3.1. Изменение временных характеристик и их тенденции	129
§§§ 2.3.3.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции	135
§§§ 2.3.3.3. Модели климатических режимов типов структуры летнего сезона года и их динамика	141
§§ 2.3.4. Многолетние изменения климатических характеристик осеннего сезона года и его структурных единиц	148
§§§ 2.3.4.1. Изменение временных характеристик и их тенденции	148
§§§ 2.3.4.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции	151
§§§ 2.3.4.3. Модели климатических режимов типов структуры осеннего сезона года и их динамика	157
§§ 2.3.5. Многолетние изменения климатических режимов холодно-снежной и вегетационной частей годового цикла	166
Глава 3. Прикладные аспекты сезонной ритмики	171
§ 3.1. Сезонные ритмы климата и их влияние на развитие эрозии почв	171
§§ 3.1.1. Актуальность проблематики, материал и методика исследования	171
§§ 3.1.2. Развитие эрозионных процессов по фазам года	177
§§§ 3.1.2.1. Эрозионно опасные фазы ХСЧГЦ	177
§§§ 3.1.2.2. Эрозионно опасные фазы ВЧГЦ	186
§§ 3.1.3. Модель эрозионного потенциала климата	192
§ 3.2. Сезоны года: здоровье и отдых	196
§§ 3.2.1. Сезонно-климатические факторы заболеваемости населения Томска	197
§§ 3.2.2. Сезонные ритмы как фактор организации рекреационной деятельности	202
Заключение	207
Литература и источники	215
Приложения	245
Приложение 1	245
Приложение 2	248
Приложение 3	250

ПРЕДИСЛОВИЕ

Повторяемость времен года –
единственная форма вечности,
существующая в природе.
Джордж Сантаяна (1863–1952)

После установления во второй половине XX в. факта глобального потепления климата популярность проблемы изменения климата возрастает с каждым днём, так как она затрагивает все страны и народы, отрасли экономики и экосистемы планеты. Экологические, социальные и экономические последствия, обусловленные климатическими переменами, настолько сложны и неопределённы, что даже среди учёных нет единого мнения по многим вопросам изменения климата. Для решения этих задач необходимы мониторинг, анализ и оценка климатических данных не только на глобальном, но и на региональном и локальном уровнях.

Россия также заинтересована [262] в изучении происходящих климатических изменений на своей обширной территории, и особенно в тех регионах, где они протекают особенно быстрыми темпами – к востоку от Урала [64, 79, 80, 217]. Существует возможность проследить эти изменения в динамике, так как история создания метеонаблюдений берёт начало с XVIII в., когда в 1724 г. в Санкт-Петербурге была открыта первая в России метеорологическая станция, начала создаваться сеть метеостанций. Правда, официальной датой начала работы службы погоды на территории всей страны принято считать (1) 13 января 1872 г. [272].

В Томске метеорологические наблюдения стали проводиться с 1830 г. [110], а постоянные наблюдения без перерывов – с 1884 г. Наш город стал опорной точкой не только для описания климата Томской губернии, но и Сибири, и Российской империи, и климата всей планеты, так как является одной из самых длинно-рядных станций [271]. Исключительно большое значение для развития наблюдений за погодой и климатом имело открытие в 1888 г. в Томске первого в азиатской части страны Императорского Томского университета (ныне – Национальный исследовательский Томский государственный университет), а в 1938 г. – кафедры метеорологии и климатологии. Сотрудники этой кафедры всегда занимались изучением климата Западной Сибири. В настоящее время работа продолжается в контексте его глобального изменения [17, 18, 40, 60, 136].

Следует отметить, что в настоящее время почти все климатологи, проводя исследования для умеренных широт, анализируют метеоданные по суткам или календарным месяцам и сезонам года (зиме, лету, весне и осени) [179, 233]. Только в 2019 г. было заявлено, что Гидрометцентр России будет осуществлять климатический прогноз для шести времён года, добавив к основным два новых – предзимье (с середины октября до 15–20 декабря) и предлетье (с середины марта до середины мая) [34]. Однако и эти новые сезоны обозначены в формальных календарных сроках. Они по-прежнему, как и границы астрономических сезонов, не совпадают с границами естественных сезонов [39], т.е. не имеют связи с реальным ходом развития природных процессов.

По нашему мнению, оценку современного климата и тенденций его изменений необходимо давать с позиции естественного сезонного ритма, так как сезонная ритмичность является одной из фундаментальных закономерностей жизни природы, всегда откликающейся на климатические перестройки. Определить структуру естественного сезонного ритма и обосновать критерии выделения его границ с учётом климатообразующих факторов и явлений природы возможно с помощью комплексно-генетического метода, разработанного Н.Н. Галаховым [50] и дополненного Н.В. Рутковской [251, 252, 254–256, 326].

Первые исследования по сезонной ритмике климата с использованием указанного метода для Томска и Томской области на основе данных за 1936–1970 гг. были проведены Н.В. Рутковской и отражены в её учебных пособиях [256, 257]. Созданное ею научное направление по исследованию естественных климатических сезонов года для ландшафтов Западно-Сибирской равнины продолжено в Томском государственном университете её учениками и последователями – Л.Б. Филандышевой [151, 304–306, 308–311, 348], Л.Н. Окишевой [195–197], Т.В. Ромашовой [235, 237–244]. Заметно вырос в 2000-е гг. интерес к комплексно-генетическому методу в других вузах и научных организациях [20, 21, 161, 162, 188, 291, 318, 320].

В условиях меняющегося климата изучение климатических режимов сезонов года в их естественных границах приобретает важное практическое значение для большинства географических регионов, но, к сожалению, этот подход не находит должного отражения в научной литературе. Поэтому главная цель нашего исследования – провести анализ многолетних изменений климатических режимов естественных сезонных ритмов для г. Томска за длительный период. В связи с этим нами предпринята попытка обобщить материал о географических условиях и временной динамике сезонно-климатических характеристик Томска – крупного города, центра субъекта Федерации, который является одним из фокусов полити-

ческой, экономической, инновационной жизни Сибирского региона и Российской Федерации в целом. Внимание к Томску привлечено ещё и тем, что любой город, как объект научного изучения, представляет особый интерес из-за особенностей городской среды – комплекса природных и антропогенных ландшафтов, реагирующих на климатические изменения и влияющих на них.

Надежный анализ изменчивости климата невозможен без достаточно длинных временных рядов [7] изучаемых показателей, поэтому в основу нашей монографии легли климатические характеристики по данным метеостанции Томск за период с 1936 по 2015 г., на основе которых установлена структура сезонных ритмов. Также были использованы результаты совместных исследований авторов за 1990–2019 гг. [84, 235, 244, 313–316, 350], материалы кандидатской [239] и магистерской [339] диссертаций, монографий [197, 306] и других работ с нашим участием [277, 280, 309–311].

Предлагаемая вашему вниманию монография состоит из трёх глав, которые выстроены в следующей логической последовательности. В первой главе с целью систематизации информации даётся временной экскурс в формирование представлений о глобальном изменении климата, при этом вопрос о причинах изменений нами не затрагивается. Далее в этой же главе приводится комплексная физико-географическая характеристика Томска, необходимая для понимания регионального проявления климатических изменений на глобальном фоне. Во второй (основной) главе рассматриваются многолетние изменения климатических режимов сезонных ритмов годового цикла: временной анализ структурно-динамических особенностей сезонных ритмов, разнообразие типов структуры сезонов года, модели их климатических режимов для трех периодов (с 1936 по 1970 г., с 1971 по 2006 г., с 2001 по 2015 г.) и тенденции их динамики. В третьей части работы показаны прикладные аспекты (эколого-экономический и социальный) сезонных ритмов: один раскрывает взаимосвязь с развитием эрозии почв, второй – с развитием или обострением некоторых нозологических форм болезней, а также возможностями развития рекреационной сферы.

Климат менялся в прошлом, меняется сейчас и будет меняться в будущем, в том числе по независящим от человека причинам. Эти изменения отражаются и на естественных сезонных ритмах. Мы предполагаем, как и автор приведенного выше эпитафия, они надолго останутся значимыми подразделениями года.

Надеемся, что наша книга найдёт свою аудиторию и вызовет у читателя интерес к сложным взаимозависимым и взаимообусловленным процессам, связанным с сезонными ритмами природы и их динамикой.

FOREWORD

After the establishment in the second half of the twentieth century of the fact of global warming, the popularity of the problem of climate change has been increasing every day, as it affects all countries and nations, sectors of the economy and ecosystems of the planet. The environmental, social and economic impacts of climate change are complex and uncertain, they requiring monitoring, analysis and assessment of climate data not only at the global but also at the regional and local levels.

Russia is also interested [262] in studying the ongoing climatic changes on its vast territory, and especially in those regions where they proceed at a particularly rapid pace - to the east of the Ural Mountains [64, 79, 80, 217].

In Tomsk, continuous meteorological observations without interruptions began to be carried out from 1884. Due to this long research the city has become a reference point for describing the climate of not only the Tomsk province, but also Siberia as a whole, the Russian Empire, and even the entire planet [271]. Scientists of the Tomsk State University, founded in 1888 [17, 18, 40, 60, 136], played an extremely important role in the development of observations of weather and climate.

It should be noted that almost all climatologists, conducting research for temperate latitudes, analyze meteorological data by day or calendar months and seasons (winter, summer, spring and autumn) of the year [179, 233]. However, the boundaries of the calendar seasons, like the boundaries of the astronomical seasons, do not coincide with the boundaries of the natural seasons [39]; thus, they have no connection with the real course of development of natural processes.

It is possible to determine the structure of the natural seasonal rhythm and substantiate the criteria for identifying its boundaries, taking into account climate-forming factors and natural phenomena, by using the complex genetic method developed by N.N. Galakhov [50] and complemented by N.V. Rutkovskaya [251, 252, 254–256, 326]. This method has been applied at Tomsk State University since the 1960s to the study of natural climatic seasons of the year for the landscapes of the West Siberian Plain by N.V. Rutkovskaya [256, 257], L.B. Filandysheva [151, 304–306, 308–311, 348], L.N. Okisheva [195–197], T.V. Romashova [235, 237–244].

The main goal of our research is to analyze long-term changes in climatic regimes of natural seasonal rhythms for the city of Tomsk over a long period.

Tomsk is a big city, the capital of a constituent entity of the Federation, which plays an important role in the political, economic, innovative life of the Siberian region and the Russian Federation as a whole. In addition, any city as an object of scientific study is of particular interest due to the peculiarities of the urban environment, which is an aggregate of natural and anthropogenic landscapes that respond to and affect climatic changes.

In the work climatic characteristics (according to the Tomsk weather station) for the period from 1936 to 2015 were used, on the basis of which the structure of seasonal rhythms was established.

The monograph presented to your attention consists of three chapters. In the first chapter a temporary excursion into the formation of ideas about global climate change is given, while the question of their causes is not touched by us. Also in the same chapter comprehensive physical and geographical characteristics of Tomsk are listed. The second chapter examines long-term changes in the climatic regimes of the seasonal rhythms of the annual cycle: a time analysis of the structural and dynamic features of seasonal rhythms, a variety of types of structure of seasons of the year, models of their climatic regimes for three periods (from 1936 to 1970, from 1971 to 2006, from 2001 to 2015) and trends in their dynamics. In the third chapter, the applied aspects of seasonal rhythms (ecological, economic and social) are shown: one reveals its interrelation with the development of soil erosion, the second - with the development or exacerbation of some nosological forms of diseases, as well as the possibilities for the development of the recreational sphere.

The climate changed in the past, is changing now and will change in the future, including the reasons beyond human control. These changes are reflected in the natural seasonal rhythms - and we assume, like the author of the epigraph, - they will remain significant divisions of the year for a long time. We hope that our book will find its audience and arouse the reader's interest in the complex interdependent and mutually conditioned processes associated with the seasonal rhythms of nature and their dynamics.

Глава 1. ТОМСК КАК ОБЪЕКТ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО И СЕЗОННО-КЛИМАТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА

В последние десятилетия человечество столкнулось с ключевыми проблемами и вызовами, от решения которых зависит существование, сохранение и развитие цивилизации. Одна из них – проблема глобального изменения климата. Она, влияя на мировую и национальную экономику независимо от воли конкретных государств, воспринимается в настоящее время как важнейший элемент новой реальности, к которой отдельные страны и регионы любого иерархического уровня вынуждены приспосабливать свою хозяйственную деятельность. Населённые пункты, в том числе города как центры концентрации населения и экономики, рассматриваются в настоящее время как территории, которые должны обеспечивать физический, психологический и социальный комфорт жителей. Такое комплексное и безопасное развитие зависит от множества факторов, в том числе от климата, в связи с чем важным и значимым представляется изучение вопроса его изменения. В больших по площади странах, таких как Россия, темпы этого изменения, как и уязвимость геосистем, а также возможности адаптаций зависят от физико-географических и социально-экономических особенностей регионов, поэтому корректная оценка таких воздействий должна иметь выраженный региональный и локальный характер. В полной мере это относится к г. Томску, который выбран нами в качестве объекта географического и сезонно-климатического исследования.

§ 1.1. Пространственно-временной контекст глобального изменения климата

Изменение климата – главный вопрос нашего времени, а его решение – поворотный момент нашей истории.
Антониу Гутерриш, Генеральный секретарь ООН [103]

Как любое глобальное явление или процесс, изменение климата проявляется масштабно – во всей географической оболочке (или климатической системе). Однако темпы и тренды имеют пространственно-временные вариации. Для понимания проблемы обратимся к краткому экскурсу в историю вопроса.

§§ 1.1.1. Современные представления о глобальном изменении климата

Наиболее яркой особенностью изменения климата минувшего XX столетия является его глобальное потепление, т.е. повышение температуры приземного воздуха и океана, которые стали фиксировать с 1950-х гг. До этого времени наука о климате, в основном, была чисто описательной. Климатологи разных стран и даже международные организации (Международная метеорологическая организация, созданная в 1873 г.; Комитет по климату, основанный в 1929 г.) занимались созданием сети метеонаблюдений и накоплением данных о погоде [347]. В то время подразумевалось, что климат существенно не меняется, а лишь подвержен небольшим флуктуациям, которые являются проявлением естественной изменчивости.

Благодаря «революционерам-климатологам», положившим в 1940–1950-х гг. начало теоретическим разработкам (Х. Ландсберг, Ч. Торнтвейт, М.И. Будыко) и экспериментальным наблюдениям (Ч. Килинг), появились представления об изменении климата за счёт антропогенного влияния. Важной вехой в середине 1950-х гг. стало зарождение физической климатологии или теории климата [206], которая усилиями И.М. Будыко, его коллег и учеников стала одной из наиболее продвинутых и практически значимых наук о Земле [178]. Это позволило в 1960–1970-х гг. перейти к количественной оценке изменений климата.

На мировом уровне тема изменения климата впервые была обозначена в повестке Комиссии по климату в 1960 г., но только на шестой сессии Комиссии в 1973 г. научным сообществом официально допущено предположение, что климатические колебания могут быть связаны с деятельностью человека [347]. Хотя ранее, в 1971 г., на Международном симпозиуме по физической и динамической климатологии в Ленинграде М.И. Будыко впервые уверенно заявил о неизбежности глобального потепления климата из-за хозяйственной деятельности человека. Тогда его мнение было воспринято специалистами неоднозначно, а большинством – даже негативно [333]. В 1972 г. М.И. Будыко опубликовал работу «Влияние человека на климат» [28] с обоснованием идеи о потеплении климата и его самых важных последствиях, но ввиду политической закрытости СССР она не имела широкого распространения в мире. По этой причине в мировой науке считается, что автором терминов «глобальное потепление» (global warming) и «изменение климата» (climate change) является американский климатолог У. Брокёр. Им в 1975 г. в авторитетном научном

журнале *Science* опубликована статья «Изменение климата: находимся ли мы на пороге резкого глобального потепления?» [364]. Вопросительный знак в заголовке обозначал сомнение учёного, высказавшего мысль о возможной смене климатической тенденции – от постепенного снижения глобальной температуры, которая наблюдалась с 1940-х гг., к их росту. В научной среде эти термины стали популярными и широко употребляемыми с 1979 г. – после доклада Д. Чарни на заседании Национальной академии наук США [76].

В 1980-е гг. главной причиной изменения климата был признан парниковый эффект, вызванный повышением выбросов углекислого газа (CO₂) в результате антропогенной деятельности [29]. С этого времени (1985 г.) начинается новый этап мониторинга, анализа, регулярных публикаций и широкого распространения достоверной научной информации о глобальной климатической системе и её изменчивости международными организациями [347]. Для изучения этого вопроса Всемирная метеорологическая организация (ВМО) и Организация ООН по охране окружающей среды (ЮНЕП) в 1988 г. создали специальную новую организацию – Межправительственную группу экспертов по проблеме изменения климата (МГЭИК) [93, 132]. В 1990 г. она выпустила первый доклад (в дальнейшем стал выходить ежегодно) об угрозе изменения климата в связи с деятельностью человека. Также каждый год, начиная с 1993 г., публикуются отчеты о состоянии глобального климата Комиссией по климатологии ВМО. В России бюллетени мониторинга изменения климата на территории РФ выходят с 1997 г. ежегодно [63].

Проблема изменения климата в 1990–2000-е гг. потребовала объединения не только научно-теоретических, но конкретных практических усилий на мировом уровне для ограничения некоторых видов хозяйственной деятельности. Опираясь на научный постулат об антропогенной природе изменения климата, в 1992 г. принимается Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК) [228] и в 1997 г. дополнительный к ней международный документ – Киотский протокол по ограничению промышленных выбросов в атмосферу [118]. В 2001 г. в основном выводе Третьего оценочного доклада МГЭИК был окончательно признан факт антропогенного потепления климата и подчеркнуто, что происходящие изменения протекают более интенсивно, чем считалось ранее [101]. Сложившаяся проблема вызывает озабоченность в большинстве стран мира. Это подтверждается как ратификацией РКИК ООН и Киотского протокола, так и личным участием первых лиц ведущих государств в работе

15-й Конференции ООН по изменению климата в 2010 г. [119], а также в других мероприятиях ООН по этому вопросу в последующие годы.

В настоящее время планета охвачена глобальной системой различных наблюдений – миллионы наземных и морских наблюдений, в том числе на судах и буях на поверхности и в толще океана, аэрологические наблюдения в толще атмосферы, спутниковые наблюдения, в том числе за ледовым покровом и уровенной поверхностью океана, наблюдения с помощью радаров и др. Наземное слежение за погодой ведется на 3 288 станциях глобальной сети, из них 703 станции расположены на территории России и стран СНГ [32]. Согласно программе мониторинга Глобальной системы наблюдения за климатом (ГСНК) ВМО, для понимания происходящих процессов используют семь главных индикаторов (из 55): приземную температуру воздуха, теплосодержание океана, содержание атмосферного углекислого газа (CO₂), подкисление океана (поглощение углекислого газа), уровень моря, баланс массы ледников и морских льдов Арктики и Антарктики. Дополнительные показатели обычно оцениваются, чтобы дать более детальную картину изменения климата в соответствующем регионе. К ним, в частности, относятся осадки, парниковые газы, снежный покров, ледниковый покров, экстремальные явления и климатические воздействия [353].

Статистическая обработка собранных материалов проводится в международных дата-центрах. Сочетание наблюдений с использованием статистических методов и математического моделирования позволяет оценить температуру в любое время и в любом месте по всему земному шару, даже в отдалённых и труднодоступных областях, а также получить надежные выводы о мировых температурных рекордах глобального изменения. Это подтверждается словами Генерального секретаря ВМО П. Таалас, заявившим в 2018 г., что «наука о климате достигла беспрецедентной степени надежности, предоставляя убедительные доказательства глобального повышения температуры и активизации сопутствующих процессов, таких как ускорение повышения уровня моря, сокращение протяженности морского льда, отступление ледников и возникновение экстремальных явлений, таких как волны тепла» [99].

Как известно, климат в геологическом прошлом Земли менялся неоднократно, и происходило это по естественным причинам – астрономическим и геологическим (например, из-за колебаний наклона оси вращения Земли, соотношения площадей суши и водной поверхности и т.д.) [93]. В разные эпохи изменения температуры воздуха на нашей планете отличались по интенсивности, продолжительности и направленности (чередование периодов потепления и похолодания) (рис. 1.1). Например, бы-

ли периоды, когда температура была на 5–10 °С выше (или ниже) температуры базового периода (1960–1990 гг.), что сопровождалось кардинальными, порой катастрофическими, преобразованиями природы [129].

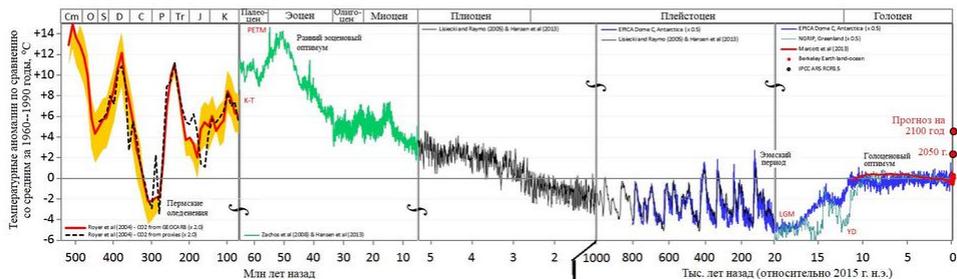


Рис. 1.1. Изменения приземной температуры за последние 550 млн лет [346]

Изменения климатической системы (в том числе потепление) в индустриальное время неоспоримы, что зафиксировано метеорологическими измерениями в различных точках земного шара на протяжении более чем 100 лет (рис. 1.2).

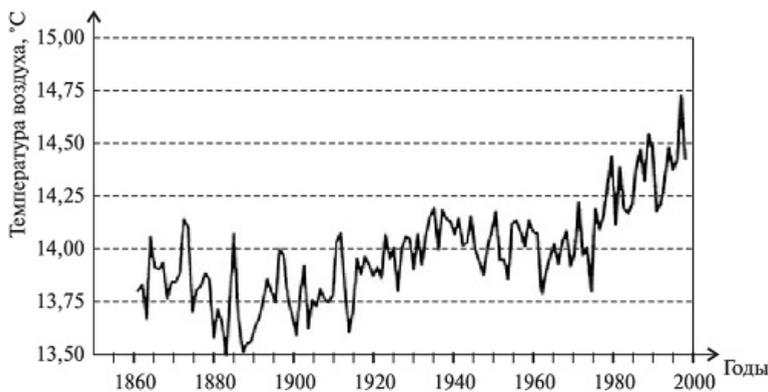


Рис. 1.2. Изменение среднегодовой температуры воздуха в приземном слое Земли (1860–2000 гг.) [104]

Так, в первую половину XX столетия, в период естественного потепления, зафиксирован первый максимум глобальной температуры воздуха, который составил +14,2 °С (в 1934 и 1936 гг.). Самая низкая температура за инструментальный период наблюдения отмечалась в 1882 и 1887 гг. (+13,5 °С), т.е. была в конце XIX столетия. В XXI в. глобальная средняя температура воздуха продолжает повышаться, достигнув

+14,47 °С в период 2001–2010 гг., что на 0,47 °С выше средней глобальной температуры периода 1960–1990 гг. и на 0,21 °С выше средней глобальной температуры периода 1991–2000 гг. [356].

Изменение приземной средней глобальной температуры прослеживается по аномалиям (т.е. отклонениям от значения средней многолетней температуры базового периода) температуры приземного воздуха над сушей (на высоте 2 м) и аномалиям температуры воды в поверхностном слое океанов (8–10 м) [32]. Многие наблюдаемые изменения оказались беспрецедентными по интенсивности. Учеными установлено, что с 1880 по 2012 г. повышение температуры воздуха на континентах и океанах составило 0,85 °С (от +0,65 до +1,06 °С) [2, 63, 105, 106, 331, 355]. Эту величину принято называть повышением глобальной температуры с доиндустриальной эпохи.

Анализ временных рядов средней годовой глобальной температуры позволил выявить неоднородный характер потепления (см. рис. 1.2, 1.3): в период 1910–1946 гг. происходило потепление, в 1947–1975 гг. – слабое похолодание, начиная с 1976 г. отмечается фаза наиболее интенсивного потепления, которое продолжается и по настоящее время [64, 105, 246].

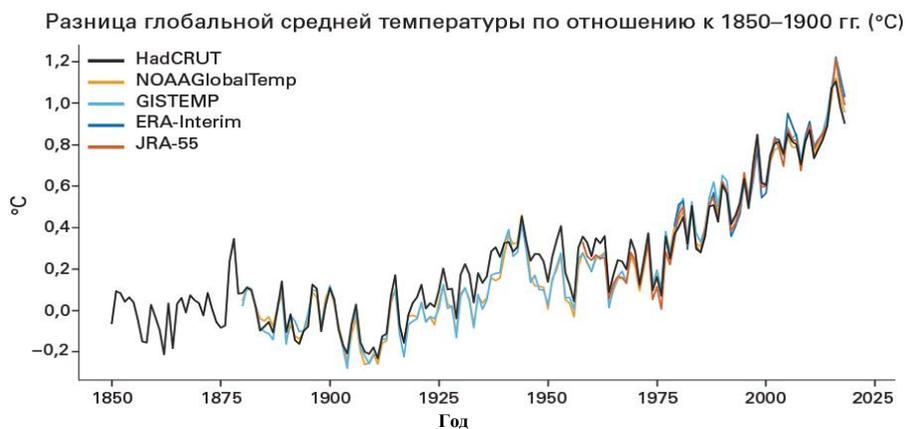


Рис. 1.3. Аномалии (разница) глобальной средней температуры периода 1850–2015 гг. по отношению к 1850–1900 гг. по данным пяти всемирных дата-центров (метеорологическая служба Центра Хэдли и Отдел климатических исследований в Университете Восточной Англии, Национальное управление океанических и атмосферных исследований (NOAA), Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA), Служба по изменению климата Европейского центра среднесрочных прогнозов погоды – ERA-Interim и JMA-JRA-55) [99]

Особенно заметно, что с 1980-х гг. (см. рис. 1.2, 1.3) каждое последующее десятилетие было более тёплым, чем предыдущее, т.е. темпы

глобального потепления ускорились, превысив $0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ за десятилетие [57]. В специальном докладе МГЭИК отмечается, что особенно заметное повышение средней глобальной температуры произошло в период 2006–2015 гг. (рис. 1.3), когда оно составило $0,86\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше доиндустриальной базовой линии. Но для 2018 г. глобальная средняя температура оценивалась следующим образом: её значение на $0,99 \pm 0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше доиндустриальной базовой линии (1850–1900 гг.) [99] и на $0,3\text{--}0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше средней температуры периода 1981–2010 гг. [359]. На этом рекорды потепления не прекратились, и общая тенденция к повышению глобальной приземной температуры воздуха усиливается. Согласно докладу ВМО «Глобальный климат 2015–2019», глобальная средняя температура уже выросла на $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с доиндустриальной эпохой и на $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 2011–2015 гг. [129, 363]. Сейчас ВМО признаёт, что с высокой точностью оправдался количественный прогноз повышения средней глобальной температуры воздуха на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ к концу XX в., обусловленного ростом концентрации парниковых газов в атмосфере, сделанный М.И. Будыко еще в 1972 г. [178].

По данным американского Национального управления океанических и атмосферных исследований, ведущего наблюдения за погодой с 1840 г., 18 самых тёплых лет из 19, зафиксированных с тех пор, пришлись на период с 2001 г. При этом прошедшее десятилетие (2010–2019 гг.) признано самым тёплым за всю историю метеонаблюдений [1, 99, 363, 365]. Напомним, что повышение температуры на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ считается порогом для опасного изменения климата. Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата ставит целью удержать рост глобальной средней температуры намного ниже $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с доиндустриальной эпохой и призывает приложить все усилия для ограничения роста температуры величиной $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, чтобы предотвратить необратимые последствия для человечества [208]. По прогнозам экспертов, в 2016–2035 гг. средняя температура на планете может вырасти еще на $0,3\text{--}0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ [31, 105].

В последние десятилетия постоянно увеличивается доля площади, занятой положительной аномалией средней годовой температуры воздуха (рис. 1.4).

Следует отметить, что средняя температура при глобальном потеплении изменяется неравномерно, отличаясь пространственно-временной скоростью изменения: между сушей и океаном, Северным и Южным полушариями Земли, основными широтными зонами (экваториально-тропическими, умеренными и полярными широтами) планеты; географическими регионами и странами; городской и сельской местностью [98, 246].

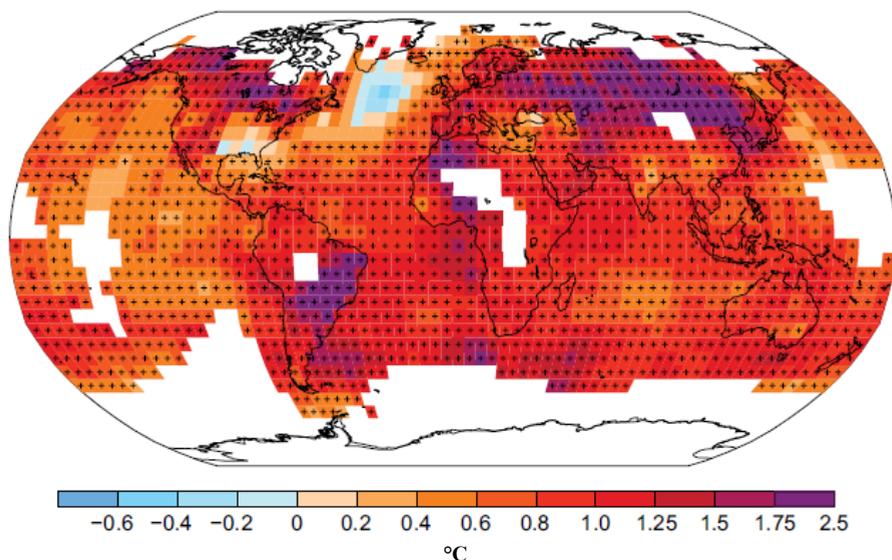


Рис. 1.4. Наблюдаемые изменения температуры поверхности Земли за 1901–2012 гг. по сравнению с уровнем 1951–1980 гг., °С [98].

Цвета «жёлтый», «оранжевый», «красный» – увеличение положительных аномалий температуры; «голубой», «синий», «тёмно-синий» – усиление отрицательных аномалий; «белый» – отсутствие аномалий

Так, установлено, что над сушей глобальная температура повысилась заметнее, чем над поверхностью моря (SST), так как глобальное SST с 2000 г. росло со средней скоростью всего $0,17\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет [204]. Также выявлено, что с 1850–1900 по 2006–2015 гг. глобальная приземная средняя температура поверхности суши увеличилась на большую величину – на $1,53\text{ }^{\circ}\text{C}$, чем поверхности суши и океана – на $0,87\text{ }^{\circ}\text{C}$ [365], но и над ним тенденция восходящая (рис. 1.5).

Сравнение температурных отклонений для Северного и Южного полушарий и для планеты в целом, сделанные разными научными организациями, убедительно свидетельствует о более быстрых темпах потепления над сушей Северного полушария [214]. Они почти в два раза выше, чем в Южном полушарии и глобальном масштабе в целом. Ещё в начале XXI в. в Северном полушарии положительная аномалия распространилась на 88% его площади [212]. Последние три десятилетия (с 1983 по 2015 г.) для этого полушария были самыми теплыми за 1 400 лет, а период 2011–2015 гг. – самым жарким за всю историю наблюдений [31, 273], превысив на $0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$ среднее значение за 1961–1990 гг.

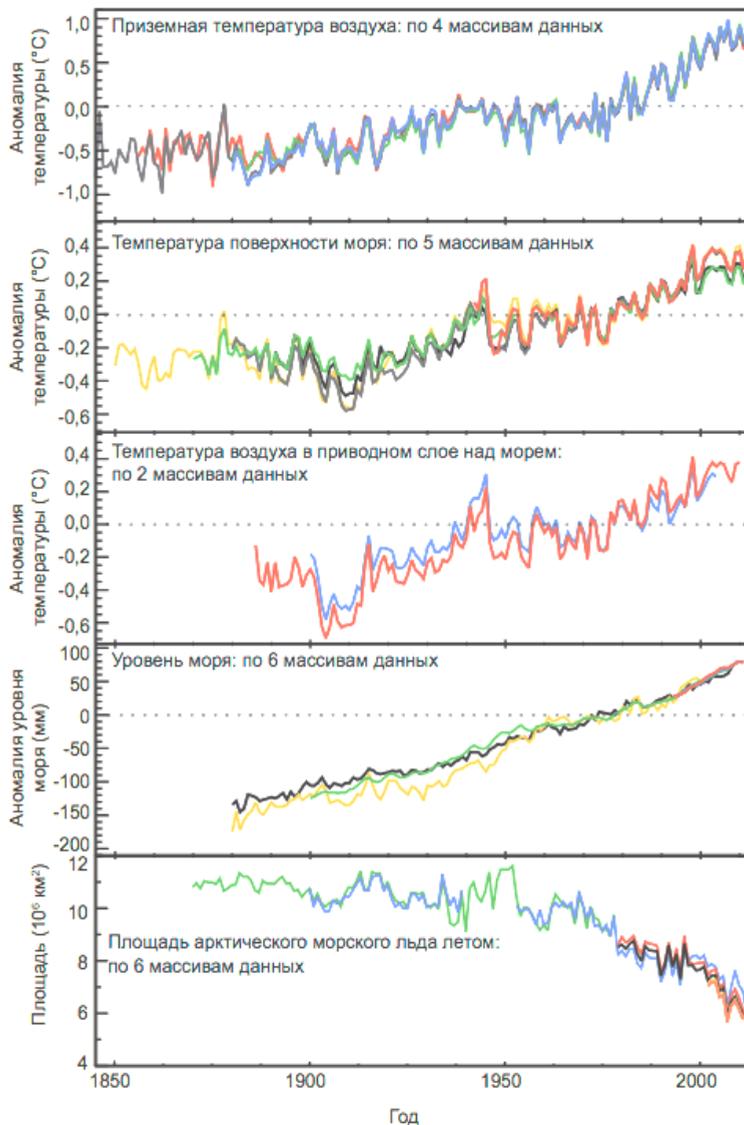


Рис. 1.5. Совокупность климатических изменений на Земле за последние 170 лет [246]

Отличия в потеплении климата имеются и между широтными зонами. Установлено, что с 1975 г. температура умеренных широт Северного полушария повысилась на 0,75 °С, что почти в три раза меньше, чем в приполярной зоне (на 2,38 °С). Наименьшие изменения средней годовой приземной температуры воздуха наблюдаются в тропиках, где её рост составил 0,54 °С [214].

Температурные отклонения прослеживаются на всех континентах и частях света, отличаясь скоростью изменений. Самые высокие аномалии средних континентальных температур за последние 100 лет наблюдаются в Евразии [115] и Антарктиде. В частности, на самом холодном материке средние годовые температуры повысились с 1950 по 2010 г. на 3 °С – это в три раза больше, чем в среднем на планете [10].

Глобальное изменение климата проявляется не только в изменении температуры воздуха и воды. Оно означает также изменение общей циркуляции атмосферы, размера и характера естественных вариаций климата и локальной погоды. Так, даже при небольшом росте средней температуры, резко увеличивается число особо жарких дней [171]. Частота, интенсивность и продолжительность событий, связанных с жарой, включая волны тепла (жары), увеличились в большинстве географических регионов мира, особенно в летний сезон [354]. Под волнами жары понимают периоды времени продолжительностью более пяти дней подряд, на протяжении которых средняя суточная температура как минимум на 5 °С выше нормы для этих дней года базового периода [129]. По мнению исследователей NASA, средняя температура лета, которая в период с 1951 по 1980 г. позволяла считать лето «холодным», сейчас встречается лишь в 10% случаев, а «жарким» – в 75%. Наиболее важной тенденцией изменения считают появление новой категории летних периодов – «экстремально жарких», которые практически не фиксировались в период с 1951 по 1980 г., а в последние несколько лет эти экстремальные аномалии охватывают порядка 10% площади суши [354]. Эксперты ВМО официально подтвердили и новые температурные рекорды максимальных температур воздуха на планете: температура в Кувейте 20 июня 2016 г. достигла отметки в +53,9 °С, а в Пакистане 28 мая 2017 г. – отметки +53,7 °С [338].

Волны жары, зафиксированные в 2015–2019 гг. [2, 8, 269], привели к новым температурным национальным рекордам во все странах материковой Европы (во Франции – 46,0 °С, Германии – 42,6 °С, Нидерландах – 40,7 °С, Бельгии – 41,8 °С, Соединенном Королевстве – 38,7 °С, Финляндии – 33,2 °С и др. [1]) и в высоких широтах. Так, ночь на 25 февраля 2018 г. выдалась аномально тёплой для Гренландии, так как температура воздуха на мысе Морриса-Джесупа, самой северной точке страны, достигла +6,2 °С, превысив норму на 15 °С [299]. А в столице Аляски (США) 4 июля 2019 г. впервые в истории температура достигла +32 °С, т.е. в городе, который находится в 595 км к северу от Полярного круга, был жарче, чем в тот же день в Нью-Йорке (+29 °С) [345].

Волны жары, как и общее повышение приземной температуры воздуха, способствуют увеличению частоты и интенсивности засух, как в традиционно засушливых регионах (Средиземноморье, Западная Азия, многие районы Южной Америки, значительная часть Африки и Северо-Восточной Азии), так и в регионах умеренного морского климата. Например, лето 2018 г. признано в Нидерландах и Ирландии одним из самых засушливых со времени начала метеонаблюдений, соответственно, с 1906 и 1962 г. [232].

Рост температуры наблюдается во все сезоны года, отличаясь темпами изменения. Так, для зимних и весенних месяцев в Северной Америке, Западной Европе, Восточной Сибири в среднем за последние 30 лет потепление составляет более 1 °С за десятилетие [288]. В Антарктиде, по данным со всех 30 станций материка, в период с 1948 по 2011 г. установлен факт увеличения продолжительности летнего сезона, а на одной из них период с температурами выше нуля увеличился почти в два раза [10].

Повышение температуры вызывает более интенсивное испарение влаги с поверхности Земли. Данные наблюдений за атмосферными осадками также свидетельствуют об их увеличении в XX столетии на 0,5–1% за десятилетие в большинстве районов высоких и средних широт Северного полушария. При этом во второй половине столетия на 5–10% возросла повторяемость и интенсивность сильных осадков. Глобальное количество осадков на поверхности суши, усредненное за период 2001–2010 гг., превысило средний показатель периода 1961–1990 гг. Самое большое число национальных рекордных значений экстремальных суточных осадков пришлось, согласно данным исследования ВМО, на период с 1991 по 2010 г. [99].

По расчётам экспертов, наблюдающаяся неустойчивость климатической системы создаёт серьезные погодные риски: повышение среднемировой температуры на 0,85 °С становится в 75% случаев причиной аномальной жары и в 18% случаев – сверхобильных осадков; а при повышении глобальной температуры на 2 °С – причиной уже четырех из 10 ливневых штормов [351]. В условиях изменения глобального климата последних десятилетий отмечается увеличение количества случаев с экстремальными погодными явлениями (рис. 1.6), которые создают предпосылки для возникновения чрезвычайных ситуаций.

По данным Международных организаций (UNISDR – Бюро ООН по снижению риска стихийных бедствий и CRED – бельгийский Центр исследования эпидемиологии катастроф), общее число стихийных бедствий в период с 1996 по 2015 г. в мире составило 7 056. При этом число бедствий,

связанных с погодой и климатом (наводнениями, бурями, волнами тепла) за указанное время увеличилось более чем в два раза – с 3 017 до 6 392 [188]. К тому же в последние два десятилетия они были более интенсивными и разрушительными, чем когда-либо за время наблюдений [1]. Как правило, наибольшим экономическим ущербом от опасных погодных явлений отличаются развитые страны, а по количеству пострадавших и погибших – развивающиеся, особенно страны Азии [25, 168, 200, 245].



Рис. 1.6. Количество природных катастроф в мире, сгруппированные по типу причин [283]

В последние десятилетия глобальное изменение климата привело к повсеместному сокращению криосферы – сокращается масса, количество и объём покровных и горных ледников (см. рис. 1.5), площадь и толщина арктического морского льда, повышается температура многолетнемёрзлых грунтов и др.

Весьма наглядным примером последствия от глобального потепления является уменьшение площади снежного покрова. За время проведения регулярных спутниковых наблюдений (с 1967 по 2018 г.) она сократилась в Северном полушарии на 2,5 млн км², т.е. на 13,4 ± 5,4% [360], особенно заметно – в Евразии, в то время как в Северной Америке она даже немного увеличилась [101, 158, 275].

Впечатляют также масштабы сокращения площади ледников, занимающих 10% поверхности Земли [355]. Установлено, что ледники устойчиво теряют массу уже 30-й год подряд [232] с ростом скорости таяния. Так, потеря массы антарктического ледяного щита за период 2007–2016 гг. утроилась по сравнению с 1997–2006 гг., гренландского – удвои-

лась [355]. Ледники Гренландии являются не только быстро тающими, но и самыми «скоростными». Они движутся к побережью со скоростью 1100–1700 м в год, в то время как гималайские ледники – 700–1 300 м, альпийские – 80–150 м в год [245].

Вся Арктика с начала спутниковых наблюдений (с 1979 г.) уже потеряла 2/3 ледового покрова, причём особенно активно после 1990 г. Если в 1990 г. он занимал 13,5 млн км², то в 2016 г. уменьшился до 4,14 млн км² [245]. Северный Ледовитый океан пока по-прежнему замерзает, но лёд, как правило, моложе и тоньше, он более солёный и потому тает и ломается быстрее [158, 355]. В период с 1979 и по 2018 г. доля многолетнего льда в возрасте не менее пяти лет сократилась примерно на 90% (рис. 1.7).

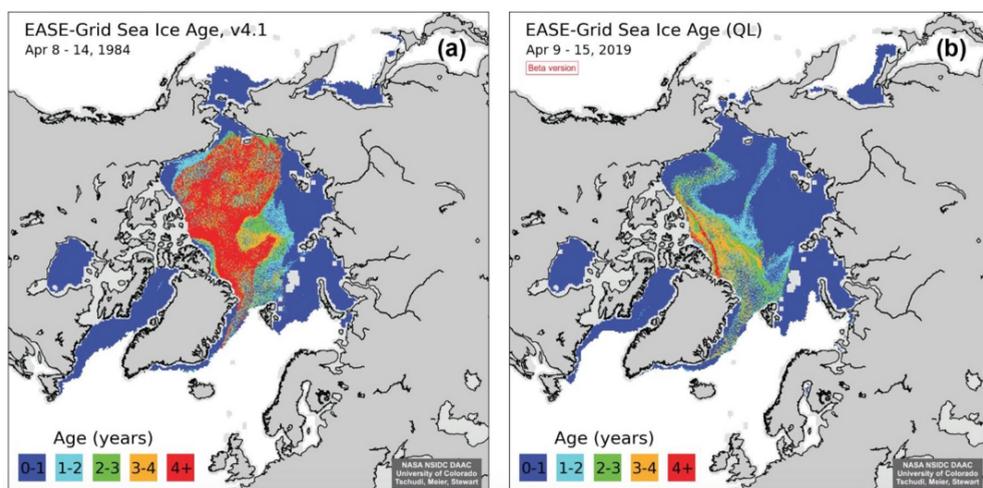


Рис. 1.7. Возраст арктического льда. Сравнение 1984 г. (a) и 2019 г. (b) [158]

Потеря льда в разных районах Арктики идёт различными темпами [288, 299]. У берегов России он тает активнее и быстрее, чем в районе Аляски и Канадского Арктического архипелага [12]. При этом с 2000-х гг. в Евразийской Арктике ледяной покров сокращается даже зимой, а в американской – только летом [354].

Таяние льдов и ледников сказывается на повышении уровня Мирового океана (см. рис. 1.5). Если в период с 1997 по 2006 г. средний глобальный уровень моря поднимался на 3,04 мм, то в период с 2014 по 2019 г. – уже на 5 мм в год [99, 355].

Ключевым индикатором изменения климата является и таяние вечной мерзлоты как важной части криосферы, особенно там, где она не

сплошная, а в виде отдельных «линз». Измерения температуры вечной мерзлоты в 575 точках Северного полушария в период Международного полярного года в 2007–2009 гг. зафиксировали её рост на 2 °С, что оказалось выше, чем 20–30 лет назад [360]. Последствия таяния вечной мерзлоты чреваты высвобождением органического углерода, которого в ней содержится почти вдвое больше, чем в атмосфере [355].

Таким образом, высокая скорость наблюдаемых изменений климата в три последних десятилетия вызывает особую озабоченность научного сообщества и всего человечества. Для многих стран (прежде всего, островных, приморских, горных и расположенных в аридных районах и высоких широтах) игнорирование проблемы изменения климата и бездействие по этому поводу уже сейчас представляют серьёзную опасность, последствия которой может привести к дестабилизации устойчивого экономического развития, нарушению социальных процессов и многому другому, влияющему на их внутреннюю и внешнюю политику.

Угроза глобального изменения климата состоит не только в повышении температуры, но и, как результат, в «разбалансировке» и перестройке геосистем на территории всех без исключения регионов и стран мира. При этом как эмпирические, так и модельные данные свидетельствуют о пространственно-временной неоднородности изменений основных климатических показателей на планете, что вызывает необходимость глубоких и комплексных национальных и региональных исследований происходящих процессов на фоне глобальных климатических перемен [9, 91, 157, 212, 344].

§§ 1.1.2. Изменения климата России

Важнейшей чертой Российской Федерации является то, что на её территории повышение температуры происходит более интенсивно, чем в пределах суши в целом и Северного полушария в частности (рис. 1.8). За последние 100 лет (1907–2006 гг.) потепление в России составило +1,29 °С, а в период с 1976–2006 гг. оно возросло до +1,33 °С [78].

Скорость потепления по территории России ещё увеличивается: в период 1936–2016 гг. тренд средней годовой температуры составил +0,45 °С/10 лет, а в период 1976–2018 гг. – уже +0,47 °С/10 лет. В то время как мировая температура за это же время изменилась только на 0,17–0,18 °С, т.е. скорость роста температуры в среднем по России примерно в 2,5 раза превосходит глобальную среднюю температуру воздуха и в 1,5 – среднюю температуру суши Северного полушария (рис. 1.8) [78, 81, 103, 135, 213, 260].

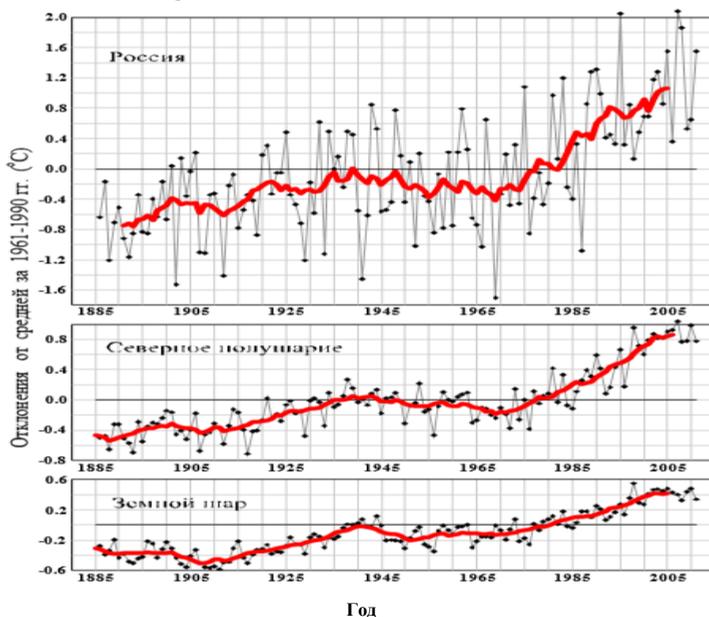


Рис. 1.8. Изменения среднегодовой аномалии температуры у поверхности, осреднённой по Земному шару, над континентами Северного полушария и по территории России, 1886–2011 гг. [64].
Красные линии – значения сглаженных рядов

Региональные различия темпов потепления в пределах страны значительны: от $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет на севере европейской части России до $1,4\text{--}1,6\text{ }^{\circ}\text{C}/100$ лет на юге Урала, Сибири и Дальнего Востока [78, 212]. Более интенсивное потепление в течение последних 30 лет (1984–2013 гг.) отмечается к востоку от Урала и в зоне Севера, причём в Западно-Сибирском и Восточно-Сибирском регионах оно усилилось в последние 10 лет [217, 260]. В целом для Северной полярной области линейный тренд среднегодовой температуры за этот период составил $0,57\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет при заметных пространственных различиях, так в Арктике его значение равно $0,75\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет, на Таймыре – на $1,2\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет [74, 120]. Размах аномалий среднегодовых температур России достигает $3\text{--}4\text{ }^{\circ}\text{C}$, в то время как в среднем в мире и Северном полушарии он находится в пределах $1\text{--}1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [64].

Сезонные изменения приповерхностной температуры воздуха являются важной составляющей изменчивости климатической условий. Так, зимой зона, где происходит рост числа дней с положительными аномалиями температуры воздуха для этого сезона, значительно увеличилась и охватывает большую часть Западной и Восточной Сибири, северо-востока европейской территории России. Зимы становятся короче и мягче (см. рис. 1.9).

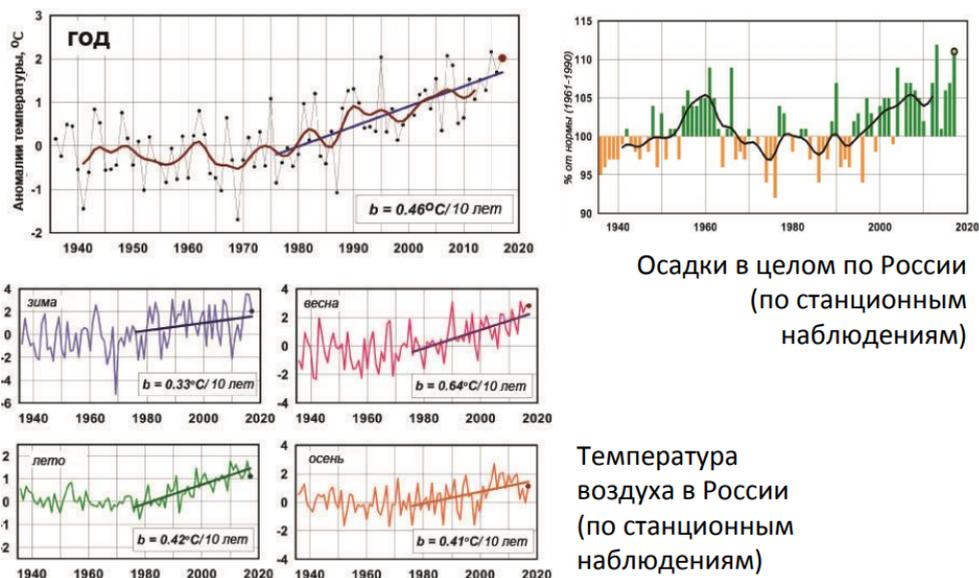


Рис. 1.9. Изменение температуры и осадков России [324] по данным [260]. Средние годовые (вверху) и сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°С), осредненные по территории РФ, 1936–2016 гг. Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Показаны также 11-летнее скользящее среднее, линейный тренд за 1976–2017 гг. с 95%-й доверительной полосой; b – коэффициент тренда (°С/10 лет)

Такие изменения не могут не вызывать серьезной озабоченности, так как в северных регионах страны потепление меняет привычный уклад жизни населения и функционирование экономики. Примером служат «зимники» – автодороги, являющиеся единственной наземной коммуникацией между населёнными пунктами Крайнего Севера России. За последние годы срок эксплуатации этих трасс сократился почти на месяц. Так, дорога Усинск – Ухта в Республике Коми раньше использовалась до апреля. Сейчас по зимнику перестают ездить грузовые автомобили в конце февраля, а легковые – в начале марта [135]. Как видно из рис. 1.9, сезонные аномалии температуры показывают более высокие темпы в переходные сезоны года.

Катастрофичнее и ощутимее в России и ситуация с криосферой. Потепление в северных регионах приводит, как было показано выше, к таянию вечной мерзлоты, занимающей более 60% территории страны. Повышение температуры воздуха в районах её залегания увеличивает глубину оттаивания грунта в летний период, а зимой уменьшает глубину его промерзания. Вследствие этого растет толщина активного слоя почвы.

Колебания толщины активного слоя почвы в бассейнах Оби, Енисея и Лены в XX столетии показывают положительный тренд [74].

Соответственно, с изменением границ зоны вечной мерзлоты возрастают риски чрезвычайных ситуаций. Только за 1990-е гг. число зданий, получивших повреждения из-за неравномерной просадки фундаментов в зоне вечной мерзлоты, увеличилось на 42% в Норильске, на 61% в Якутске и на 90% в Амдерме. Подверглись деформации почти около 40% зданий и сооружений в Воркуте, 60% – в Игарке, Диксоне, Вилюйске и 100% – в национальных поселках полуострова Таймыр [104, 217]. Об интенсивности потепления говорят и такие факты: 2016 г. стал самым теплым в Арктике с 1936 г., особенно на Ямале, где летом температура воздуха поднималась до +35 °С. Деградация многолетнемерзлых пород сопровождается высвобождением метана – парникового газа, который воздействует на процессы глобального потепления в 10 раз сильнее, чем CO₂. Результаты исследований на о. Белом показали, что летом 2016 г. эмиссия метана превысила норму в 100 раз, т.е. при повторении подобной обстановки Сибирь может «взорваться» из-за изменения климата [266].

Глобальное потепление стало проявляться в широком круге природных процессов, в частности в сроках образования и разрушения ледяного покрова на реках, т.е. на большинстве рек России отмечается статистически значимое смягчение ледового режима, так как сроки появления льда становятся более поздними, а сроки вскрытия – более ранними [144]. Общий объем осадков несколько возрастает. Водность рек на территории России, зависящая от ледникового питания, также подвержена изменениям [49]. В целом их гидрологический режим становится хуже и менее прогнозируемым. Увеличивается частота и наводнений, и засух (2003, 2010, 2012, 2019 гг.) [81, 217]. Засухи зафиксированы на 30% территории страны, в том числе даже в Западной Сибири, где их повторяемость уже составляет 13% [149].

В целом установлено, что в России, как и в мире, количество опасных метеорологических явлений (ОЯ) увеличивается в среднем на 6,3–7% в год [78, 89, 120, 240]. Наибольшее число ОЯ в последние 15 лет наблюдается в Сибирском федеральном округе, где только в 2018 г. было зафиксировано 359 опасных гидрометеорологических явлений, из которых 240 – метеорологические. Томская область переместилась по этим показателям на 3-е место после Алтайского и Красноярского краев [193]. Анализ данных показал, что на юге Томской области за последние 30–35 лет количество случаев бурных ветров (≥ 15 м/с) выросло примерно на 30%. Над территорией Томской области формируется очаг интенсивной ливневой деятельности, где в среднем за лето в виде ливней (10 мм/сут и более)

выпадает 46–51% осадков. Самым сложным периодом в течение года остается вегетационный период, на который приходится около 70–85% опасных явлений [89, 193, 219]. Мониторинг этих явлений приобретает немаловажное значение в условиях наблюдающегося изменения климата.

Таким образом, каждый очередной календарный год корректирует количественные значения процесса изменения климата. Данные наблюдений и модельных расчетов показывают, что климат территории России более чувствителен к глобальному изменению, чем многих других регионов земного шара. Для нашей страны с учётом её географического положения, размеров, разнообразия климатических и природных условий, демографической и этнической специфики, экономических и геополитических особенностей глобальное потепление создаёт сложную ситуацию, которой пренебречь не удастся. Прогнозы на XXI в. для большей части территории России тревожны, так как РФ «будет находиться в области более значительного потепления по сравнению с глобальным. При этом степень изменения и характер его будет существенно зависеть от времени года и региона, особенно это коснется Сибири и субарктических регионов» [125].

Географическое положение Томска в Западной Сибири и связанные с этим природные особенности, влияющие на расселение и хозяйственную деятельность населения, требуют мониторинга и изучения сезонных реакций геосистем города Томска на глобальные изменения климата.

§ 1.2. География Томска

§§ 1.2.1. Географическое положение и история освоения территории

Город Томск, имея географические координаты 56°50' с. ш. и 84°97' в. д. [295], расположен в юго-восточной части Томской области и Западно-Сибирской равнины. На севере Томск граничит с городским округом «ЗАТО Северск», с других сторон окружён территорией Томского района области.

Томск является одним из старейших городов Сибири. Первые казаки появились на берегу Томи 7 июня 1604 г., а через четыре месяца (7 октября) они основали город. Крепость-острог Томск была поставлена на южном мысу Воскресенской горы, возвышающейся над правым берегом Томи, в 60 км от её впадения в р. Обь и недалеко от устья таёжной речки Ушайки.

Место было выгодное с оборонительной точки зрения, так как труднодоступное: мыс с трёх сторон обрывист, а с юга к нему подступала болотистая пойма реки. К тому же в те времена Воскресенская гора была окружена густым лесом, который использовался ещё и как строительный материал. Первоначально площадь укрепления составляла 0,045 км² [207]. К 1980-м гг. площадь города составила уже 163 км², а в настоящее время – 295,1 км² [139, 184], т.е. за 415-летнюю историю она увеличилась в 6,6 раза.

Заселение, рост площади и развитие города происходило в несколько исторических этапов.

В доколониционный этап территория была издавна освоена, о чём свидетельствуют археологические объекты: палеолитические стоянки в южной части города Томска, имеющие возраст 18–20 тыс. лет; древние поселения, селища и могильники эпохи неолита в районе пос. Басандайка (возрастом 7 тыс. лет); городища и могильники эпохи бронзы (возрастом 3,5 тыс. лет) и железа (7 в. до н. э.) в районе устья и на правом берегу Малой Киргизки, в с. Тимирязевское, Эуште, центре города; курганы, кладбища и городища средних веков новой эры (V–XIV вв.) повсеместно [191]. Кроме того, к этому этапу следует отнести заселение территории сибирскими татарами и освоение русскими землепроходцами левобережья Томи непосредственно перед началом русской колонизации края (с середины XVI в. до заложения города в 1604 г.) – Тоянов городок и летнее становище Тояна (в настоящее время Дачный городок и с. Тимирязевское, вошедшие в состав Кировского района г. Томска).

Этап основания и строительства нового форпоста Русского государства (XVII в.) ведёт отчёт с 1601 г., когда в устье Ушайки было заложено первое томское укрепленное «зимовье». На этом этапе сформировалось его планировочное ядро. Спустя три года на правом берегу Томи был основан город Томск, став 14-м городом-крепостью в Сибири [43]. Немного позже, в 1609 г., вокруг посада был поставлен «нижний острог» на «Песках» (рис. 1.10), и город расширился (в XVII в. «городом» называли, прежде всего, самую укрепленную часть крепости с двойным рядом стен, а другая часть крепости называлась «острог») [141].

Московское правительство принимало меры к заселению новых земель, поэтому сюда направлялись крестьяне для развития земледелия, и в 1606 г. была образована «государева пашня». Увеличился и поток вольных переселенцев – так под Томском с 1608 г. стали появляться заимки, основанные раскольниками, беглыми и ссыльными [323]. В 1629 г. Томск стал центром разряда (области), что привело к увеличению числа горожан и росту городского строительства [294].

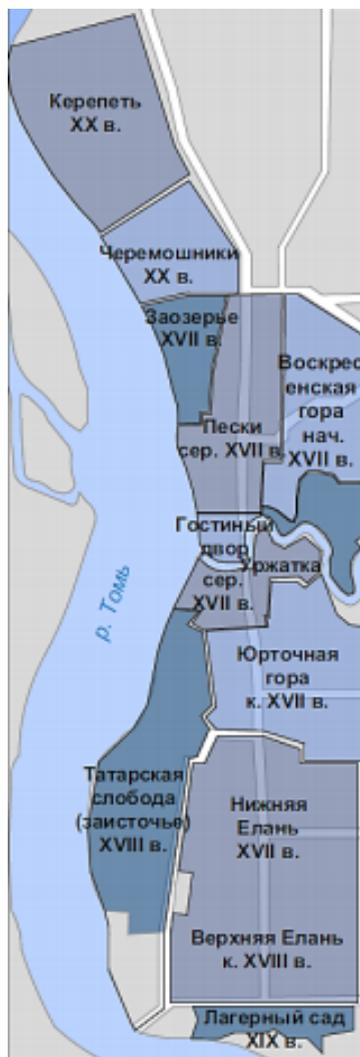


Рис. 1.10. Пространственный рост территории Томска в XVII–XIX вв. [334]

Дальнейшее развитие города шло под горой, по обеим сторонам Ушайки. В территорию города в этот период вошли слободские посады – Заозерье и Заисток (см. рис. 1.10). Верное слободское окружение, разрастаясь в восточном, юго-восточном и юго-западном направлениях, продолжило формироваться вокруг центрального ядра города на следующем этапе.

На этапе *торгово-инфраструктурного* развития территории (XVIII в.) темпы пространственного роста города снизились. Это было вызвано двумя причинами: утратой Томском своей оборонительной

функции из-за переноса государственной границы в Сибири дальше на юг, а также ухудшением его административного статуса (из центрального города Томского разряда он стал центром Томского уезда в составе Сибирской губернии в 1708–1779 гг.). Если бы не организация Московско-Сибирского тракта в 1735 г. [26], прошедшего через Томск и обеспечившего круглогодичное сухопутное сообщение сибирских городов с центральной частью России, то город не стал бы важным торговым центром Сибири. Его купцы вели торговлю с другими сибирскими городами, с европейской частью России, а также с Китаем и Средней Азией. На левом берегу Томи, напротив устья Ушайки, располагался созданный ещё в 1609 г. для торговли с кочевниками и инородцами старинный «Калмыцкий торг», или «Колмацкий торг» [323], ставший одним из крупнейших центров торговли и обмена севера и юга Азии. Ежегодно сюда стекалось огромное количество мехов с азиатского севера, а с юга (Монголии, Китая, Бухары, Ирана) приходили груженные товарами караваны верблюдов. От Томска начинался «меховой путь» к Великому шёлковому пути, по которому сибирские меха «растекались» от Рима до Пекина.

Число жителей в Томске росло, активно велось строительство, расширялись границы городской застройки, осваивались новые территории. К 1773 г. административно-торговый центр города сформировался на Базарной площади (в настоящее время – пл. Ленина), исторически сложившейся при слиянии рек Томь и Ушайка.

Губернский этап (с 1804 г. – весь XIX в.) ознаменован образованием Томской губернии и превращением Томска в административный центр огромного Сибирского региона и частично Казахстана. Необходимость размещения комплекса новых крупномасштабных зданий с функцией губернской администрации привела к переносу центра города в южную часть Томска, где роль новой главной площади столицы губернии стала выполнять Благовещенская, или Старособорная, площадь. Было решено провести функциональное зонирование городского пространства, т.е. территориально разделить торговые и административные площади, места для строительства промышленных заведений и жилых кварталов, предусмотрели системы благоустройства и озеленения, включая места городских парков и скверов, устройство набережных рек и проток. С открытием в 1888 г. Императорского Томского университета, повлиявшим на обустройство городского пространства, город стал первым научно-образовательным центром азиатской части России. Близость города с его обширным рынком способствовала развитию огородничества и ремесел (шорного, столярного и т.д.). Томские купцы на своих заимках открывали заводы. Многие пригородные

местечки и деревни приобрели славу дачных мест – Заварзино, Городок, Басандайка, Каштак, Петухово (прил. 3) [297].

Этап пульсирующего развития территории (1896–2000 гг.) охватил XX в., на протяжении которого происходило чередование периодов активного роста территории с периодами стагнации. Прокладка в 1898 г. ветки на Томск от Транссибирской железнодорожной магистрали придала ускорение промышленному развитию города. Для железнодорожной станции Томск (современная станция Томск-II) было выбрано место с северо-восточной стороны города, на территории между Каштачным логом и Иркутским трактом, на въезде в Томск со стороны Иркутска. Здесь были разбиты и жилые кварталы по обе стороны от дороги, соединяющей вокзал с трактом. В конце XIX – начале XX в. в результате строительства транспортного узла северо-восточное направление Томска получило градостроительный импульс не только в связи с динамично развивающимся районом железнодорожников, но и размещением здесь комплекса солдатских казарм и второго кирпичного завода [95]. Расширились торговые связи города, росло его население за счёт переселенческого движения и увеличивалась площадь. В результате в начале XX в. граница города расширилась до размеров территории его современной центральной части, включая район Черемошников (прил. 3).

В 1940-е гг. новый импульс для развития связан с двумя обстоятельствами. Во-первых, в годы Великой Отечественной войны в Томск эвакуируется около 30 заводов из европейской части страны, которые заложили мощный фундамент для промышленного развития в послевоенные годы. Во-вторых, в 1944 г. Томская область была выделена из Новосибирской области в самостоятельную территориальную единицу, и Томск становится областным центром. В 1960–1980-е гг. рост науки, культуры, промышленности дал толчок к развитию новых промышленных и жилых районов в северной, северо-восточной (появились новые районы на Каштаке, Иркутском тракте, создан так называемый Северный промышленный узел – Томский нефтехимический комбинат (ТНХК) и теплоэлектростанция) и восточных (Академгородок) частях города.

Этап территориального и функционального преобразования (с начала 2000-х гг. – по настоящее время) связан с радикальными переменами в политической и экономической жизни страны и региона, которые потребовали новой концепции территориального развития и новых пространств для размещения объектов производственной и социальной инфраструктуры. Частью этой концепции стало административно-территориальное преобразование, в результате которого г. Томск, являясь муниципальным образованием, получил в 2004 г. статус городского округа [94, 301]. В состав муниципального

образования городской округ «Город Томск» (далее – город Томск) в настоящее время входят следующие населённые пункты [220]: город Томск, один посёлок (Светлый), два села (Дзержинское и Тимирязевское), три деревни (Киргизка, Лоскутово, Эушта) и один железнодорожный разъезд (Копылово), т.е. город «прирос» левобережьем Томи. Присоединённые населенные пункты стали частями внутригородских территориальных единиц – районов, из которых состоит территория Томска, в основном Кировского и Октябрьского районов (рис. 1.11, прил. 3).



Рис. 1.11. Внутригородские территориальные единицы Томска [301]

Таким образом, со дня создания Томской губернии (26 февраля 1804 г.) Томск стал губернским центром, а с образованием Томской области (26 августа 1944 г.) – областным центром. В настоящее время Томск является административным центром субъекта РФ, городского округа и Томского района [281]. На 1 января 2020 г. численность населения областного центра насчитывала 576 624 человека, а городского округа – 597 819 человек, что составило 55,3% от общей численности населения области [326].

Развитие научно-инновационного и образовательного комплекса на этом этапе стало для Томска градообразующим фактором. В городе функционируют семь вузов, три филиала иногородних образовательных организаций высшего образования, 11 научных организаций, пять бизнес-инкубаторов. По данным на 2019 г., на территории Томска зарегистрировано 21 382 предприятия и организации, в том числе 132 промышленных [194]. В Томске имеются благоприятные «стартовые» условия для развития тех отраслей экономики, которые считаются ведущими в мировой экономике XXI в. – высокотехнологичных и инновационных отраслей промышленности, сферы IT-бизнеса и «научного» сопровождения производственной деятельности. Именно поэтому Томск стал площадкой для создания Особой экономической зоны технико-внедренческого типа (в 2005 г.) и Промышленного парка «Томск» (в 2015 г.) [191, 285]. Томск – ещё и крупный культурный и торговый центр Сибирского федерального округа России. Здесь размещено свыше 3,5 тыс. торговых центров и магазинов, около 386 образовательных организаций основного и дополнительного образования, 65 культурно-досуговых учреждений и 324 спортивных сооружения [194].

Изменение границ города и его функций, рост численности населения способствуют, в свою очередь, ускорению формирования Томской агломерации площадью 10,8 тыс. км² в составе Городского округа Томск, ЗАТО Северск и Томского района с общей численностью населения около 786 тыс. человек [326].

Однако тренды развития современных городов определяются не только исторической судьбой, экономическим профилем или архитектурным обликом, но и способностью получать синергетический эффект от соединения местной специфики с веяниями глобализации. Ориентиры же мирового развития смещаются с целей экономического роста на цели развития человека, для которого город является средой для реализации индивидуальных траекторий [122]. Эти новые ценности, в свою очередь, формируют запрос на новое качество городской среды, развитие и управление которой невозможно без учёта природных особенностей.

§§ 1.2.2. Природные особенности Томска и его окрестностей

Наибольшее воздействие человека на природу наблюдается в городских ландшафтах, которые относятся к классу селитебных [173]. Городские территории наследуют от естественного ландшафта, главным образом, геологическую основу, некоторые черты рельефа и зональные особенности климата.

§§§ 1.2.2.1. Геологические и орографические особенности

Начало геологическому изучению прилегающей территории к г. Томск положено в 1888 г. исследованиями И.Д. Черского, отметившего выходы пород палеозоя [325]. В настоящее время известно, что особенности тектонического строения муниципального образования «Город Томск» обусловлены его положением в зоне сочленения двух крупных структур – Колывань-Томской складчатой зоны, как составной части Алтае-Саянской горной области, и Западно-Сибирской плиты. Граница между ними проводится по долине р. Томь, затем по её правому притоку – р. Большая Киргизка и далее в северо-восточном направлении по её притоку р. Омутная [45].

Западно-Сибирская плита в структурно-тектоническом отношении представляет собой эпигерцинскую плиту со складчатым доюрским фундаментом и мезозойско-кайнозойским чехлом. К северу, северо-западу от Томска фундамент резко погружается, и в Тимирязево он находится уже на глубине 80 м, а на расстоянии 50 км от города – на глубине до 1 200 м.

Колывань-Томская складчатая зона герцинского возраста представлена шельфовыми карбонатно-терригенными прибрежно-морскими и лагунно-континентальными отложениями. В пределах этой зоны в долинах рек имеются многочисленные скальные выходы песчаников и алевролитов позднепалеозойского (каменноугольного) возраста, смятых в складки, разбитых на отдельные блоки разрывными нарушениями и прорванных трещинными телами магматических пород, известных под названием «томские диабазовые дайки». Этот комплекс осадочных и магматических пород сверху перекрыт меловой корой выветривания и чехлом почти горизонтально залегающих рыхлых осадков (песков, глин и суглинков) палеогенового, неогенового и четвертичного возраста (рис. 1.12) толщиной от нескольких метров до 50–60 м [210].

Блоковое строение палеозойского фундамента и разнонаправленное перемещение отдельных блоков по постоянно подновляющимся разломным зонам приводят к тому, что отдельные участки в окрестностях

г. Томска и в настоящее время испытывают медленное опускание (амплитудой от 5 до 8 мм в год), другие – воздымание [134].

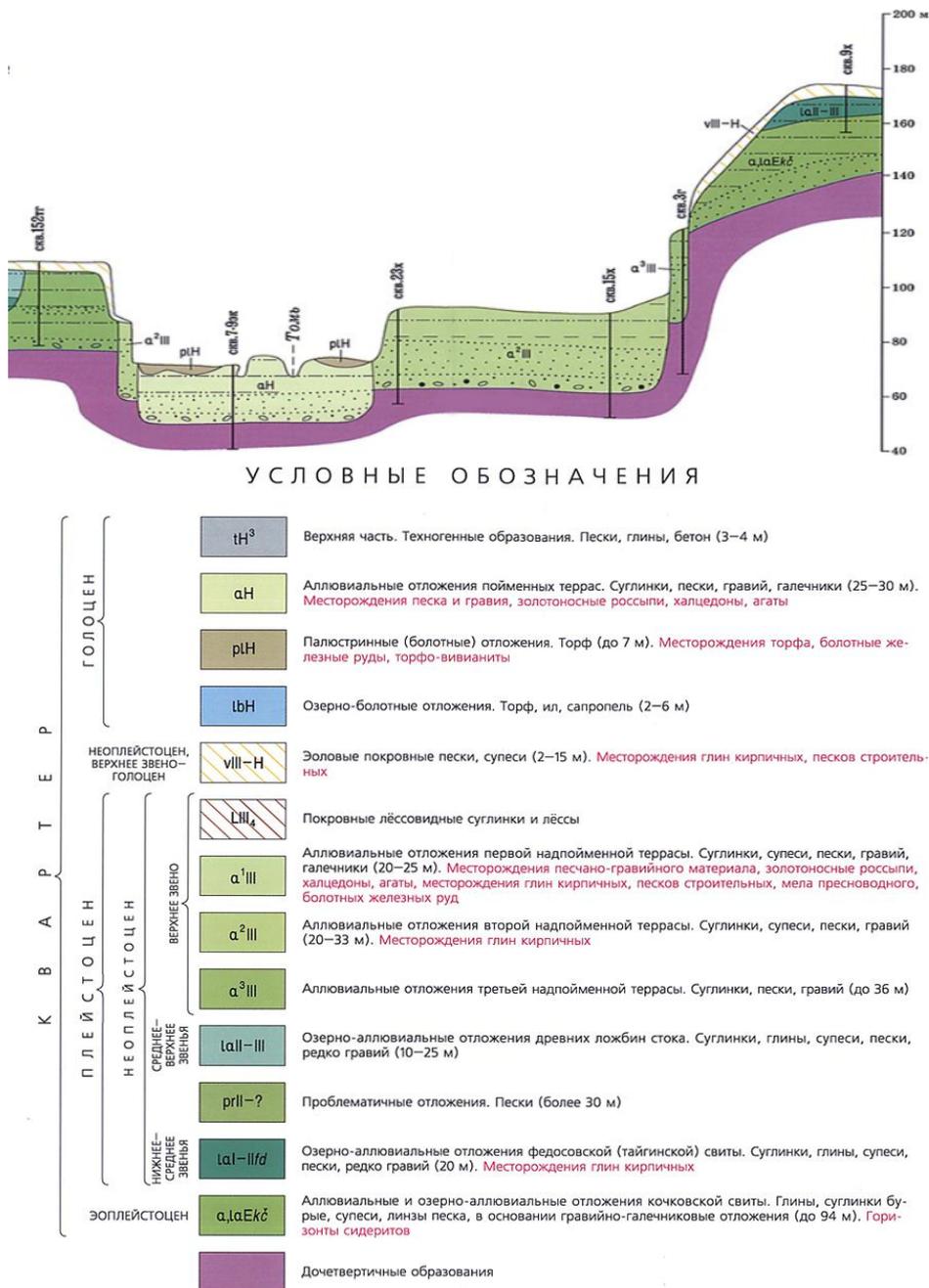


Рис. 1.12. Геологический разрез Томска (запад–восток) [55]

Последнее подтверждается каньонообразным характером долин правых притоков Томи, их крутыми берегами и наличием порогов и перекатов, сложенных кристаллическими породами. В целом амплитуда перемещения отдельных блоков и пластин по разноориентированным разрывным (разломным) нарушениям достигает нескольких километров [45].

Подвижки по этим разломам в земной коре в пределах Колывань-Томской складчатой зоны продолжают. Это создаёт сейсмические колебания, вызванные природными землетрясениями за пределами района исследования. Слабые землетрясения малой амплитуды фиксировались в Томске и его окрестностях начиная с 1734 г. – в 1739, 1822, 1882, 1898, 1903, 1990 (2–4 балла) и 2003 и 2011 (по 2 балла), 2012 (1 балл) годах [145, 210]. В последние 30 лет участились «наведённые» землетрясения, вызванные добычей полезных ископаемых в сибирских субъектах РФ [107].

Геологическая история формирования складчатого фундамента и платформенного чехла Западно-Сибирской плиты «запечатлена» в пределах города в уникальном геологическом памятнике природы «Лагерный сад». Он располагается на правом коренном склоне долины Томи в районе городского парка Лагерный сад и прилегающей части прирусловой береговой отмели на южной окраине г. Томска. Здесь, на площади 0,23 га, представлены результаты процессов, формирование которых началось 360–340 млн л. н.: геологическое обнажение пород фундамента и чехла платформы; маломощные магматические образования (интрузии) в виде даек; слоистая текстура толщи, выраженная чередованием песчано-алевролитовых и глинистых слоев [121].

Места выхода даек основного состава на поверхность встречаются в городской черте ещё в стенках карьеров-каменоломей на «Толстом Мысу» у поселка Степановка по р. Ушайка, а также в нижней части долины р. Басандайка [45].

Учитывая геолого-литологическое строение территории города, полезные ископаемые представлены нерудной группой: месторождениями строительных песков, белой глины (кирпичной и керамической), песчано-гравийной смеси.

Согласно геоморфологическому районированию [56], г. Томск находится на стыке Западно-Сибирской и Южно-Сибирской геоморфологических стран, в пределах Чулымского района денудационно-аккумулятивной наклонной равнины Внешней провинции аккумулятивных и денудационных равнин, примыкающих к горным сооружениям Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау.

Современный рельеф Томска обусловлен геологическим развитием, тектоническим строением и влиянием разнообразных экзогенных рельефообразующих процессов. Основные орографические элементы находятся в тесной зависимости от структурно-тектонического плана плиты, хотя длительное мезозойско-кайнозойское прогибание и накопление мощной толщи рыхлых отложений в значительной мере сnivelировали неровности фундамента. В орографическом отношении территория Томска расположена в пределах южной части Обь-Тымской низменности и западной части Приаргинской пластово-денудационной равнины – морфоструктуры, полого-наклонной к внутренней части Западно-Сибирской равнины.

В целом рельеф города равнинный. Малой амплитудой неотектонических движений обусловлено его низкое гипсометрическое положение: при средней абсолютной высоте над уровнем моря 117 м, высоты в городской черте изменяются от 69,29 м в районе гидропоста на Томи (водозабор) до 196,3 м в междуречье Ушайка–Киргизка и Ушайка–Басандайка [234, 298] (рис. 1.13).

Более низкий гипсометрический уровень характерен для долины Томи и её притоков. В морфологии речных долин различают три элемента: русло, днище, занятое поймой, и склоны, представленные надпойменными речными террасами.

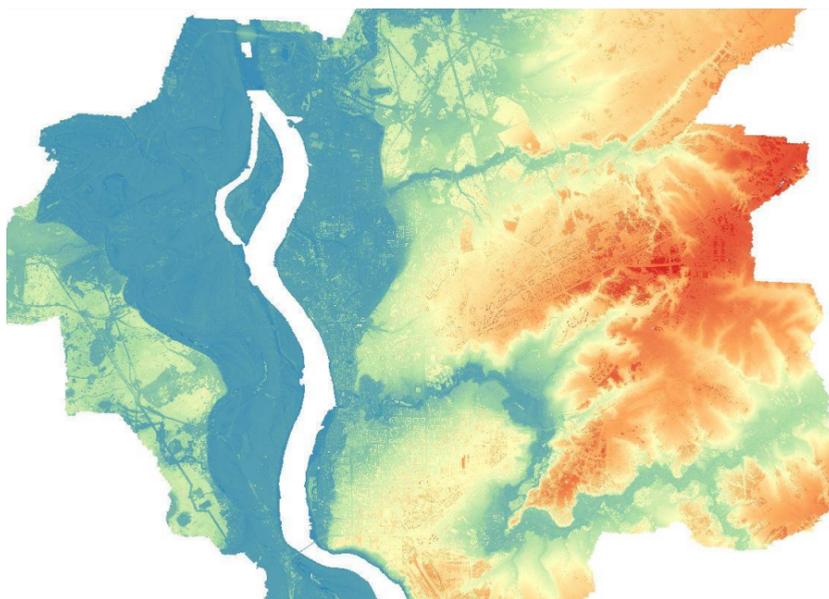


Рис. 1.13. Цифровая матрица высот (ошибка составляет 12–18 м) [267].

Высота, м: – до 74; – 74–105; – 106–137;
 – 138–168; – 169–200

У Томска русло Томи – широкопойменное (от 250 до 650 м), со средними глубинами 2,5 м, на перекатах – 0,4–0,6 м, а в плёсах – до 10 м. Средний уклон русла 0,24‰. Русло делится на рукава и пойменные протоки. Оно сложено песчано-гравийными отложениями (рис. 1.12), которые на островах перекрываются суглинками, супесями, мелкими песками, почвами мощностью 0,2–0,3 м.

Пойма представлена двумя уровнями: низким (рис. 1.13) – с относительными высотами 2–4 м – и развитым вдоль русла Томи, и высоким – с высотой 5–6 и до 9 м, который занимает основную часть площади дна долины на левобережье, а в правобережье города развит вдоль Московского тракта за счёт техногенных отложений, в том числе дамбы.

Долина Томи имеет ширину по дну (на уровне высокой поймы – I надпойменной террасы) 3–5 км, а с учетом II надпойменной террасы, широко развитой на левобережье, – до 12–14 км. В морфологии долины отражается сложный рельеф поверхности фундамента: она характеризуется резкими сужениями и расширениями, имеет чёткую асимметрию – крутой и высокий (140–180 м) правый борт и низкий (110–130 м), относительно пологий левый.

Долина нижней Томи ориентирована в субмеридиональном направлении. Именно в 70 км от устья по долине реки проходит граница между основными тектоническими структурами, являясь одновременно геоморфологическим и ландшафтным рубежом. В геоморфологическом отношении она отделяет Западно-Сибирскую равнину от Кузнецкого Алатау, в ландшафтном отношении – две физико-географические страны: Западно-Сибирскую равнину и горы Южной Сибири. Южнее этой линии скальные породы палеозойского фундамента Западно-Сибирской плиты выходят на поверхность: вскрываются в русле реки в виде порогов (так называемых бойцов), слагают цоколи правобережных террас, образуют далеко выступающие в долину с левого берега скалистые мысы.

Склоны долины осложнены серией надпойменных террас, дискуссия о природе и количестве которых не завершена до сих пор – их насчитывали от трёх до девяти, хотя в последнее время склоняются к выделению трёх террас (табл. 1.1).

Левобережье окрестностей Томска (Обь-Томское междуречье) заметно ниже – его абсолютные отметки в черте города не превышают 130 м (см. рис. 1.12). Морфологически на левобережье четко выделяются два типа рельефа: заболоченный плоскоравнинный, местами пологоволнистый, занимающий большую часть площади водораздельных пространств, и эоловый ложбинно-грядовый (и холмисто-западинный) на площадях развития песчаных отложений II надпойменной террасы р. Томь.

Морфология долины р. Томь по: [66, 139, 203, 328]

Элементы долины реки	Ширина, м	Относительная высота над рекой, м	Абсолютная высота над ур. м., м	Районы города, расположенные в пределах элемента
Пойма	до 50	3–4	70	В правобережье – Заозёрье, Заисточье, Пески (см. рис. 1.10); в левобережье – Эушта, Нижний склад
Террасы I типа	до 220	8–12	80–82	В правобережье – Уржатка, Гостиный двор (рис. 1.10); в левобережье – микрорайон Северный парк
Террасы II типа	250–500	20–25	90–95	В правобережье – Юрточная гора–Главпочтамт (рис. 1.10); в левобережье – основная часть с. Тимирязевское и с. Дзержинское
Террасы III типа	45–500	45–50	100–120	В правобережье – Воскресенская гора (рис. 1.10) и Лагерный сад, микрорайоны АРЗ и Сосновый бор

Долины некоторых притоков Томи (Кисловки и Большой Киргизки) образуют четкую параллельную сеть, ориентированную на северо-восток, поскольку наследуют древние ложбины стока. Для рельефа ложбин характерны четко выраженные линейно вытянутые параллельно бортам песчаные гривы, поросшие сосновым бором. Глубина вреза долин – не более 10–20 м, склоны долин очень пологие, явно обозначены только в самой нижней части. Дно долин занято заболоченной или кочкарно-мочажинной молодой низкой поймой [66].

Надпойменные террасы Томи в правобережье поднимаются ступенями к востоку и плавно переходят в поверхность Томь-Яйской междуречной равнины, имеющей в пределах города наиболее высокий гипсометрический уровень (см. рис. 1.13). Она приурочена к краевой части Западно-Сибирской равнины, к Внешнему тектоническому поясу, и представлена западной частью Приаргинской наклонной равнины, с абсолютными отметками в черте города до 200 м [139]. Тип рельефа Томь-Яйского междуречья определяется как полого-увалистый с северо-западным уклоном.

Из форм мезо- и микрорельефа на междуречной поверхности местами имеются слабо выраженные суффозионные просадочные понижения или более четкие котловины размером от десятков до сотен метров [66, 85]. На этом междуречье берут начало правые притоки Томи (Ушайка, Басандайка и Малая Киргизка). В нижнем течении они образуют в плане субпараллельную сеть, ориентированную на запад-северо-запад и резко врезаны в водораздельное пространство на глубину до нескольких десятков метров. Поперечные профили долин в этой части крутосклонные, местами заметно асимметричные: правый борт имеет заметно выпуклый профиль и более крутой вплоть до скальных обнажений в нижней части, левый – более пологий. Дно долин шириной до нескольких сотен метров занято, в основном, высокой поймой и I надпойменной террасой, местами сливающимися в один уровень, не подлежащий расчленению. Русло рек изобилует перекатами по коренным породам [66]. Местность характеризуется сложным расчлененным рельефом, обусловленным широким развитием оврагов (особенно по долинам Малой Киргизки и Ушайки).

За четыре столетия существования города и активной хозяйственной деятельности (вырубка лесных массивов, прокладка дорог, разработка земель под пашни в Нижней и Верхней Елани, засыпка поймы и первой надпойменной террасы в Заозёрье для защиты от наводнений и т.д.) произошло постепенное выравнивание и сглаживание естественного рельефа. Широкое распространение в настоящее время имеют микро- и наноформы рельефа антропогенного происхождения, связанные с отсыпкой грунтов, имеющих как плановый, так и беспорядочный характер. Мощность техногенных отложений в черте города изменяется от 1,5 до 1,8 м на водораздельной равнине и увеличивается до 4–8 м на высокой пойме Томи, а в засыпных оврагах и балках она местами достигает 10 м и более. Эти грунты представлены бытовым и строительным мусором, отходами производства деревообрабатывающих предприятий, навозом, гравийно-песчаными, суглинистыми и супесчаными грунтами различной степени уплотненности [198].

В пределах городской черты развиваются опасные геоморфологические процессы – склоновые (оползни) и водно-эрозионные. На их развитие оказывают влияние как природные, так и антропогенные факторы. К первым относятся особенности геологического строения территории, геоморфология (перепад высот, достигающий 60–70 м, крутизна склонов, состав и условия залегания отложений), состав и физико-механические свойства грунтов (слабая водоотдача мелких и пылеватых песков и супесей), легко поддающихся размыву, их обводненность за счет поверхностных и неглубоко залегающих подземных вод. Ко второй группе факторов

относятся пригрузка склонов при строительстве объектов (до 20 кг на 1 см), движение транспорта по автомагистралям, прилегающим к оползнеопасным территориям и др. [199, 328].

Наибольшее распространение в городе получили эрозионные формы рельефа. Ещё на картах XVIII в. на террасах Томска видно расчленение оврагами и балками, количество которых с каждым столетием увеличивалось: в 1743 г. было пять оврагов, в 1767 г. – девять, в 1896 – 20, а в 2000 г. – более 80, 2020 г. – около 100 [139, 202]. Суммарная площадь всех оврагов Томска составляет 196 га, или 7,7% территории города, а площадь зоны влияния оврагов – 500–800 га [198]. Средние скорости роста оврагов изменяются от 0,01 до 11,6 м/год. При этом максимальные скорости прироста во много раз превышают средние и могут составлять до 50 м за 10–12 дней, а при возрождении засыпанных оврагов – до 129 м за одно снеготаяние [88, 202]. Согласно СНиП [279], интенсивность проявления линейной эрозии в Томске изменяется от слабой (среднегодовой прирост оврагов не превышает 0,5 м/год) до чрезвычайно сильной (более 5 м/год) [328]. Из всех элементов склонового комплекса наиболее подвержена размыву третья терраса р. Томь, имеющая в своем строении значительные толщи легкоразмываемых лессовидных суглинков (см. рис. 1.12) и значительно возвышающаяся над местным базисом эрозии (в пределах Лагерной, Воскресенской, Юрточной и Каштачной гор).

Оползневые процессы широко распространены на территории г. Томска, в основном, на склонах речных долин, балок и оврагов. По оползнеобразованию территорию города делят на районы от опасных и умеренно опасных до потенциально опасных. Самой оползнеопасной является правобережная часть города – особенно Лагерный сад и мкр. Солнечный. Исследованиями [199] установлено, что на территории Лагерного сада развиты оползни вязкопластичного течения, сдвига, выпирания и скольжения. Бровка склона в Лагерном саду за последние 20 лет под влиянием оползневых процессов переместилась на 93 м. Здесь находится самый большой оползень города, протягивающийся на 2,6 км [107] и влияющий на прилегающую территорию площадью 130 га [199], где расположены парковая зона, объекты коммунальной инфраструктуры, социальной сферы, жилые микрорайоны.

Другой оползневый район – мкр. Солнечный – расположен на северном борту долины р. Ларинка. Он интенсивно стал застраиваться многоэтажными жилыми домами, автомобильными гаражами в 1990-е гг. К 2018 г. средняя и нижняя часть склона разбита трещинами растяжения и сброса длиной от 2,0 до 14,5 м при высоте сброса от 0,2 до 0,8 м и ширине

раскрытия трещин до 0,3 м. В результате проведенных защитных мероприятий на участке активность оползневых процессов и угроза их воздействия на жилые дома были заметно снижены, но при этом развитие процессов продолжается и в настоящее время. Всего за 2018 г. оползнями разрушено 402 м² городской территории [107]. Потенциально опасными в оползневом отношении являются склоны долины Ушайки, склоны Воскресенской и Каштачной гор общей протяженностью более 20 км и площадью 5,5 км² [198, 258].

Процессы подтопления развиваются в тех районах Томска, которые, наоборот, характеризуются плоским рельефом поверхности, распространением слабопроницаемых суглинистых грунтов, при наличии утечек из водонесущих коммуникаций на фоне избыточного природного увлажнения. Естественно подтопленные территории в пределах г. Томска занимают значительную площадь и расположены в пределах высокой поймы правобережья Томи, а также от бровки склона Томь-Яйского водораздела до Томи, т.е. занимают до 50% всей площади города, в том числе 30% из них являются техногенно-подтопленными [198, 265]. Застройка данных районов города промышленными и жилыми зданиями способствует дальнейшему подъему уровней подземных вод и более интенсивному подтоплению. Пониженные участки рельефа района левобережья Томска (с. Тимирязевское, Дзержинское, Эушта, Нижний склад, Заречный, садоводческие товарищества) также подвержены подтоплению в период весеннего снеготаяния, обильных дождей в летнее-осенний период (рис. 1.14).

Этот район общей площадью около 4 050 км² находится между двумя автомобильными мостами через р. Томь, имеет высокую градостроительную ценность [4] и в настоящее время активно застраивается.

Распространены в пределах города и процессы заболачивания. Им подвержены поймы Томи, Малой Киргизки, Ушайки, а также днища крупных логов, где происходит разгрузка грунтовых вод. Значительная часть болот в пределах поймы Томи в настоящее время засыпана. На переувлажненных участках с пылевато-глинистым составом грунтов и близким залеганием подземных вод проявляется и морозное пучение. Оно способствует деформации фундаментов и несущих конструкций строящихся и не отапливаемых зданий. Эти процессы широко развиты в пределах подтапливаемых территорий. С активным промерзанием грунтов в местах разгрузки подземных вод связано наледообразование.

Под Лагерным садом при наличии крутого склона создаются благоприятные условия для проявления суффозионных процессов, которые имеют место и в пределах восточной окраины города.

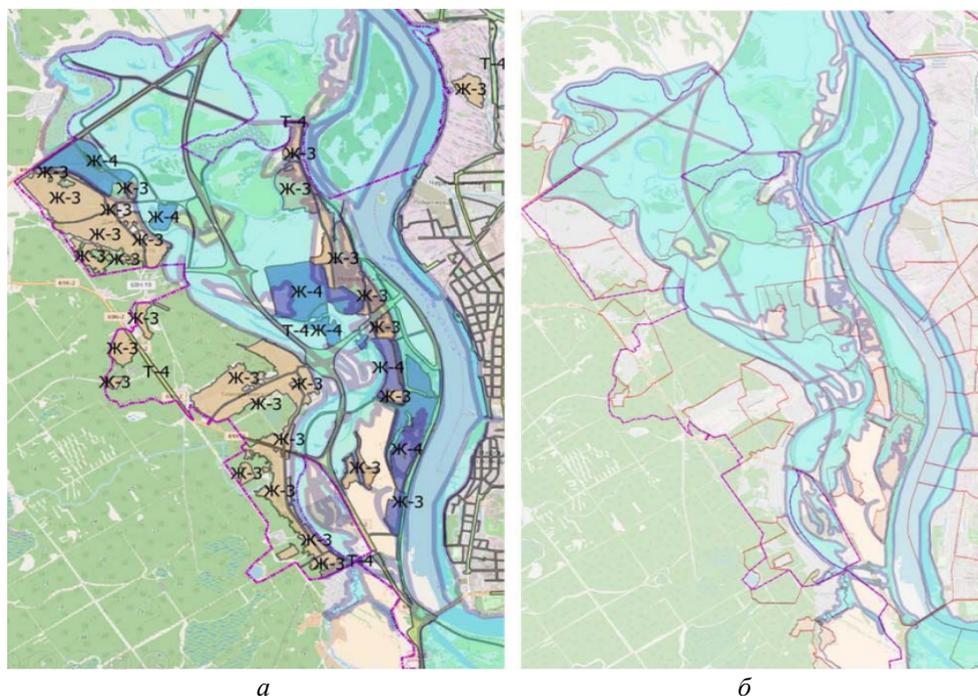


Рис. 1.14. Схема границ возможного затопления территории левобережья при экстремальных отметках паводковых вод: *а* – с учётом расположения территориальных зон; *б* – совмещенное с кадастровым делением территории [4].

Условные обозначения:

Границы зоны затопления	
Территориальные зоны	 Зоны садоводств и дачных участков (Ж-4)
	 Зона застройки индивидуальных жилых домов (Ж-3)
	 Зона инженерной и транспортной инфраструктур (Т-4)
Границы	 Кадастровых кварталов
	 Населённого пункта

Таким образом, на территории Томска основными типами рельефа являются денудационно-аккумулятивный и эрозионно-аккумулятивный при незначительной роли водно-ледникового и фитогенного, которые корректируются антропогенным воздействием. Вследствие этого происходит формирование нового рельефа, новых его свойств (геохимических, гидрогеологических и др.), в том числе проявление и увеличение интенсивности опасных процессов рельефообразования на исследуемой территории. Рельеф, являясь фактором формирования территории, неодинаков в пре-

делах различных зон и воздействует на неё двойко: непосредственно и опосредованно (через климат и ландшафты). В первом случае он обуславливает геометрию и топологию пространственных процессов, а во втором – влияет на климат, обеспечивающий специфику ландшафтных условий и определяющий возникновение тех или иных экзогенных процессов и их комбинаций: оползневого, обвально-осыпных, карстово-суффозионных, гравитационно-эрозионных, гравитационно-абразионных, подтопления [163]. Перестройка рельефа вызвана не только усилением антропогенного преобразования, но и природными предпосылками, среди которых важнейшее значение имеют климатические условия.

§§§ 1.2.2.2. Характеристика климата

Климат Томска определяется его положением в пределах юго-восточной части Западно-Сибирской равнины в глубине Евразийского континента. Следовательно, положение города в умеренных широтах, удалённость от океанов и равнинный характер рельефа предопределяют его тип климата – умеренно-континентальный.

В формировании климата любой территории принимают участие три фактора: солнечная радиация, циркуляция атмосферы и характер подстилающей поверхности, активно преобразуемой в городах человеком.

Количество приходящей солнечной радиации зависит от широты места, высоты Солнца над горизонтом, облачности и загрязнения атмосферы. Годовой приход суммарной радиации составляет около 4 100 МДж/м². Максимум приходится на июль – 690 МДж/м² [186].

Важным показателем режима излучения является продолжительность солнечного сияния. Количество часов солнечного сияния за год в Томске составляет 1 958 ч, что больше, чем в городах, расположенных примерно на такой же широте или чуть южнее (Калининград – 1 660, Москва – 1 723, Казань – 1 916 ч) [133]. В Томске отмечается заметное увеличение этого показателя по сравнению с 1957–1963 гг., когда он составлял 1 733 ч в год [127].

Изучение температурного режима по календарным временным отрезкам показало следующую динамику среднегодовой температуры воздуха: она стала положительной (+0,9 °С) по сравнению со второй половиной XX в. (–0,6 °С) [127].

В Томске хорошо выражен годовой ход температуры (рис. 1.15).

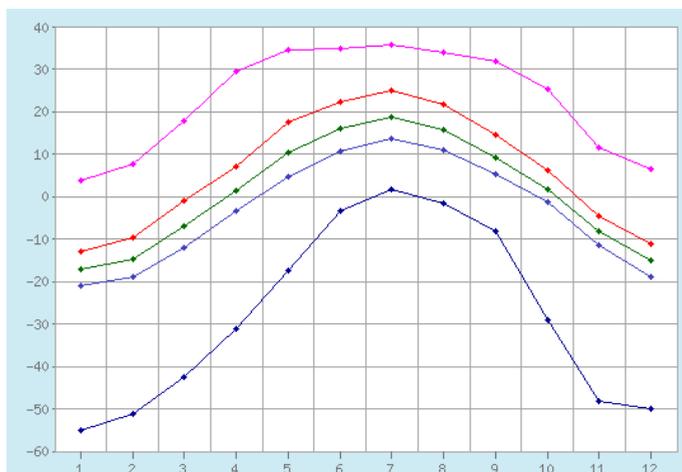


Рис. 1.15. Годовой ход температур воздуха по: [128].

По оси абсцисс – месяцы года, по оси ординат – температура, °С:

— абсолютный максимум; — средний максимум; — средняя; — средний минимум; — абсолютный минимум

Минимум температур по-прежнему приходится на январь ($-17,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), максимум – на июль ($+18,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), но их значения стали выше, а годовая амплитуда температуры уменьшилась (с $37,3$ до $35,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). Амплитуда абсолютных температур превышает $92\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Среднегодовое количество осадков составляет 568 мм . За теплый период года (апрель – октябрь) их выпадает до 70% , а в холодный (октябрь – март) – до 30% от годовой суммы осадков (рис. 1.16).

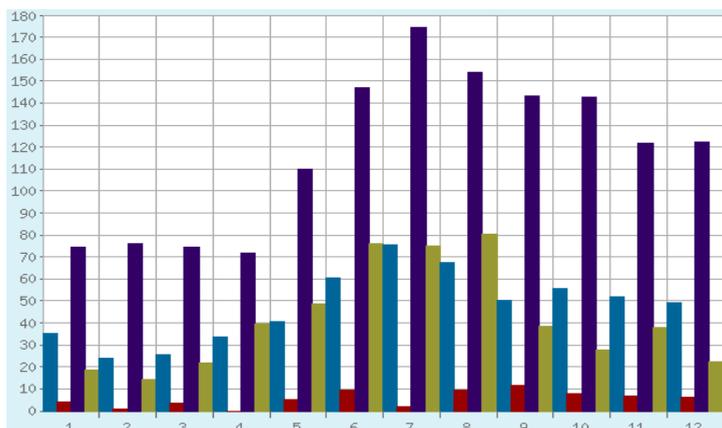


Рис. 1.16. Годовой ход осадков по: [128]. Ось абсцисс – месяцы года, ось ординат – количество осадков, мм: — месячный максимум осадков; — месячный минимум осадков; — суточный максимум осадков; — норма осадков

При этом от количества осадков за зимний период, высоты снежного покрова (табл. 1.2) и запасов воды в нем (максимальные запасы воды в снеге отмечаются во второй половине марта и изменяются от 35 мм в поле до 200 мм в лесу), глубины промерзания почв зависит формирование поверхностного и частично подземного стока.

Т а б л и ц а 1.2

Характеристики снежного покрова по: [128]

Характеристика	Месяцы года со снежным покровом									Год календарный
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	
Число дней	0,1	9	27	31	31	28	31	22	1	181
Высота, см	0	2	15	41	58	68	70	30	0	
Максимальная высота, см	5	29	59	78	100	106	125	111	40	125

Основными циркуляционными процессами формирования климата являются перенос воздушных масс, их трансформация и фронтогенез. Атмосферная циркуляция над Томской областью и над Томском является частью планетарной циркуляции Северного полушария и циркуляционных процессов, развивающихся над Западно-Сибирской равниной. Её основными чертами, по мнению многих исследователей [42, 222], являются господство западно-восточного переноса; интенсивная трансформация воздушных масс в тёплое время года; наличие над 50° с. ш. высотной планетарной фронтальной зоны, где происходит пересечение путей северо-западных и юго-западных циклонов; междуширотный воздухообмен, связанный с равнинностью территории и открытостью её с севера и юга.

Две самые распространенные формы циркуляции – это зональная и меридиональная. При зональной циркуляции воздух распространяется с запада, формируя летом сырую прохладную погоду, зимой – сырую и тёплую. Континентальный воздух умеренных широт господствует во все сезоны года, повторяемость его – 59–62%, а морской умеренный имеет повторяемость 13% летом и 32% зимой. Меридиональной циркуляции свойственна сухость воздуха и контрастность температур. Сочетание зонального и незонального (межширотного) движений воздушных масс приводит к возникновению фронтальных разделов, циклогенезу и антициклогенезу. Из-за этих же особенностей в циркуляционных процессах над Западной Сибирью происходят затоки арктического или тропического воздуха: повторяемость арктически воздушных масс – 21% летом и 6% зимой, а тропических – 7% летом [296].

Воздушные массы, движущиеся в системе циклонов и антициклонов, приводят к неустойчивости погоды в пределах области и значительным колебаниям её во временном разрезе – от года к году, от сезона к сезону и даже довольно резким изменениям элементов погоды в сравнительно короткие периоды времени (за несколько дней или даже часов). В зимний период число циклонов на исследуемой территории превышает число антициклонов в 1,4 раза. Так, число циклонов в период с 1976 по 2011 г. составило 416 (24% от общего числа циклонов за год), а число антициклонов – 300 (21% от общего числа антициклонов). Наибольшее число циклонов в зимний период заходило на территорию Сибири с северо-запада (138 из 416), наименьшее – с юга (21 из 416), наибольшее число антициклонов – с юго-востока (120 из 300), наименьшее – с северо-запада (19 из 300) [215].

Во все сезоны года, кроме лета, преобладают (в 50% случаев) ветры юго-западных и южных румбов. Средняя скорость ветров – 1,6 м/с [128], но фиксируются и сильные ветры [279], из которых наибольшую опасность представляют шквалы – внезапное кратковременное усиление ветра до 15 м/с и более, которые в подавляющем большинстве случаев наблюдаются летом [89].

Среди географических факторов, оказывающих влияние на процессы климатообразования и распределение элементов климата, важная роль принадлежит рельефу, описанному нами в §§ 1.2.1. Условия поглощения и отражения солнечной радиации, трансформация воздушных масс, развитие турбулентности и вертикальных потоков воздуха протекают по-разному в районах города, расположенных на разных гипсометрических уровнях (с превышениями обычно более 30 м), определяя тем самым особенности местных климатов на общем фоне зональных закономерностей. На интенсивность динамических процессов, протекающих в том или ином ландшафте, влияют такие факторы, как шероховатость подстилающей поверхности, интенсивность вертикальных потоков воздуха. Коэффициент шероховатости изменяется от 0,01 над водоемами до 7,0 и более над лесом. Отдельные лесные массивы способствуют увеличению жидких атмосферных осадков на 30–40 мм, накоплению снежного покрова, регулированию испарения и стока [222]. Пестрота ландшафтов в городской черте (сырые колки, парковые зоны, подтопленные территории) также определяет своеобразие местных климатов, которые пока слабо изучены.

Оротектонические условия и гидротермические особенности климата являются ведущими факторами формирования гидрографической сети в границах Томска.

Питание реки – смешанное (снеговое 40%, дождевое 33%, грунтовое 27%). Томь отличается относительно коротким (90 сут) весенне-летним половодьем, во время которого подъём уровня воды в среднем составляет 5–8 м. В половодье проходит 70% годового стока и наблюдаются максимальные расходы воды [248]. Среднемноголетний расход воды у Томи за период 1918–2010 гг. – 1 080 м³/с, средний максимальный – 8 340 м³/с [330].

В период весеннего ледохода (13 апреля – 19 мая) часты ледовые заторы, которые образуются в пределах города вниз по течению от г. Томска до с. Белобородово. Формирование заторов льда определяется сложным сочетанием гидрологических, геоморфологических и климатических факторов.

Изменение уровней воды при заторных явлениях колеблется в широких пределах – от 1 до 10 м, продолжительность стояния затора – от первых часов до 10 сут [330].

В последние годы частота заторов в районе Томска на перекатах Басандаевских, Сенных, Томских и Иглаковских возросла, и в период с 1998 по 2011 г. заторы во время весеннего вскрытия реки наблюдались в 40% случаев [5, 138], ежегодно создавая угрозу подтопления городских территорий и наводнений. Загромождение русла реки льдинами может приводить к значительным подъёмам уровня (до 11 м в 1947 г.). Начиная с 1810 г., большие разливы Томи и её притоков регистрировались 142 раза. Наиболее сильные наводнения прошлого века случались в 1947, 1964 и 1969 гг. [111]. Критический уровень (режим повышенной готовности МЧС) установлен в 890 см. Минимальный уровень за последние 12 лет был 130 см, максимальный – 902 [298].

По мнению некоторых исследователей [5], глобальные изменения климата, в частности тепловой фактор, оказывают влияние на ледовый режим Томи: река начала вскрываться раньше обычного, а максимальные уровни наступать позже. В последние 10 лет наблюдаются низкие значения прочности и толщины льда, что способствует снижению заторных подъёмов уровня воды. Однако это не исключает формирования катастрофических наводнений в период с ледовыми явлениями, как это было в 2010 г., когда наблюдался самый высокий уровень воды (после 1964 г.).

Основные черты ледового режима определяются климатическими условиями. Средняя продолжительность периода с ледовыми явлениями на нижней Томи составляет 175–180 дней. Первые ледовые образования в виде заберегов и сала появляются в конце октября – первых числах ноября вслед за переходом температуры воздуха через 0 °С к отрицательным значениям. В нижнем течении Томи ледостав в среднем устанавливается к середине но-

ября. Средняя толщина льда 84–120 см. На изменения сроков ледовых явлений и другие особенности ледового режима влияют даты перехода среднесуточной температуры через 0 °С весной и осенью, а также сумма отрицательных температур воздуха. За период более 100 лет метеорологические характеристики изменились незначительно, смещения сроков ледовых явлений практически не наблюдается, за исключением дат вскрытия, которые сместились на более ранние, особенно в нижнем течении [5, 24].

Томь в границах областного центра относится к рекам, русло и пойма которой в высокой степени изменены хозяйственной деятельностью. К сооружениям и видам деятельности, влияющим на русло реки, относятся факторы урбанизации (берегоукрепления, набережные, постройки на пойме), дамбы, обвалования на пойме, мостовые переходы [167]. Но главными видами деятельности, во многом определившими гидрологический и русловой режимы реки, стали дноуглубительные работы и разработка русловых песчано-гравийных материалов на участке между 52–73 км от устья (от Коммунального моста до г. Северска) с 1955 г. [5]. К 2000 г. было извлечено не менее 160 млн м³ аллювиального песчано-гравийного материала [24, 77, 330], достигнув максимума по объёму добычи в 1982 г. (6,9 млн т/год). Учитывая тот факт, что суммарный объём удалённого материала почти на порядок превышал объём его компенсации стоком наносов (18–25 тыс. м³/год), результаты оказались удручающими: снижение уровня воды составила более 2 м, средняя глубина русла и площадь поперечного сечения увеличились в несколько раз, уклон уменьшился в 3–4 раза.

Кроме главной водной артерии Томска – Томи, по территории протекают 13 её притоков 1-, 2- и 3-го порядка общей протяжённостью около 80 км (табл. 1.6, рис. 1.17).

Характер рек в городской черте – типично равнинный, за исключением среднего течения Ушайки. Питание рек смешанное: дождевое составляет 25–40%, снеговое – 35–55% и грунтовое – 25–35% годового стока.

Озёра на территории Томска многочисленны (см. рис. 1.17), но многие из них не имеют названия. По происхождению котловин преобладают озёра пойменного (старичного) типа, особенно в левобережье и в северо-западной части правобережья. Они расположены в пределах центральной поймы Томи. Так, в историческом районе Томска «Заозёрье» (см. рис. 1.10) в наиболее глубоких местах р. Керепеть, бывшей ранее рукавом Томи, а позже превратившейся в старицу, образовалась цепочка озёр (рис. 1.18).

Из пяти крупных озёр в этом озёрном комплексе сейчас осталось три – Керепеть, Ереневское, Зыряновское, также имеется несколько мелких водоёмов (озёра Анжетан, Цимлянское), обособившихся от Керепети [218].

Притоки р. Томи, протекающие в пределах территории Томска (по: [62])

Притоки 1-го порядка		Притоки 2-го порядка (расположение от устья главной реки, км)	Притоки 3-го порядка
Название	Общая длина водотоков от истока до устья/ длина в пределах города, км		
Кисловка – в низовье, так называемая протока Бурундук (левый)	49/16	–	–
Ушайка (правый)	78/22	2 км слева: Игуменка 5 км права: Ларинка 6 км справа: Хромовка 7,5 км справа: руч. Академический 18 км справа: Малая Ушайка	–
Большая Киргизка (правый)	85/10	2 км слева: Малая Киргизка – 12,6/12,5	левые: руч. Торговый, руч. Северный, руч. Садовый
Басандайка (правый)	38,4/3,9	–	–

Озеро Керепеть является самым крупным озером правобережной части города. В этой же части города можно назвать крупные озёра: Мавлюкеевское, Белое, Цимлянское, Университетское, Ботаническое. Размерами и рекреационной привлекательностью отличаются озёра левобережья – Сенная курья, Щучка, Тояново, Песчаное. По происхождению среди перечисленных озёр выделяются озеро Ботаническое (Ботанического сада ТГУ), которое является запрудно-антропогенным [117], озеро Белое – провальным [211] и Песчаное – эоловым [287].

Согласно гидрогеологическому районированию Сибирского федерального округа Томск расположен в основном в пределах Алтае-Саянской гидрологической области, а левобережье и район ТНХК – Западно-Сибирского артезианского бассейна. Химический состав подземных вод – гидрокарбонатный с различным компонентным составом, и минерализацией вод от 0,1 до 1,5 г/л. Ко всем долинам рек города приурочены многочисленные неравномерно распределённые по городской территории линейные выходы напорных и грунтовых подземных вод (более

1 500 родников и ключей [75]), образующие родниковые поля, которые были сгруппированы в ландшафтно-родниковые зоны [185].

Томск является крупным объектом водопотребления. Суммарная добыча подземных вод для питьевых и технических целей в 2018 г. составила 124,8 тыс. м³/сут [107], т.е. 5,6% от общего объёма водозабора Сибирского федерального округа и 58,6% от всего водозабора Томской области. Самое крупное разрабатываемое месторождение подземных вод для города – Томское. Его утвержденные запасы приурочены к водоносному комплексу палеоген-четвертичных отложений.



Рис. 1.18. Схема расположения и сохранности озёр в историческом районе Томска «Заозёрье» [340]

Томский водозабор состоит из 198 скважин (из них эксплуатационных – 79–96), которые расположены на трех линиях протяженностью около 60 км.

Одна из них – I (Томская) проходит параллельно руслу Томи в левобережной части города. Большая нагрузка на гидродинамический режим подземных вод под влиянием интенсивной добычи Томским водозабором (ООО «Томскводоканал»), одним из крупнейших в стране, привела к формированию депрессионной воронки, максимальное понижение которой (8,7 м) отмечается в начале первой линии водозабора [107].

Томское месторождение обеспечивает Томск водой на 95,6%. Водозабор Академгородка эксплуатирует подземные воды Академического месторождения, расположенного на левобережье Ушайки ниже устья Малой Ушайки. Ряд предприятий восточной части города имеют свои скважины (например, АО НПОМИП «Микроген»). Подземные воды в настоящее время находятся в условиях стабилизации, и незначительные колебания их уровня поверхности зависят от режима эксплуатации скважин и климатических факторов.

Недра Томска богаты ресурсами минеральных подземных вод, особенно в долине Ушайки. Наиболее изучено здесь Заварзинское (на юго-востоке города) проявление радоновых вод, имеющих бальнеологическое значение [38], но в настоящее время не использующихся. Эти воды имеют следующие характеристики: они холодные (+5 ... +6 °С), гидрокарбонатно-кальциевые, пресные с минерализацией 0,36–0,77 г/дм³, радоно-радиевые средней и слабой активности при наиболее высоком содержании радона 65–130 эман [263].

В целом следует отметить что, кроме водохозяйственной, транспортно-рекреационной функций, водные объекты города выполняют климатообразующие и ландшафто-формирующие.

§§§ 1.2.2.4. Ландшафты и особенности биоты

По физико-географическому районированию [70] город Томск относится к Чулымско-Енисейской провинции подзоны сосново-мелколиственных лесов (подтайга) лесо-болотной зоны Западно-Сибирской физико-географической страны (рис. 1.19).

Характерной чертой природы всей Западной Сибири является ярко выраженная широтная зональность, обусловленная зонально-климатическими закономерностями. Общие черты и местные особенности рельефа, преломляя зонообразующие действия важнейших элементов климата – тепла и влаги, создают сложные сочетания экологических условий геосистем, определяя внутреннюю неоднородность природных зон.

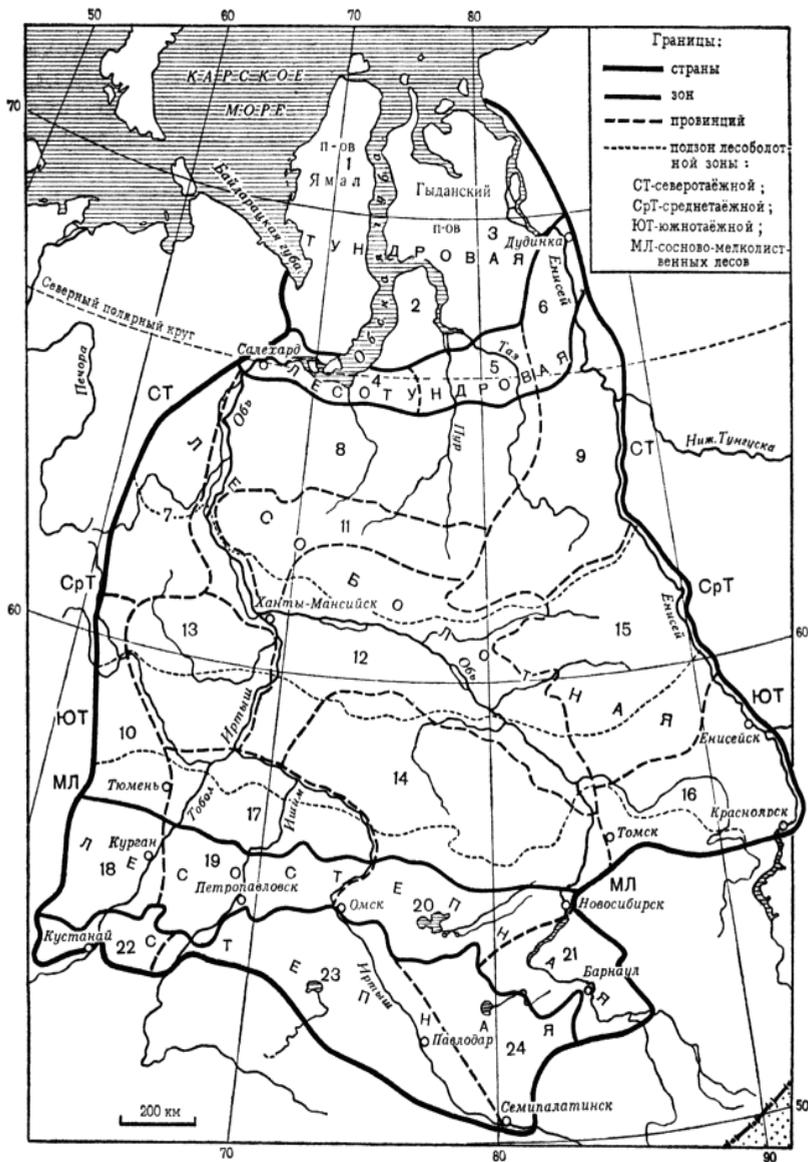


Рис. 1.19. Ландшафтные зоны и провинции Западно-Сибирской равнины [52].

- Ландшафтные провинции: 1 – Ямальская; 2 – Тазовская;
 3 – Гыданская; 4 – Нижнеобская; 5 – Надым-Пурская; 6 – Енисейско-Тазовская;
 7 – Северо-Сосьвинская; 8 – Обско-Тазовская; 9 – Верхнетазовская;
 10 – Подуральская; 11 – Сибирских Увалов; 12 – Среднеобская; 13 – Кондинская;
 14 – Васюганская; 15 – Приенисейская; 16 – Чулымо-Енисейская;
 17 – Нижнетобольская; 18 – Зауральская; 19 – Ишимская; 20 – Барабинская;
 21 – Верхнеобская; 22 – Притургайская; 23 – Среднеиртышская; 24 – Кулундинская

Эта неоднородность характерна и для подтайги – природной зоны, располагающейся на переходе от южной тайги к лесостепи, в пределах которой расположен Томск.

Следует подчеркнуть, что зона подтаёжных или гемибореальных (лиственно-хвойных) лесов имеет циркумбореальное распространение, а в Евразии – трансконтинентальный характер. Однако в разных частях этого материка она сильно различается по структуре и характеру сообществ. В физико-географическом отношении Западно-Сибирская подтайга представляет собой самый южный широтный пояс в подзоне южной тайги Западно-Сибирской равнины (ЗСР), который включает смешанные светло-хвойно-мелколист-венные травяные леса [92], расположенные между 54 и 56° с. ш. (рис. 1.19).

Ландшафты подтайги отличаются от южнотаёжных большей сложностью рельефа, уменьшением увлажнения, а вследствие этого и меньшей заболоченностью, более пестрым почвенно-растительным покровом, и, в соответствии с этим, значительным разнообразием местных климатов и микроклиматов.

В подтайге Западной Сибири выделены две провинции: Западно-Сибирская и Приалтайская, различия почвенного покрова которых связаны с рельефом. Для Томь-Яйского междуречья, расположенного в Приалтайской провинции, характерен возвышенный рельеф, из-за чего в его пределах возникает характерное явление – вертикальная дифференциация ландшафтов и их неотъемлемого компонента – почв. Нижние высотные уровни междуречья заняты подтаёжными экосистемами на тёмно-серых почвах и глинисто-иллювиальных черноземах, а на верхнем уровне располагается северная окраинная часть Кузнецко-Алатаусского ареала черных экосистем на светло-серых почвах [156]. Таким образом, ландшафты междуречья можно рассматривать как двойной экотон: бореальный равнинной-широтный и внутри-гемибореальный [165].

Следует заметить, что нет однозначной позиции в понимании экотона «подтайга» разными исследователями, поэтому имеются разночтения и на ландшафтных картах и картах растительности [109, 155, 221, 227, 229, 358]. В структурно-генетическом отношении территорию города можно отнести к суббореальным семигумидным континентальным низменным западно-сибирским подтаёжным ландшафтам речных долин и междуречий на серых лесных лессовидно-суглинистых почвах. Но в пределах города наблюдается ландшафтное разнообразие, представленное природными, природно-антропогенными (сельскохозяйственными, промышленными, селитебными) и антропогенными ландшафтами.

Так, на севере города, например, в долине Большой Киргизки, преобладают участки природных ландшафтов. Доминирующей фацией пойменного типа ландшафта этой реки является плоская кочковатая поверхность с берёзово-осиновым лесом на серых лесных лессовидно-суглинистых почвах, она занимает около 50% поймы. Плоская кочковатая поверхность с елово-пихтовым высокотравным лесом на серых лесных лессовидно-суглинистых почвах является субдоминантной фацией и занимает около 20% территории поймы. Наклонная поверхность с берёзово-осиновым высокотравным лесом на серых лесных лессовидно-суглинистых почвах является доминирующей фацией водораздельного склона Большой Ушайки и занимает около 60% местности. Выпуклая поверхность с берёзово-осиновым высокотравным лесом на серых лесных лессовидно-суглинистых почвах занимает 50 % первой надпойменной террасы Большой Киргизки. Выпуклая поверхность с высокотравным лугами (сенокосы) на серых лесных лессовидно-суглинистых почвах является субдоминантным типом фаций, занимающим около 45% площади. На территории водораздела отмечается слабое антропогенное воздействие в виде дорожных ландшафтов и линий электропередач – меньше 1% территории [205].

Основу растительного покрова подзоны подтайги образуют осиново-берёзовые леса на дерново-подзолистых, серых лесных и вторично-подзолистых (выщелоченных и деградированных чернозёмах) почвах. Осиново-берёзовые леса чередуются с берёзово-сосновыми и сосновыми (в северной и северо-западной части) на песчаных почвах с очажками травяных сфагновых болот и лугами. Участки естественной растительности сохранились в пределах западного, северо- и юго-восточного контуров города. От бывшей когда-то тёмнохвойной тайги в правобережной северо-восточной части города сохранилась сильно видоизменённые по составу островки из сосны и кедра. Прирусловые участки Томи и озёр заняты ивняком.

В пониженных участках пойм Томи, Ушайки, Кисловки и Большой Киргизки произрастает болотная растительность. Главные растения болот – мхи (сфагновые, зелёные, печёночные), осоки, пушицы, тростник, вахта трехлистная, сабельник болотный. Самый крупный заболоченный участок (157 га) находится у подножия третьей надпойменной террасы Томи в северной части города, вдоль субмеридионального отрезка Малой Киргизки [202]. Естественные пойменные болота, находящиеся в пределах городской черты, застроены, выработаны или сохранились в погребённом виде.

Одним из важнейших направлений оздоровления экологической обстановки городской среды является развитие комплексной системы озеле-

нения, включающей как пригородные зелёные зоны, так и городские зелёные насаждения. В настоящее время на территории города находится более 100 объектов озеленения общего пользования (парки, скверы, бульвары) общей площадью 9 760 га [194]. В ходе дендроинвентаризации города было выявлено 112 видов древесно-кустарниковых пород, относящихся к 54 родам и 25 семействам [189]. Среди зарегистрированных на объектах озеленения г. Томска растений преобладают кустарники (60 видов; 57,8%), деревья составляют 37% (42 вида), полукустарники – 3,7% (5 видов), лианы – 1,5% (1 вид) [148]. В структуре озеленения Томска преобладает 37 видов, из которых наиболее распространены берёза бородавчатая и белая, тополь бальзамический и чёрный, ель сибирская, сосна лесная и сибирская. В городской черте облик естественного леса изменен и распространены смешанные искусственные насаждения, представленные видами как местной флоры (ива белая и козья, рябина сибирская, черёмуха обыкновенная), так и интродуцентами (клён ясенелистный, вяз гладкий и шершавый, липа, ясень пенсильванский, орех манчжурский, туи, сливы, сирени и др.). Отдельного внимания заслуживает Университетская роща, занимающая площадь в 10 га, где выявлено 222 вида сосудистых растений [223].

В целом бóльшая часть городских зеленых насаждений являются типичным примером антропогенно-измененных экосистем, оказывающих существенное влияние на климатическое и экологическое состояние города. В связи с этим некоторым лесным массивам принадлежит статус лесов, имеющих высокую природоохранную ценность, т.е. они имеют выдающееся или ключевое значение в связи с их высокой экологической, социально-экономической, ландшафтной ценностью или ценностью для сохранения биоразнообразия [159]. Так, участок леса в западной части города, принадлежащий Тимирязевскому лесничеству, – один из четырёх участков в области, относящийся к грибоносному типу леса. В 2008 г. на этот же участок оформлено право постоянного (бессрочного) пользования для осуществления научно-исследовательской и образовательной деятельности [160]. Городские леса делят на следующие категории:

– леса, прилегающие к санитарно-защитным зонам Сибирского химического комбината и ТНХХ, предназначенные для защиты населения города и городской среды от загрязнения атмосферного воздуха радиоактивными и химическими веществами (59,5% от общей площади лесов города);

– эрозионно-защитные, водозащитные, берегозащитные леса, защитные лесные полосы вдоль дорог (27%);

– особо охраняемые природные территории (13,2%) – Лагерный сад, Дендрологический парк, Ботанический сад, береговой склон Томи, Михайловская роща, сад «Белое озеро», Березовая роща, городские исторические кладбища, скверы, сады, спортивные объекты, лесопарковые зоны и др.;

– особо ценные участки леса (0,3%) – леса 1а класса бонитета (искусственные насаждения кедра, сосны и лиственницы, участки чистых насаждений кедра). Особое значение представляют припоселковые кедровники – сохранившиеся лесные экосистемы, преобразованные местным населением из коренных сибирских полидоминантных лесов в орехоплодные (кедровые) сады, представляющие высокую промысловую, ландшафтно-эстетическую и научную ценность [160]. Они имеют статус ботанических памятников природы регионального значения – это Басандайский лесопарк у дер. Аникино [48, 72, 121]. Все лесные участки города нуждаются в защите, так как, согласно лесозащитному районированию Томской области, Томск отнесен к подтаёжно-лесостепному району сильной лесопатологической угрозы [160].

Городская фауна менее разнообразна, чем флора. Млекопитающих в городе насчитывается около 20 видов, 5–7 видов летучих мышей. Наиболее распространены представители отряда грызунов, среди которых самым крупным в Томске является речной бобр, обитающий в долине Ушайки [293]. В южной части города обитает серый, или алтайский, сурок. В городских парках и скверах встречаются белки. Повсеместно сопровождают жизнь человека мыши-синантропы. Из отряда парнокопытных постоянными гостями города являются лось [97, 166], из зайцеобразных – заяц-беляк. В окрестностях Томска зоологи Томского государственного университета в ходе мониторинга биоразнообразия зафиксировали и новые виды животных – енотовидную собаку, краснощекого суслика, а также гибрид соболя и куницы, появление которых в регионе связано со смягчением климата и воздействием человека на окружающую среду [289].

Представители класса птиц в Томске принадлежат к 105 видам 13 отрядов и составляют 30% всей орнитофауны Томской области [3, 172]. Большое видовое разнообразие птиц селитебного ландшафта обеспечено за счет орнитокомплексов хорошо и разнообразно озелененных периферийных участков Томска (84 вида), а также общественных садов (73 вида), находящихся в пригороде. В долине Ушайки в наиболее застроенных участках Томска обитает 51 вид птиц. Наиболее богаты в видовом отношении отряды воробьинообразных, голубеобразных, врановых и стрижеобразных. Даже центр города – птичье царство, в котором по численности и плотности лидируют домовый и полевой воробьи (более 50%), сизый го-

лубь, рябинник и большая синица. Реже встречаются хищные птицы (неясыть, сыч, коршун, орлан-белохвост, сапсан). Значительная часть птиц ведут перелетный образ жизни. На водоёмах левобережья гнездятся гусеобразные (гуси, утки) и ржанкообразные (сизая чайка, кулики).

Из представителей земноводных и пресмыкающихся в городе встречаются сибирская и остромордая лягушка, серая жаба и живородящая ящерица.

Рыбы бассейна нижней Томи представлены шестью фаунистическими комплексами, из которых четыре относятся к аборигенной фауне, а два – к вселенцам (понтического пресноводного и китайского равнинного комплексов). Наибольшее число видов относятся к бореально-равнинному и бореально-предгорному комплексам (37,5 и 18,8% соответственно). В настоящее время в бассейне нижней Томи обитает постоянно 26 видов рыбообразных и рыб, относящихся к 8 отрядам и 11 семействам. Длительное воздействие промышленных и бытовых стоков Кузбасса в 1960–1990-е гг., высокая концентрация населения, добыча русловых строительных материалов, нерегулируемый промысел рыбы привели к значительным изменениям видового состава ихтиофауны и продуктивности рыбного хозяйства региона: сиговые (пелядь, муксун, нельма) и осетровые (сибирский осетр, стерлядь) практически не заходят в реку на нерест из-за снижения их численности и потери нерестилищ, но появились акклиматизанты (лещ, сазан, судак) и случайные вселенцы (уклейка, верховка, девятиглая колюшка, ротан-головешка).

Томь до 1940-х гг. была ценным рыбохозяйственным водоёмом, ежегодно давала до 800 т рыбной продукции, из которых 20% приходилось на долю сиговых. К постоянным и ценным обитателям реки из лососеобразных рыб тогда также, кроме сиговых, относились таймень, сибирский голец, ленок и хариус. В настоящее время одной из основных промысловых видов рыб нижней Томи стал лещ (встречаемость по биомассе в уловах достигает 56%, 14 видов), т.е. самые распространённые – рыбы отряда карпообразных. Видовой состав рыб притоков Томи беднее, он включает 16 видов рыб, относящихся к следующим семействам: карповые, вьюновые, балиторевые, щуковые, хариусовые, колюшковые, рогатковые, окуневые, головешковые [14]. В целом видовой состав ихтиофауны бассейна нижней Томи и её притоков, а также пойменных водоёмов вполне типичен для водоёмов Западной Сибири.

Самая многочисленная группа животных Томска – беспозвоночные. Только пчёл обнаружено в пределах города 114 видов [137]. Многие беспозвоночные являются вредителями сельского и лесного хозяйства, а также па-

разитами человека. В частности, известно более 60 видов вредных лесных насекомых (короеды, коконопряды, пяденицы, усачи, слоники, пилильщики). В городе широко распространены кровососущие двукрылые (так называемый гнус), которые представлены 35 видами комаров [230], восьмью видами мошек, пятью видами мокрецов и 32 видами слепней [85]. Из членистоногих серьёзную опасность для людей представляют три вида клещей семейства иксодовых (таежный, луговой и клещ Павловского), которые переносят возбудителей вирусных, бактериальных и протозойных инфекций.

Таким образом, природу Томска можно назвать уникальной и самобытной. Это подтверждается ещё и тем, что из 180 особо охраняемых природных территорий Томской области [48, 121] 41% находится в областном центре. Городские ландшафты Томска унаследовали зональные природные черты, но в структурно-функциональном отношении во многих местах они представляют собой антропогенные модификации, т.е. необходимо рассматривать Томск как природно-хозяйственную систему.

§§ 1.2.3. Перспективы экономико-географического и пространственного развития города

Природно-хозяйственная система (ПХС) – целостное территориальное образование [7]. Её отличает неразрывное единство функционирования и эволюции природных, изменённых и искусственно созданных в результате хозяйственной деятельности факторов и объектов на конкретной территории или акватории (рис. 1.20).

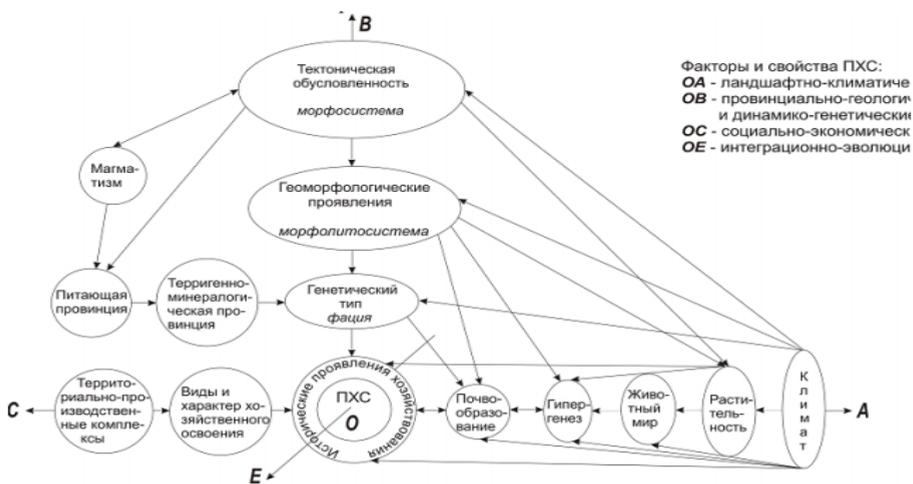


Рис. 1.20. Триединство причинно-следственных связей природно-хозяйственных систем [7]

ПХС развивается как по общественным и экономическим, так и по космическим, биосферным и географическим законам природы, находящимся в постоянном саморазвитии. При этом развитие поддается управлению.

В экономико-географическом отношении Томская область относится к инвестиционно-привлекательным субъектам Российской Федерации и занимает шестое место в рейтинге по этому показателю [231].

Томск имеет высокий потенциал для формирования комфортной городской среды, важным составляющим элементом которой является создание благоустроенных мест отдыха, озелененных городских пространств, имеющих свою функцию, тематическую направленность, пейзажные и ландшафтно-архитектурные особенности, режим использования. Чем более урбанизированным становится современный мир, тем очевиднее ценность для нашего и следующих поколений образцов исторического природно-антропогенного ландшафта.

Общая площадь территории муниципального образования «Город Томск» составляет 29 510 га. В 2018 г. с учетом структуры городских земель вовлечению в хозяйственный оборот подлежат 17 858 га территории города, из них всего 12 322 га городских земель, т.е. 41,8% от общей площади территории Томска, и 69% от площади земель, подлежащих использованию в хозяйственном обороте. Если сложившуюся функциональную специализацию центра города сложно изменить (хотя такие примеры есть: расширение территории позволило начать практику вывода крупных промышленных предприятий за пределы исторического центра, когда Томский инструментальный завод был переведён в Лоскутово в 2008 г.), то периферийные территории, согласно Генеральному плану, предполагается развивать с учётом рационального использования ресурсов и охраны окружающей среды [53, 284].

Положительной тенденцией в планировочной структуре Томска является то, что зоны городских лесопарков и городских лесов, лугопарков и зон отдыха, городских скверов и бульваров расширяются, в том числе на присоединённых территориях. Так, микроклиматические и ландшафтные условия левобережья города благоприятны для круглогодичного рекреационного использования. В частности, там планируется размещение следующих объектов общегородского значения: комплекса технических видов спорта (мотоавтодром, спидвей, картинг), этнографического культурно-туристического центра (Эушта), мест размещения туристов; комплекса Музея леса в с. Тимирязевское; реконструкция и благоустройство гребного канала, благоустройство городского пляжа с лодочной станцией и яхт-клубом; организация конно-спортивной школы и др.

Развитие северо-восточного сектора города (пос. Светлый, ж.д. Копылово, дер. Киргизка) связано с благоприятной транспортной ситуацией и хорошей доступностью к местам приложения труда – промузлам ТНХК и Северо-восточный, Техничко-внедренческой зоне, Областному дорожно-ремонтно-строительному управлению, птицефабрике. Данный район перспективен для организации объектов отдыха и спорта, как летнего, так и зимнего.

Южный сектор (Лоскутово) расположен на трассе внешней автомобильной дороги – Богашовский тракт, в направлении аэропорта и районов нового малоэтажного жилищного строительства – поселки Просторный, Апрель. Благоприятные природные и экологические условия позволяют рассматривать данную территорию в качестве района размещения объектов спорта, отдыха и туризма. Сферы занятости населения – транспорт (учитывается близость аэропорта и перспективного логистического центра) строительство, лесопереработка, обслуживание. Перспективные направления – обслуживание рекреационных зон, объектов туризма, отдыха и спорта, развитие экологического туризма, местные промыслы [191, 284].

Следует заметить, что территорию любого города можно представить в качестве природно-социально-экономического ландшафта. Регион издавна заселён, освоены его ресурсы, ведётся активная хозяйственная деятельность, но все компоненты такого ландшафта взаимосвязаны в пространстве и времени. Их развитие происходит сопряженно. Если рассмотреть эту закономерность на примере только природных компонентов в локальном масштабе, например на геоморфологическом профиле, пересекающем различные элементы рельефа от водораздела через склоны и террасы к руслам рек, то можно увидеть, что вместе с рельефом изменяются поверхностные четвертичные отложения, микроклимат, уровень грунтовых вод, виды и разности почв, фито- и зооценозы, функциональное использование территории. Географические компоненты взаимосвязаны и во времени. На изменения климата обязательно отреагируют почвы, растительный и животный мир и пр.

Таким образом, ПХС – это пространственно-временная система географических компонентов, взаимообусловленных в своем размещении и развивающихся как единое целое, так как связаны между собой естественными потоками вещества, энергии и информации, а также структурами социально-технического управления. Городская территория – сложноорганизованная во времени и пространстве антропоэкосистема [163]. Такая тесная связь природных и антропогенных компонентов имеет практическое значение. Известно, что с точки зрения функций в геосистеме

климатические условия относятся к самым мобильным компонентам ландшафта [59], значит, их изменения наиболее ощутимы для всего ПХК. Именно поэтому на региональном уровне для выработки стратегии социально-экономического развития территорий и обоснования материальных и финансовых затрат предприятий промышленности, транспорта, сельского и лесного хозяйства, учреждений социальной сферы, необходим климатический мониторинг. Он должен включать изучение структуры, гидротермического режима и временных характеристик климатических естественных сезонов года на фоне глобального изменения климата.

Глава 2. МНОГОЛЕТНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА И ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУРНЫХ ЕДИНИЦ ГОДОВОГО ЦИКЛА ТОМСКА

Любое научное исследование предполагает сбор данных, выбор методов и методики исследования.

§ 2.1. Материал, научные подходы и методы исследования

Материалом для исследования региональных особенностей изменения климата послужили данные по температуре приземного слоя воздуха и осадкам среднесуточного, среднемесячного и среднегодового разрешения из базы данных ВНИИГМИ-МЦД за период с 1936 по 2015 г. по метеостанции Томск. Материалы сгруппированы в четыре периода: с 1936 по 1970 г., с 1971 по 2006 г., 2001–2015 гг., 1936 по 2015 г., обоснование которых приведено в §§ 2.1.3. Также анализировались временные ряды среднегодовых значений температуры воздуха и за более длительный период (1880–2018 гг.). На основе суточных данных климатических характеристик нами с использованием критериев, обоснованных для Томска в работах Н.В. Рутковской [255, 256], с уточнениями, приведенными в исследованиях Т.В. Ромашовой [239], установлена структура сезонных ритмов как в среднем многолетнем плане, так и за каждый год исследуемого периода.

Оценка степени аномальности структурных единиц года по временным характеристикам, термическому режиму и режиму увлажнения устанавливалась путём сопоставления величины отклонения рассматриваемого показателя в конкретный год от его средней многолетней нормы (норма рассчитывалась за период с 1936 по 2015 г.) со значением среднего квадратического отклонения (σ). За нормальный случай принимался такой, когда полученное отклонение не превышало среднее квадратическое отклонение, в противном случае тип рассматривался как аномальный. В соответствии с вышесказанным, сезоны года нами разделены на следующие типы: по датам начала и конца сезона – на нормальные, поздние, ранние, очень поздние, очень ранние; по продолжительности – на нормальные, короткие, длинные, очень короткие, очень длинные: по термическому ре-

жиму – на нормальные, тёплые, холодные, очень тёплые и очень холодные; по сумме осадков – на нормальные, с большой суммой осадков, с недостаточной суммой осадков, очень большим и очень малым количеством осадков.

Закономерности временных изменений климатических характеристик изучались методами математической статистики: проводилась оценка нормы и изменчивости статистических рядов, применялся корреляционный метод и тренд-анализ. Линейные тренды характеризуют тенденцию (среднюю скорость) изменений рассматриваемой величины за указанный период, рассчитываются методом наименьших квадратов и выражаются в градусах за десятилетие ($^{\circ}\text{C}/10$ лет). Значимость линейных трендов устанавливалась по величине коэффициента детерминации (R^2), показывающего вклад линейного тренда в общую изменчивость исследуемой переменной. Тенденция считалась значимой, если уровень достоверности был равен или превышал 95% ($p \pm 0,95$). При объеме выборки 50 лет и более это отвечает значению $R^2 \pm 0,08$ [190]. Коэффициенты линейных трендов от одного периода к другому меняют знак, что указывает на противоположность климатических изменений.

Менее распространённым является *комплексно-генетический* метод, применяемый нами к изучению сезонных ритмов климата и требующий отдельного рассмотрения (§§ 2.1.1).

Множественность и сложность объектов изучения в географии способствовали широкому использованию общенаучных подходов. В дальнейшем на их основе формировались традиционные географические подходы – территориальный (хорологический), системный, проблемный и др.

В нашем исследовании при решении вопросов, связанных с сезонной ритмикой, как и в большинстве географических исследований, главным *стал системный подход*. Географическая оболочка является системой крупнейшего ранга, а её компоненты – частью системы в силу всеобщей связи элементов живой и неживой природы. Заметим, что в теории климата климатологи применяют другой термин такого же смыслового содержания – «климатическая система», объединяющая атмосферу, океан, сушу, криосферу и биоту в единое целое [64, 116, 181]. Это словосочетание зафиксировано и в ст. 1.3. Рамочной конвенции ООН по изменению климата, где «климатическая система» означает «совокупность атмосферы, гидросферы, биосферы, геосферы и их взаимодействие» [228]. Поэтому нами уделялось большое внимание изучению взаимодействия между компонентами географической оболочки (§ 1.1 и 3.1).

Системный подход позволил рассмотреть природные и социальные объекты как целостные системы с их многообразными внутренними и внешними связями, сформулировать цель данного исследования, составить обобщающие модели (§ 2.3 и 3.1). Главная цель *моделирования* как научного метода, применявшегося в гл. 2 и § 3.1 данной работы, заключалась в выявлении особенностей формирования и функционирования территориальных систем с учетом современных изменений климата с целью прогнозирования их дальнейшего развития.

В целом всё вышесказанное позволило получить представление о современных тенденциях в ритмике природных процессов на фоне глобального изменения климата.

§§ 2.1.1. Комплексно-генетический метод в изучении сезонных ритмов климата

Неравномерное поступление лучистой энергии Солнца к земной поверхности в течение года обуславливает дифференциацию географической оболочки, которой свойственна ритмичность развития. Для каждой природной зоны присущ свой естественный (не календарный) климатический ритм, определяющий условия развития и функционирования её ландшафтов.

Попытки выделения естественных сезонов года относятся еще к середине XIX в. С тех пор было предложено много подходов и схем, которые можно объединить в следующие группы: формальный, формально-генетический, фенологический [50, 304, 305]. Всё же перенос показателей смены сезонов года с одних территорий на другие по так называемому формальному методу [35–37, 112, 261, 278, 322, 327] или по недостаточному числу генетических признаков [16, 69, 73, 184] приводит к значительным расхождениям между временными характеристиками сезонов года, установленным по этим критериям, с фактически наблюдаемыми.

При использовании фенологического подхода [30, 90, 146, 150, 174, 317, 335 и др.] смена сезонов года фиксируется периодическими изменениями природы, которые, следуя за сезонным ритмом климата, являются уже следственными явлениями (феноиндикаторами), а не первичными (климатообразующими), обуславливающими естественный сезонный ритм [147].

Однако при изучении сезонной ритмики развития природы необходимо не только фиксировать смену сезонов года, но и стремиться понять причинно-следственные связи и предвидеть наступление явлений. С этой точки зрения для изучения естественных сезонов года имеет преимуще-

ство перед другими комплексно-генетический подход, обоснованный и разработанный Н.Н. Галаховым [50].

Согласно комплексно-генетическому методу, при установлении сезонной структуры года для каждой конкретной территории с относительно однообразными условиями климата, необходим одновременный учёт хронологического хода всех факторов климатообразования (солнечной радиации, циркуляции атмосферы, характера подстилающей поверхности) и явлений природы, с ними связанных. В таком случае значения критериев для определенных сезонов года (как это и должно быть) в различных районах земного шара будут отличаться, и в одном и том же месте временные характеристики сезонных ритмов будут варьировать по годам [50, 317, 335].

Приведём главные положения комплексно-генетического метода [50, 256]:

1. Сезон года – это обособленный этап годового цикла, характеризующийся однотипностью, единой общей направленностью климатообразующих процессов и явлений и внешне выражающийся в определенных взаимосвязанных становлениях других компонентов среды и изменениях аспектов ландшафта.

2. Для каждого климатического сезона характерны объективные закономерности, отличительные черты и свойства при наличии тесных связей между смежными сезонами, поскольку предшествующий сезон всегда оказывает влияние на развитие наступающего сезона, а в конце каждого сезона появляются признаки следующего.

3. Каждый сезон – это отрезок года с присущим только ему характером взаимодействия климатообразующих факторов, особенностями и соотношением теплового и водного режимов.

4. Сезоны в разные годы имеют разную продолжительность, а их начало и конец не совпадают с началом и концом календарных месяцев.

5. Годовой ход климатического режима оказывает более или менее выраженное влияние на различные компоненты геокомплексов и процессы, протекающие в них.

6. Климатические сезоны года неоднородны по климатообразующим факторам, ходу метеоэлементов, погодным условиям, состоянию подстилающей поверхности, в связи с чем внутри них можно выделить структурные составляющие (фазы). «Фаза – это часть климатического сезона, представляющая отрезок времени с ослабевающими воздействиями предшествующего сезона и одновременно нарастающими тенденциями последующего при относительно мало меняющемся состоянии подстилающей поверхности» [50, с. 42].

7. Фаза – это часть климатического сезона, которая не может состоять из частей, входящих в разные сезоны. Она характеризуется более однородными климатическими условиями. Причем главные черты сезона наиболее выражены в центральную фазу сезона.

8. Однородность фаз – понятие относительное, так как погода любого сезона имеет волнообразное развитие – похолодание чередуется с потеплением, сухие периоды – с влажными и т.п.

9. Климатические условия изменяются по мере движения от экватора к полюсам, вследствие чего сдвигаются границы сезонов года.

Комплексно-генетический подход Н.Н. Галахова к изучению структуры сезонов года был развит в работах Н.В. Рутковской [256] как с методической точки зрения, так и внесением существенных дополнений. Наиболее значимые из них приведены ниже:

1. Исходной единицей естественных ритмов сезонов следует считать сутки – естественный ритм, обусловленный вращением земли вокруг своей оси (а не пентады, как у Н.Н. Галахова, или 3–4-дневные ритмы, как у Б.Л. Дзерdzeевского [73]).

2. Среднесуточная температура воздуха должна быть использована для изучения сезонной ритмики и структуры сезонов года как наиболее объективно характеризующая естественные ритмы природы и отражающая периодичность радиационного режима – главного климатообразующего фактора.

3. При исследовании структуры сезонных ритмов необходимо строить и анализировать комплексно-генетические графики посуточных изменений величин климатообразующих факторов.

4. Границы между сезонами и фазами следует проводить по линиям наибольших подъемов и спадов показателей гидротермического режима и «всплескам» межсуточных изменений средней суточной температуры воздуха, связанным с определёнными синоптическими условиями.

5. При объяснении аномальных сезонов по гидротермическому режиму и для долгосрочного прогнозирования особенностей сезонной ритмики следует рассматривать повторяемость и последовательность смен разных форм циркуляции атмосферы.

6. При исследовании сезонов года целесообразно изучать не только генезис сезонов, структуру и межсезонные связи, но и проводить их типизацию и классификацию, составлять обобщенные погодно-климатические и синоптические характеристики выделенных таксономических единиц, рассматривать динамические изменения. Все вышесказанное дает возможность получить глубокие знания о сезонных ритмах, имеющих теоретическое и прикладное значение.

Комплексно-генетический метод и в настоящее время уточняется. Так, с учетом современных тенденций изменения климата в сторону его потепления Т.В. Ромашовой [239] был обоснован новый критерий границы начала/конца центральной фазы зимы на юге Западно-Сибирской равнины на более высокий температурный показатель (-16°C вместо -18°C).

При изучении сезонов года высоких широт ЗСР Л.Н. Окишевой [183] установлено очень важное положение: каждый из сезонных ритмов во всех природных зонах Западно-Сибирской равнины характеризуется едиными качественными климатическими и фенологическими показателями, но их количественные значения не только уменьшаются с ростом широты, но и асимметричны. Очевидно, что размеры природных комплексов, их зональные закономерности и долготные различия природной среды осложняют и само явление ритмичности, и его изучение.

Исследование динамики естественной сезонной ритмики дает возможность установить связь между глобальными и региональными изменениями климата, а также их влияние на функционирование ландшафтов и жизнедеятельность человека [147, 175, 197].

Таким образом, изучение сезонов года в их естественных границах на основе комплексно-генетического метода позволяет связать годовой ритм климата с динамикой природных процессов и зависящих от них условий экономического и социального развития общества, что является одной из актуальных научных проблем нашего времени, имеющей не только научное, но и большое практическое значение.

§§ 2.1.2. Обоснование временных периодов

Как известно, «климат – это статистический ансамбль состояний, проходимых климатической системой за длительный промежуток времени» [182]. Значит, надежный анализ изменчивости и изменений климата, во-первых, невозможен без достаточно длинных временных рядов изучаемых показателей [31], а, во-вторых, требует выбора нормы, т.е. временных периодов для выявления изменений.

В настоящее время ВМО для оценки колебаний температуры для разных временных масштабов рекомендует использовать в качестве опорного периода временной отрезок с 1981 по 2010 г. (вместо используемого ранее периода 1961–1990 гг.), как в бóльшей степени отражающего текущие климатические условия. Период 1880–1900 гг. ВМО использует в качестве опорного для оценки температурных условий в так называемую доиндустриальную эпоху [99].

В действительности временные интервалы, за которые проводится анализ климатических переменных, могут быть разной продолжительности. Это можно объяснить историческим (датой начала метеонаблюдений), целевым и пространственно-географическим факторами. Последний зависит от характера подстилающей поверхности. Так, ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» [303] для анализа климатических изменений сезонов года в формальных границах оперирует периодом 1971–2000 гг., NASA – 1951–1980 гг. [352], NOAA – 1981–2010 гг. [232]. Росгидромет в качестве «базовых» периодов использует разные временные интервалы: 1961–1990 гг. или 1990–1999 гг. [81] – периоды для оценки норм при расчете аномалий; 1911–2015 гг. – период для оценки вероятностей непревышения; 1976–2015 гг. – период для оценки трендов «современного потепления». В ряде случаев приводятся также оценки 100-летних трендов за 1916–2015 гг. [32]. Рядом учёных [321] обосновываются периоды 1966–1985 гг. и 1990–2006 гг.

В нашем исследовании анализировались данные за четыре периода: первый – с 1936 по 1970 г., второй – с 1971 по 2006 г., третий – с 2001 по 2015 г., четвёртый – с 1936 по 2015 г. Продолжительность первых двух – 35 лет – вполне достаточная, так как для вычисления средних многолетних дат неискаженных влиянием вековых колебаний климата рекомендуется использовать ряды длительностью не больше 30–40 лет [276], а некоторым учёным удалось на периодограмме, построенной по средней годовой температуре, установить для Томска 25–34-летние циклы [152]. За границу между первым и вторым периодами нами взят 1971 г., так как именно с этого года изменения климата стали наиболее выраженными [63, 105, 308, 331].

Некоторые исследователи [108] считают, что в Сибири с начала 2000-х гг. отмечаются изменения в температурных тенденциях, поэтому нами выделен третий период (2001–2015 гг.). Достаточно точное представление о норме и отклонениях фенологических сроков дает обработка рядов наблюдений за 15 лет и более, гарантирующих высокую вероятность того, что в течение такого периода будут учтены почти все возможные варианты хода сезонного развития местной природы [276]. Поэтому продолжительность выделенного нами третьего периода (с 2001 по 2015 г.) также можно считать репрезентативной. Временной отрезок с 1936 по 2015 г. позволяет провести сопоставления тенденций, рассчитанных за весь 80-летний период с трендами за менее продолжительные периоды внутри него, оценить их динамические изменения и устойчивость.

§ 2.2. Многолетняя динамика термического режима

Исследование региональных особенностей изменения климата мы начали с расчёта и сравнительного анализа среднегодовых, среднемесячных и среднесуточных температур приземного слоя воздуха *в календарных границах* за периоды, обозначенные выше (§§ 2.1.2).

§§ 2.2.1. Анализ межгодовой динамики среднегодовой температуры воздуха

Нами установлено, что за весь исследуемый 80-летний отрезок времени (рис. 2.1, *з*) наблюдается положительная тенденция в изменении многолетней годовой температуры воздуха с коэффициентом линейного тренда $+0,2 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$.

С 1936 по 2015 г. температура увеличилась на $2 \text{ }^\circ\text{C}$ (с $-0,7$ до $+1,3 \text{ }^\circ\text{C}$) при среднем уровне температуры данного продолжительного периода $+0,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Положительный тренд хода температуры воздуха по метеостанции Томск зафиксирован и в более короткие временные периоды, выделенные нами.

На рис. 2.1, *а, б* видно, что в первом и втором периодах наблюдаются также положительные тенденции в изменении среднегодовой температуры приземного слоя воздуха, но скорость роста температур в первом была почти в девять раз меньше, чем во втором ($+0,056 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ против $+0,49 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$ соответственно), т.е. она оказалась выше, чем по Западной Сибири за период с 1978 по 2006 г. ($0,32 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) и близка к значению по России в целом ($0,43 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$) [206].

В начале первого периода среднегодовая температура воздуха составляла $-0,3 \text{ }^\circ\text{C}$, к концу периода она повысилась незначительно – до $-0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, во втором периоде эти показатели увеличились с $-0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ в его начале до $+1,5 \text{ }^\circ\text{C}$ в конце.

На фоне некоторого замедления глобального потепления с начала 2000-х гг. тенденция среднегодовой температуры в Томске, как и Алтайском крае [321], за период с 2001 по 2015 г. поменяла знак на отрицательный, однако значение коэффициента линейного тренда оказалось несущественным ($-0,003 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ лет}$), и температуры в этот период практически колебались около достигнутого высокого уровня второго периода.

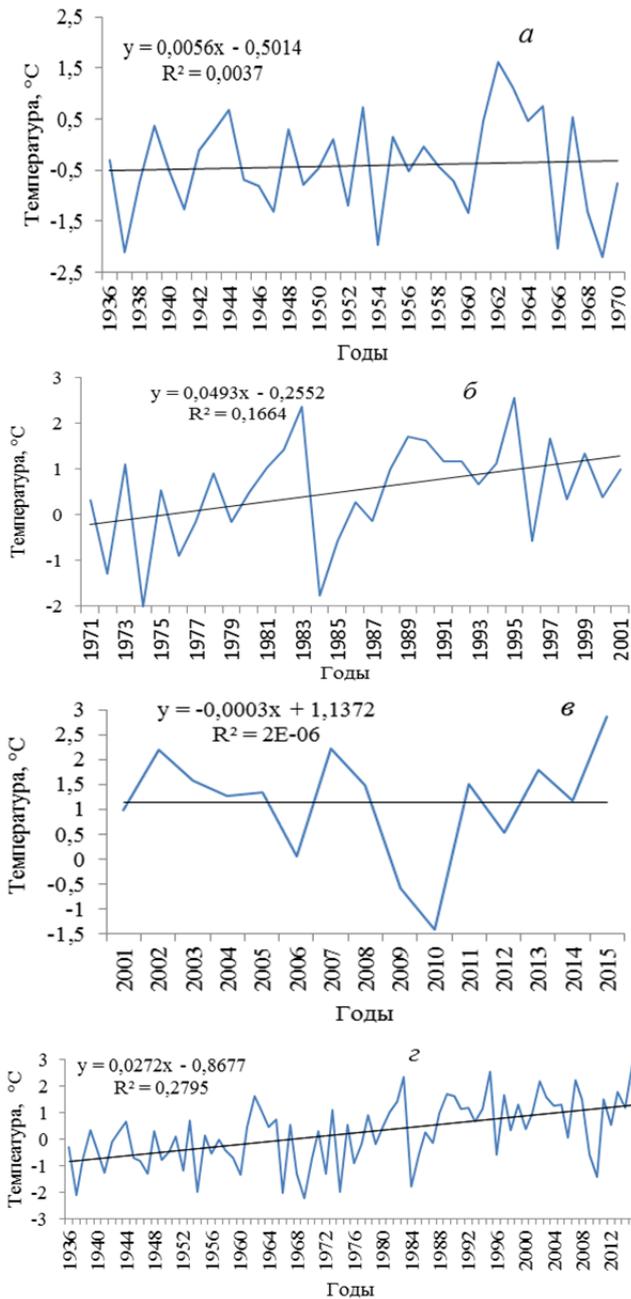


Рис. 2.1. Изменение среднегодовых температур приземного слоя воздуха, Томск. — — — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.; б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; з – с 1936 по 2015 г.

В границах трех периодов, выделенных внутри 80-летнего ряда для значений среднемноголетних среднесуточных, среднегодовых минимальных и среднегодовых максимальных температур воздуха, были рассчитаны основные статистические параметры, а именно: многолетние средние значения, определены их экстремальные показатели (максимальные и минимальные) с указанием года, когда они наблюдались (табл. 2.1).

В табл. 2.1 отмечена положительная тенденция в изменении всех характеристик температуры воздуха. Так, рост параметров средней многолетней среднесуточной температуры от первого периода ко второму составил: 1,0°C для средней суточной, 0,2 °C для минимального её значения, 0,9°C для максимального значения; от первого к третьему значения указанных характеристик изменялись, соответственно, на 1,5; 0,8; 1,2 °C; от второго к третьему – 0,5; 0,6; 0,2 °C. Таким образом, с 1936 до 2015 г. наблюдается тенденция роста среднемноголетних среднесуточных температур воздуха.

Т а б л и ц а 2.1

Основные параметры среднемноголетних значений среднесуточной, минимальной и максимальной температуры приземного слоя воздуха для Томска

Период, годы	$T_{\text{ср.}}$	T_{min}	T_{max}
Среднесуточная температура, °C			
1936–1970	–0,3	–2,1 (1969)	+1,7 (1962)
1971–2006	+0,7	–1,9 (1974)	+2,6 (1995)
2001–2015	+1,2	–1,3 (2014)	+2,9 (2015)
Минимальная температура, °C			
1936–1970	–4,9	–6,9 (1936)	–2,2 (1947)
1971–2006	–3,7	–6,6 (1974)	–1,7 (1995)
2001–2015	–3,0	–5,6 (2010)	+0,5 (2015)
Максимальная температура, °C			
1936–1970	+5,0	+7,2 (1962)	+3,0 (1937)
1971–2006	+6,1	+3,5 (1984)	+7,8 (1995)
2001–2015	+6,6	+4,3 (2009)	+8,1 (2014)

Примечание. $T_{\text{ср.}}$ – среднегодовые многолетние значения температуры; T_{max} – среднегодовые многолетние максимальные значения температуры; T_{min} – среднегодовые многолетние минимальные значения температуры.

Следует отметить, что значительно повысился уровень среднегодовых значений минимальных и максимальных температур к третьему периоду (с 2001 по 2015 г.), особенно у минимальных температур, рост ко-

торых от первого периода к третьему составил почти $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от $-4,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ в первый период до $-3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – в третий). Повышение средних многолетних максимальных температур от первого периода ($+5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$) ко второму ($+6,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) составило $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, от второго периода к третьему ($+6,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) – $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. От первого периода к двум последующим также значительно повысился уровень экстремальных показателей данных температурных характеристик. Так, за третий период максимальное значение среднегодовых минимальных температур составило $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в первый период и $-1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ – во второй), а максимальное значение среднегодовых максимальных температур оказалось равным $+8,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в первый период и $+7,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ – во второй). Таким образом, с 1970-х гг. отмечается, хотя и с разной интенсивностью, рост значений всех показателей термического режима (см. табл. 2.1), что подтверждается исследованиями, проведёнными в подтайге Новосибирской области [16].

Нами также были рассмотрены изменения среднесуточных значений среднесуточной температуры воздуха в Томске за более продолжительный временной ряд – с 1880 г. по 2019 г., т.е. практически за весь период непрерывных инструментальных наблюдений. Имеющиеся данные были сгруппированы в последовательные десятилетия, для которых были рассчитаны средние многолетние значения среднегодовых среднесуточных температур приземного слоя воздуха. Из 14 десятилетий самым холодным оказалось первое (с 1881 по 1890 г.), средняя величина среднегодовой температуры которого составила $-1,17\text{ }^{\circ}\text{C}$, самым теплым – последнее (с 2011 по 2019 г.) со средней температурой $+1,51\text{ }^{\circ}\text{C}$. Размах колебания среднегодовой температуры за 140-летний период составил $2,68\text{ }^{\circ}\text{C}$. Следует отметить, что начиная с 1971 г., отмечается более быстрый рост средних за десятилетия температур, и с 1981 г. их значения становятся положительными.

Кроме этого, было проведено ранжирование по убыванию среднегодовых среднесуточных температур за период с 1875 по 2019 г. В результате выяснилось, что в первую десятку с самыми высокими значениями среднегодовых температур вошли семь лет нынешнего столетия. Они заняли следующие места: I место – 2015 г. ($+2,86\text{ }^{\circ}\text{C}$) – самый тёплый, IV место – 2007 г. ($+2,21\text{ }^{\circ}\text{C}$), V место – 2008 г. ($+2,19\text{ }^{\circ}\text{C}$), VI место – 2017 г. ($2,19\text{ }^{\circ}\text{C}$), VII место – 2019 г. ($+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), VIII место – 2013 г. ($+1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), X место – 2016 г. ($+1,71\text{ }^{\circ}\text{C}$). Всё вышеизложенное еще раз подчеркивает, что, несмотря на смену температурного тренда после 2000 г. знака на отрицательный, уровень значений температуры в последние десятилетия остается значительно выше всех предыдущих периодов.

Изменения среднегодовых значений температур приземного слоя воздуха даёт общее представление об их временной динамике, но не отражает особенности изменений внутри года [312, 348].

§§ 2.2.2. Анализ динамики среднемесячных температур

Для анализа внутригодовой динамики были рассчитаны средние многолетние значения температуры за каждый месяц по изучаемым нами периодам (табл. 2.2).

Анализ данных табл. 2.2 позволяет сделать вывод, что за все месяцы от первого периода к последующим наблюдается рост значений средне-многолетних среднемесячных температур воздуха. При этом повышение температур характерно в течение всего года, но наиболее значительный их рост наблюдается в зимние месяцы.

Так, средний прирост средней суточной температуры этого сезона (с ноября по март) от первого периода ко второму составил $+2,1$ °C (при максимуме в декабре $+3,0$ °C), минимальной – $+2,5$ °C (при максимуме в декабре $+3,2$ °C), максимальных – $+1,8$ (при максимуме в декабре $+2,3$ °C). Разница между первым и третьим периодами у среднесуточных температур увеличилась, и в зимние месяцы повышение составило $+2,4$ °C (с максимумом в марте $+4,1$ °C), а в летние $+1,4$ °C (при максимуме в августе $+3,4$ °C).

Следует отметить, что за третий период по отношению к первому происходит рост максимальных и минимальных температур за все теплые месяцы (с апреля по октябрь). За третий период минимальные летние температуры повысились на $+1,1$ °C (максимум сдвинулся на июнь – $+1,9$ °C), так же в указанные месяцы этого периода отмечается рост максимальных температур до $+1,5$ °C (с максимумом в апреле $+2,4$ °C).

Проведенный анализ как среднегодовых, так и среднемесячных значений рассматриваемых характеристик термического режима приземного слоя воздуха показал их значительный рост после 1970-х гг., при этом уровень роста у минимальных температур в зимние месяцы оказался выше роста максимальных температур, что согласуется исследованиями в других регионах Сибири [67, 68, 142].

Как результат, амплитуда колебания между экстремальными значениями температур в среднем за зимние месяцы уменьшилась на $0,9$ °C (с $9,1$ до $8,2$ °C), что говорит о смягчении в той или иной степени в регионе климата в холодное время года.

Среднемноголетние среднемесячные температуры воздуха за периоды с 1936 по 2015 г. и разница между ними для Томска

Период, годы	Месяц*											
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Среднесуточная температура воздуха, °С												
1936–1970 (первый)	1,1	-10,8	-17,8	-18,8	-16,7	-9,7	0,6	9,1	15,4	18,6	12,2	9,3
1971–2006 (второй)	1,3	-8,4	-14,8	-17,4	-15,3	-7,7	1,0	9,9	16,0	18,6	15,4	9,0
Разница 1 и 2	+0,2	+2,4	+3,0	+1,4	+1,4	+2,0	+0,4	+0,8	+0,6	0	+3,2	-0,3
2001–2015 (третий)	1,8	-7,2	-14,9	-18,4	-16,0	-5,6	2,5	10,7	17,1	18,4	15,5	9,2
Разница 1 и 3	+0,7	+3,6	+2,9	+0,4	+0,8	+4,1	+1,9	+1,6	+1,8	+0,2	+3,4	+0,1
Минимальная температура воздуха, °С												
1936–1970 (первый)	-2,2	-15,0	-22,0	-23,0	-21,1	-14,9	-4,1	3,7	9,9	13,4	10,1	4,8
1971–2006 (второй)	-2,0	-12,1	-18,8	-21,3	-19,7	-12,4	-3,4	4,5	10,8	13,4	10,7	4,8
Разн. 1 и 2	+0,2	+2,9	+3,2	+1,7	+1,4	+2,5	+0,7	+0,8	+0,9	0	+0,6	0
2001–2015 (третий)	-1,0	-9,5	-19,2	-22,0	-19,1	-10,2	-2,4	5,1	11,8	13,5	11,1	5,4
Разница 1 и 3	+1,2	+5,5	+2,8	+1,0	+2,0	+4,7	+1,7	+1,4	+1,9	+0,1	+1,0	+0,6
Максимальная температура воздуха, °С												
1936–1970 (первый)	4,9	-7,1	-13,3	-14,5	-11,6	-3,8	6,2	15,7	21,8	24,3	20,6	14,9
1971–2006 (второй)	5,2	-5,0	-11,0	-13,2	-10,0	-1,7	7,0	17,1	22,7	24,6	21,3	14,4

2. Многолетние изменения климатических режимов

Период, годы	Месяц*											
	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
Разница 1 и 2	+0,3	+2,1	+2,3	+1,3	+1,6	+2,1	+0,8	+1,4	+0,9	+0,3	+0,7	-0,5
2001– 2015 (третий)	6,5	-3,4	-11,2	-14,3	-10,3	0,1	8,8	17,8	23,5	24,5	21,8	15,4
Разница 1 и 3	+1,6	+3,7	+2,1	+0,2	+1,3	+3,9	+2,4	+2,1	+1,7	+0,2	+1,2	+0,5
Амплитуда колебания температур, °С												
1936– 1970 (первый)	7,1	7,9	8,7	8,5	9,5	11,1	10,3	12,0	11,9	10,9	10,5	10,1
1971– 2006 (второй)	7,2	7,1	7,8	8,1	9,7	10,7	10,4	12,6	11,9	11,2	10,6	9,6
Разница 1 и 2	0,3	-0,8	-0,9	-0,4	0,2	-0,4	0,1	0,6	0,1	0,3	0,1	-0,5
2001– 2015 (третий)	7,5	6,1	8,0	7,7	8,8	10,3	11,2	12,7	11,7	11,0	10,7	10,0
Разница 1 и 3	0,4	-1,8	-0,7	-0,8	-0,4	-0,8	0,9	0,7	-0,2	0,1	0,2	-0,1

Примечание: * – порядок расположения месяцев соответствует сезонному ходу температуры воздуха и начинается с холодно-снежной части годового цикла; – – понижение среднемесячной температуры воздуха по отношению к сравниваемому периоду; + – повышение среднемесячной температуры воздуха по отношению к сравниваемому периоду; разница 1 и 2 – разница между первым и вторым периодом; разница 1 и 3 – разница между первым и третьим периодом.

В теплое же время от первого периода к третьему во все месяцы, за исключением июня и сентября, наблюдается небольшое увеличение амплитуды колебания температуры (см. табл. 2.2), что объясняется более быстрым ростом значений максимальных температур по сравнению с минимальными температурами.

§§ 2.2.3. Анализ динамики средних многолетних суточных температур

Для более детальной оценки внутригодовой динамики температуры воздуха были рассчитаны средние многолетние суточные значения среднесуточных, минимальных, максимальных температур воздуха за сравниваемые периоды по данным метеостанции Томск и построены графики их хронологического хода (рис. 2.2, 2.3).

Следует отметить, что подобные графики суточного разрешения имеют еще и прогностическое значение, так как на них видны периоды, в которые из года в год отмечаются повышения или понижения температуры воздуха, обусловленные устойчиво повторяющимися во времени циркуляционными процессами [15].

Из рис. 2.2 видно, что на всех трех графиках кривые первого периода (с 1936 по 1970 г.) имеют более низкий уровень температуры, особенно в холодную часть года. Так, за время с температурами устойчиво ниже 0°C , среднее значение средней суточной температуры воздуха первого периода составило $-13,4^{\circ}\text{C}$, второго периода $-11,4^{\circ}\text{C}$; третьего периода $-11,0^{\circ}\text{C}$; минимальных температур – $-15,1$; $-13,4$; $-12,5^{\circ}\text{C}$; максимальных – $-10,6$; $-9,0$; $-9,5^{\circ}\text{C}$ соответственно. Следует отметить, что средний уровень максимальных температур от второго периода к третьему понизился на $0,5^{\circ}\text{C}$.

Как видно на рис. 2.2, наибольший рост от первого периода к третьему на этом отрезке годового цикла отмечается у минимальных температур (на $3,4^{\circ}\text{C}$), далее идут среднесуточные (на $1,4^{\circ}\text{C}$) и максимальные ($1,1^{\circ}\text{C}$).

Различия в значениях средних многолетних среднесуточных температурах воздуха за теплую часть года (за время с температурами устойчиво выше 0°C) между первым и третьим периодами оказались менее заметными и составили $-0,5^{\circ}\text{C}$ (с $11,5$ до $12,0^{\circ}\text{C}$), у минимальных $-0,3^{\circ}\text{C}$ (с $8,1$ до $8,4^{\circ}\text{C}$), у максимальных $-0,3^{\circ}\text{C}$ (с $15,0$ до $15,3^{\circ}\text{C}$).

На рис. 2.3 представлен средний многолетний суточный ход амплитуды колебания температуры приземного слоя воздуха.

Среднегодовая величина амплитуды колебания температуры воздуха за первый период составила $9,9^{\circ}\text{C}$, за второй $-9,8^{\circ}\text{C}$, за третий $-9,7^{\circ}\text{C}$, т.е. она уменьшилась, хотя и незначительно, на $0,2^{\circ}\text{C}$.

Внутри же года наибольшие различия в уровне значений амплитуды колебания температуры воздуха сравниваемых периодов отмечаются на отрезке с 1 ноября по 30 марта.

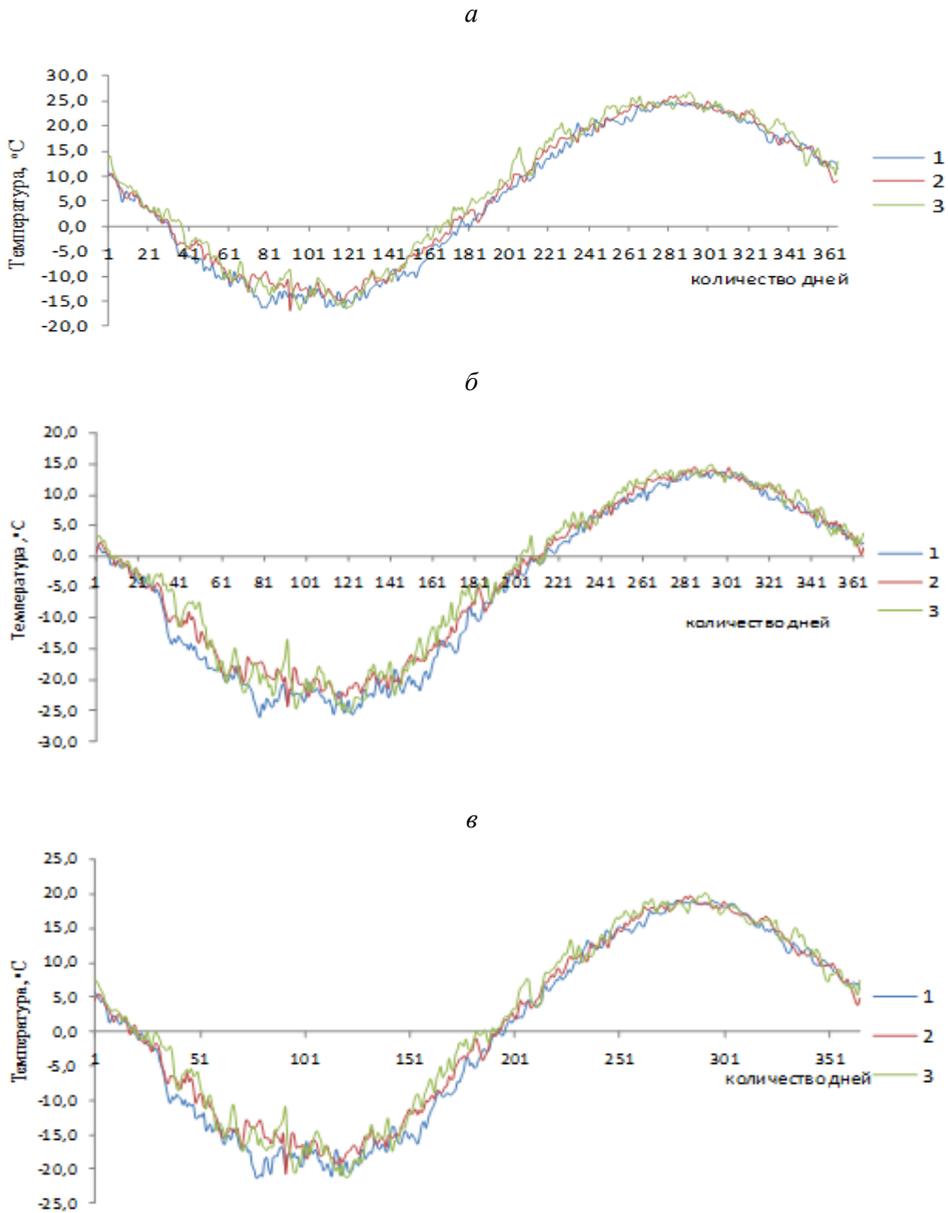


Рис. 2.2. Хронологический ход (с 1 октября) средней многолетней среднесуточной (а), максимальной (б), минимальной (в) температуры приземного слоя воздуха в Томске. Период: 1 – с 1936 по 1970 г.; 2 – с 1971 по 2006 г.; 3 – с 2001 по 2015 г.

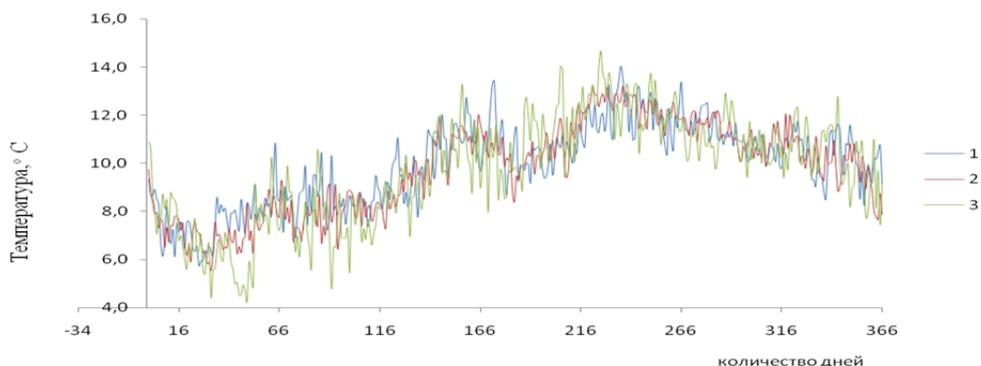


Рис. 2.3. Хронологический ход (с 1 октября) средней многолетней суточной амплитуды колебания температуры воздуха в Томске.

Период: 1 – с 1936 по 1970 г.; 2 – с 1971 по 2006 г.; 3 – с 2001 по 2015 г.

Средняя величина этого параметра за первый период составила 9,2 °С, второго – 8,3 °С. Как было отмечено выше, уменьшение внутрисуточной изменчивости температуры воздуха связано с более быстрым ростом минимальных температур в зимнее время по сравнению с максимальными. Это привело к уменьшению амплитуды колебания между экстремальными значениями температуры приземного слоя воздуха. В летние месяцы суточный ход амплитуды изменяется незначительно.

Анализ межгодовой и внутригодовой динамики термического режима на ст. Томск, а также средних многолетних среднесуточных показателей температуры воздуха показал, что в подтайге юго-восточной части ЗСР наблюдается изменение климата в сторону потепления.

Из исследования межгодовой динамики показателей термического режима выяснилось, что от первого периода (1936–1970 гг.) к третьему (2001–2015 гг.) отмечается их рост, данная тенденция наблюдается и в многолетней внутригодовой динамике, причем повышение температур характерно в течение всего года, но оно наиболее заметно в зимние месяцы, что согласуется с исследованиями и по другим регионам России [108, 212, 331].

§ 2.3. Динамика естественных климатических сезонов года и их структурных единиц

Особенности изменений климатических характеристик сезонов года и их структурных единиц рассматриваются путем сравнения их значений

по указанным выше временным периодам (§§ 2.1.2). В качестве критериев для отграничения сезонов года и их фаз для Томска используются показатели, обоснованные в работах Н.В. Рутковской [256] с учётом уточнений Т.В. Ромашовой [239].

В каждом сезоне выделяется по три структурные единицы – фазы (прил. 1). Весна делится на три фазы: «снеготаяние», «послезимье» и «предлетье». Начало фазы «снеготаяние» знаменует прекращение устойчивых морозов и достижение максимальных запасов воды в снеге, а её конец (или начало фазы «послезимье») – датой разрушения устойчивого снежного покрова. Вторая фаза весны («послезимье») от третьей («предлетье») отделяется по дате окончательного схода снежного покрова.

В течение летнего сезона выделяются такие фазы: «умеренно-прохладное лето», «умеренно-тёплое лето», «спад лета». С началом лета (фаза «умеренно-прохладное лето») в жизни живой природы происходят существенные изменения, поскольку минимальная температура воздуха переходит через 5° (термический минимум ассимиляции), т.е. с этого времени жизнедеятельность растений становится активной и бесперебойной [282, 332]. Вторая фаза лета охватывает время с температурами, устойчиво превышающими 15°C (прил. 1). Конец фазы «спад лета» знаменует начало первой фазы осени – «становление осени», конец которой соответствует переходу средней суточной температуры воздуха и влажности, соответственно, через $+5^{\circ}\text{C}$ и 6 гПа на кривой спада их значений. Центральную фазу осени называют «поздняя осень». От третьей фазы этого сезона («предзимье») она отделяется по дате появления, еще неустойчивого снежного покрова, конец фазы «предзимье» знаменует дата начала устойчивых морозов.

Зима состоит из следующих фаз: «умеренно-морозная зима», «значительно-морозная зима», «предвесенье». Критерии начала первой и последней уже были указаны выше. Это соответственно, показатель конца фазы «предзимье» и начала фазы «снеготаяние». Холодное ядро зимы – «значительно-морозная зима» – охватывает отрезок времени со средней суточной температурой воздуха ниже -16°C [239].

Все количественные показатели, используемые в качестве критериев начала / конца сезонов года подтверждаются фенологическими явлениями (феноиндикаторами), свидетельствующими о начале соответствующего сезона года или его структурной единицы (прил. 1).

§§ 2.3.1. Многолетние изменения климатических характеристик зимнего сезона года и его структурных единиц

Основным сезоном годового цикла сибирских регионов является зима. Погодные условия данного сезона в значительной степени определяют как особенности функционирования природных геосистем, так и жизнедеятельность людей, организацию их хозяйственной и социальной деятельности. Это подчеркивает актуальность исследования для данных широт особенностей временной динамики климатических режимов зимнего сезона года в условиях глобального изменения климата.

§§§ 2.3.1.1. Изменение временных характеристик и их тенденции

Рассмотрим динамические изменения временных характеристик (дат начала, конца и продолжительности) зимнего сезона года (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Временные характеристики структурных единиц зимнего сезона года, Томск

Период, годы	Структурные единицы зимнего сезона года (фазы)									Зима
	умеренно-морозная			значительно-морозная			предвесенье			
	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	
1936–1970	1.11	15.12	45	16.12	19.02	66	20.02	24.03	33	144
	$\sigma \pm 8,4$			$\sigma \pm 25,7$	$\sigma \pm 16,3$			$\sigma \pm 10,0$		
1971–2006	5.11	18.12	44	19.12	12.02	56	13.02	20.03	36	136
	$\sigma \pm 11,6$			$\sigma \pm 20,6$	$\sigma \pm 22,2$			$\sigma \pm 11,3$		
2001–2015	7.11	16.12	40	17.12	12.02	58	13.02	16.03	32	130
	$\sigma \pm 10,9$			$\sigma \pm 23,1$	$\sigma \pm 23,5$			$\sigma \pm 11,0$		

Примечание. Δl – продолжительность, σ – среднее квадратическое отклонение.

Из данных табл. 2.3 следует, что продолжительность зимнего сезона в течение исследуемого 80-летнего периода заметно уменьшилась – со 144 дней в первый период до 130 дней в третий. Во втором периоде она стала короче на 8 дней, в третьем – на 14 дней по сравнению с первым.

Это связано как со смещением даты начала сезона (начало фазы «умеренно-морозная зима») на более поздние сроки (с 1 на 7 ноября), так и даты его конца (конец фазы «предвесенье») на более ранние (с 24 на

16 марта), т.е. на 6 дней в первом случае, на 8 дней – во втором. Происходит это из-за повышения температуры воздуха в марте месяце (см. табл. 2.2), особенно в первую и вторую его декады.

Существенно изменились временные границы центральной фазы зимы («значительно-морозная зима»). В первом периоде фаза «значительно-морозная зима» начиналась 16 декабря, во втором – 19 декабря, а заканчивалась 19 и 12 февраля соответственно. Таким образом, продолжительность холодного ядра сезона за период с 1971 по 2006 г. сократилась на 10 дней, или на 15% от продолжительности первого периода. Эти изменения произошли как за счет более позднего начала центральной фазы зимы (на 3 дня), так и более раннего ее окончания (на 7 дней). В третьем периоде устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через -16°C (критерий ее начала/конца) в среднем стал происходить еще раньше – 17 декабря по сравнению со вторым. Дата конца фазы «умеренно-морозная зима» в третьем периоде осталась такой, как и предшествующем (12 февраля).

В соответствии с указанными изменениями дат начала и конца фазы «значительно-морозная зима» меняется и ее продолжительность – с 66 дней первого периода до 56 дней второго и 58 дней третьего (см. табл. 2.3).

Изменения в соотношении продолжительности фаз зимнего сезона во времени отражены на рис. 2.4.

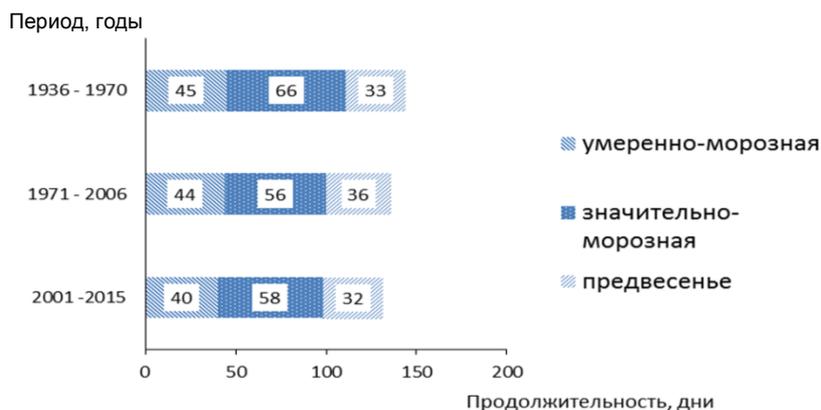


Рис. 2.4. Изменение продолжительности структурных единиц зимнего сезона года, Томск

Выявленные особенности временных характеристик подтверждают данные табл. 2.4, где представлены сведения о повторяемости разных по началу, концу и продолжительности типов зимнего сезона года. Степень аномальности дат устанавливалась по методике, описанной в §§ 2.1.1.

Таблица 2.4

Повторяемость типов зимнего сезона по дате начала, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Р	Р	Н	П	О/П
1936–1970	3	17	77	3	0
1971–2006	0	8%	70	19	3
2001–2015	0	0	60	20	20%

Примечание. Здесь и в табл. 2.5: Н – нормальное начало (конец); Р – раннее начало (конец); П – позднее начало (конец); О/Р – очень раннее начало (конец); О/П – очень позднее начало (конец).

Как следует из табл. 2.4, на метеостанции Томск от первого периода ко второму заметно сократилась повторяемость ранних по началу зим – с 17% (1938/39 г., 1940/41 г., 1950/51 г., 1953/54 г., 1961/62 г.) до 8% (1976/77 г., 1986/87 г., 1996/97 г.), повторяемость очень ранних по началу зим уменьшилась с 3% (1964/65 г.) до 0% в третьем и втором периодах. Однако заметно увеличилось число лет с поздним типом начала зимы – с 3% (2004/05 г.) до 20% (2004/05 г., 2008/09 г., 2013/14 г.).

В повторяемости типов зим по дате окончания сезона отмечаются следующие особенности: доля случаев с ранним окончанием зим от первого периода ко второму возросла с 0 до 22% (1980/81 г., 1982/83 г., 1987/88 г. и др.). Повторяемость поздних и очень поздних по окончанию зим от первого периода к третьему уменьшилась – с 23% (1942/43 г., 1949/50 г., 1953/54 г. и 1959/60 г.) до 6% (2003/04 г.) (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Повторяемость типов зимнего сезона по дате конца, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Р	Р	Н	П	О/П
1936–1970	0	0	77	20	3
1971–2006	3	22	69	3	3
2001–2015	6	0	88	6	0

Таблица 2.6

Повторяемость типов зимнего сезона по его продолжительности, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/К	К	Н	Д	О/Д
1936–1970	0	0	69	28	3
1971–2006	6	14	69	11	0
2001–2015	13	27	60	0	0

Примечание. Н – нормальная продолжительность; К – короткая продолжительность; Д – длинная продолжительность; О/К – очень короткая продолжительность; О/Д – очень длинная продолжительность.

Временные изменения в повторяемости типов зим по продолжительности (табл. 2.6) соответствуют указанным выше особенностям динамики повторяемости типов зимнего сезона по датам начала и конца.

Из табл. 2.6 следует, что во все периоды доля нормальных по продолжительности зим является преобладающей. Следует отметить, что от первого периода к третьему повторяемость длинных зим заметно сократилась: с 28% (1935/36 г., 1936/37 г., 1940/41 г., 1942/43 г., 1949/50 г., 1951/52 г., 1953/54 г., 1963/64 г., 1968/69 г.) до 0%, а доля коротких зим, наоборот, увеличилась с 0 до 27% (2002/03 г., 2004/05 г., 2007/08 г., 2008/09 г., 2010/11 г., 2013/14 г., 2014/15 г.).

Для выявления тенденции в изменении временных характеристик сезонов года за рассматриваемые периоды построены графики хронологического хода климатических характеристик структурных единиц годового цикла (дат начала, конца, продолжительности и т.д.), рассчитаны линейные тренды, приведены их уравнения и уровень достоверности (R^2) (рис. 2.5).

Из анализа рис. 2.5. следует, что на временном отрезке с 1936 по 1970 г. дата начала зимнего сезона имела тенденцию к смещению на более поздние сроки – в среднем на 1,5 дн./10 лет. Во втором периоде (с 1971 по 2006 г.) тенденция обрела более заметный характер – 2,8 дн./10 лет. В третьем периоде (с 2001 по 2015 г.) скорость смещения даты начала сезона на более поздние сроки уменьшилась до 0,6 дн./10 лет. Линейный тренд дат начала зимнего сезона за 80 лет (с 1936 по 2015 г.) отражает устойчивую тенденцию к более поздним срокам начала зимнего сезона с коэффициентом линейного тренда 2,3 дн./10 лет (рис. 2.5, з).

Выраженная тенденция во втором периоде смещения начала зимы (начала устойчивых морозов и устойчивого формирования снежного покрова, СП) на более поздние сроки свидетельствует об устойчивом повышении температуры воздуха ноября месяца, что подтверждается также полученными выводами из анализа динамики среднемесячных значений температуры воздуха (см. табл. 2.2).

Даты конца зимнего сезона демонстрируют иную динамику (рис. 2.6).

Так, в период с 1936 по 1970 г. (рис. 2.6, а) дата конца зимнего сезона имела положительную тенденцию к смещению на более поздние сроки (+0,6 дн./10 лет), с 1971 по 2006 г. она поменяла знак на отрицательный и стала наступать раньше со скоростью 2,6 дн./10 лет (рис. 2.6, б). В третий период (рис. 2.6, в) знак тенденции вновь поменялся и стал положительным (+2,4 дн./10 лет).

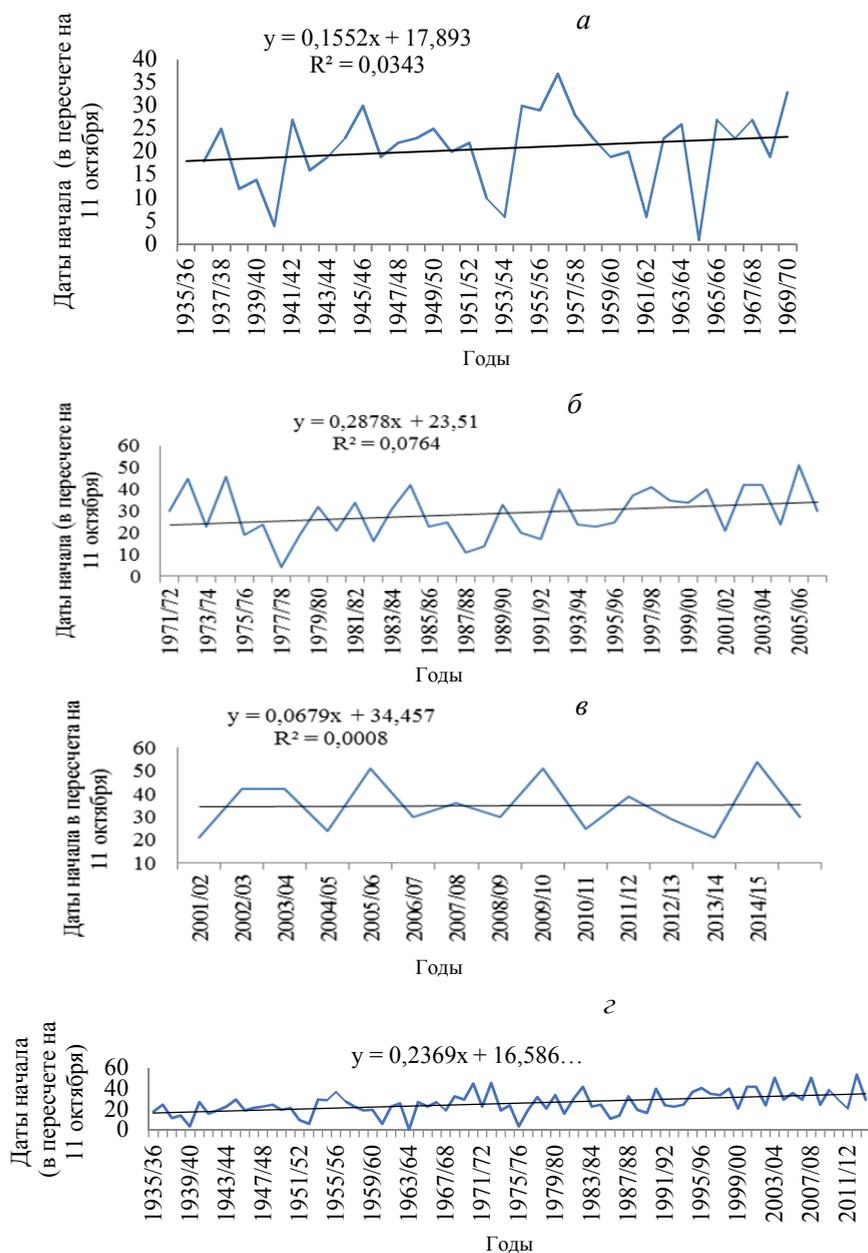


Рис. 2.5. Изменение дат начала зимнего сезона года, Томск.
 ———— — линейный тренд. Период: *а* — с 1936 по 1970 г.;
б — с 1971 по 2006 г.;
в — с 2001 по 2015 г.; *г* — с 1936 по 2015 г.

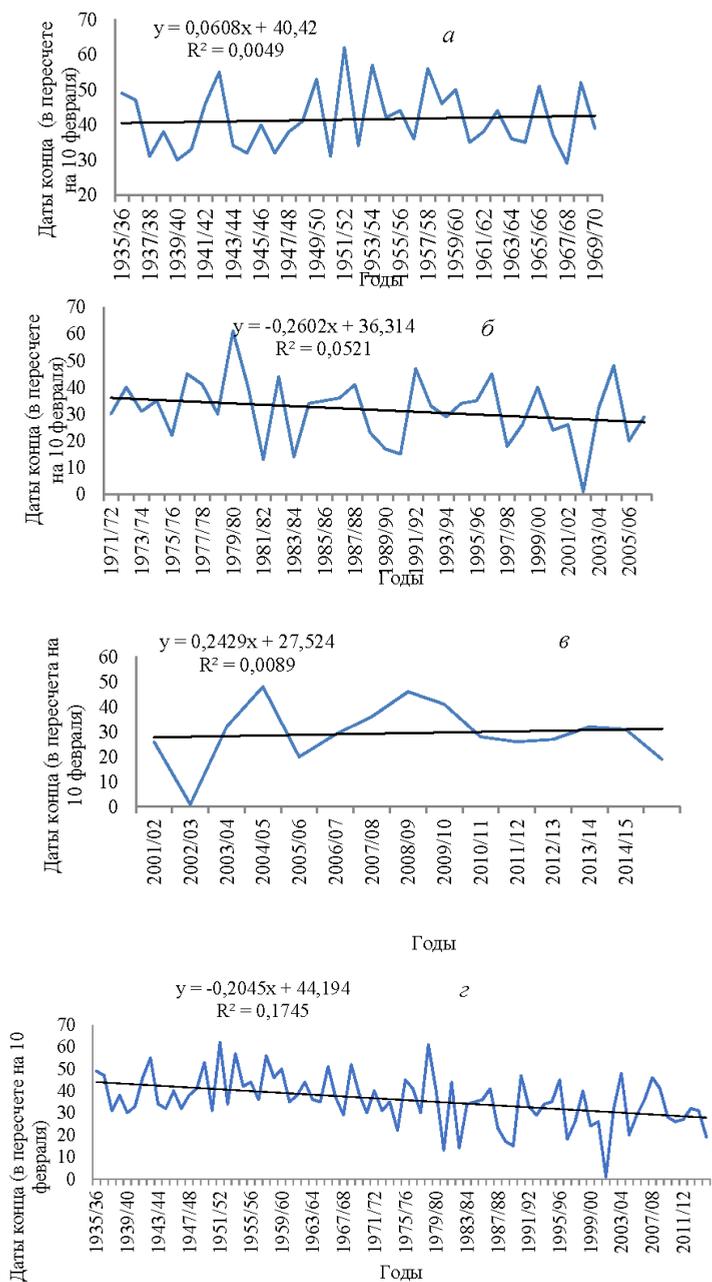


Рис. 2.6. Изменение дат конца зимнего сезона года, Томск.
 — — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.;
 б – с 1971 по 2006 г.;
 в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

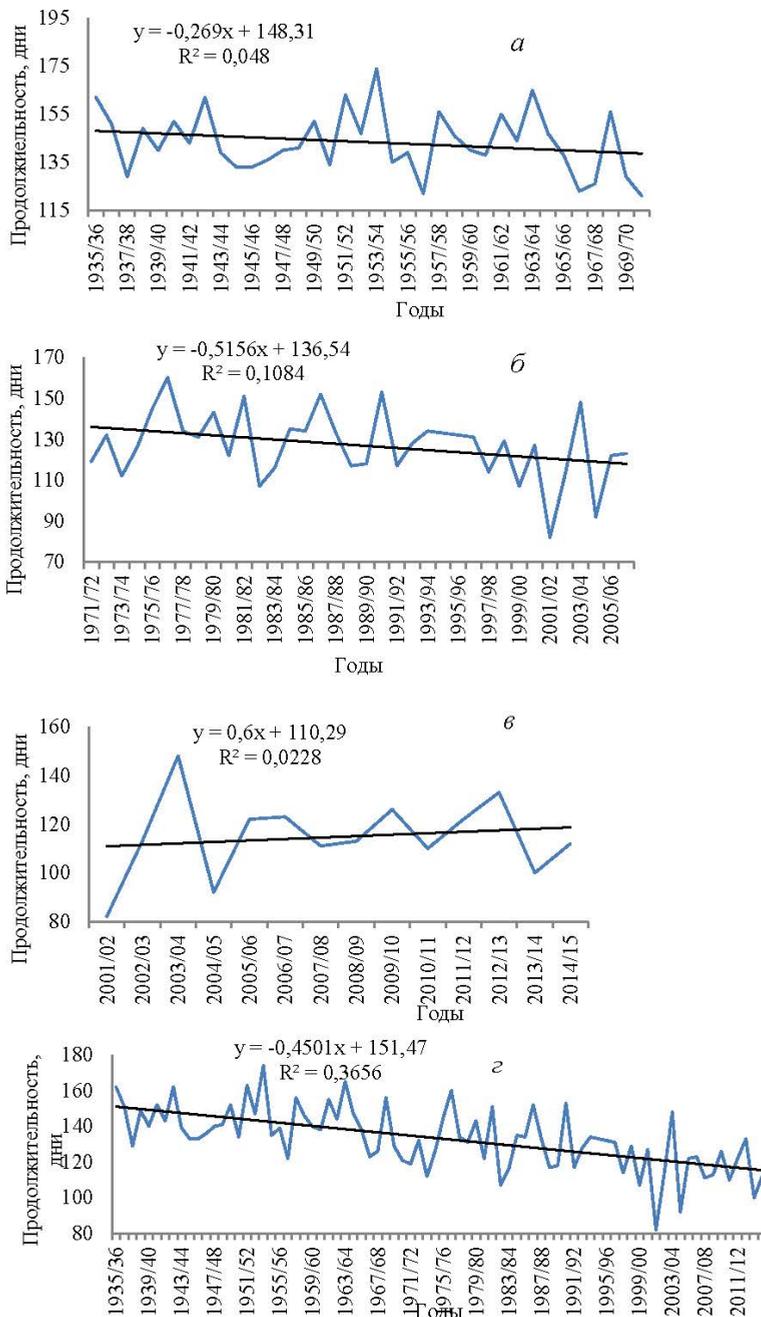


Рис. 2.7. Изменение продолжительности зимнего сезона года, Томск.

— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.;

б – с 1971 по 2006 г.;

в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

На графике хронологического хода дат конца зимнего сезона за весь 80-летний период коэффициент линейного тренда имеет отрицательное значение ($-2,0$ дн./10 лет), что говорит об устойчивости тенденции окончания зимы в более ранние сроки, чем в период с 1936 по 1970 г. (рис. 2.6, *з*).

Так, в период 1936 до 1970 г. (рис. 2.6, *а*) дата конца зимнего сезона имела положительную тенденцию к смещению на более поздние сроки ($+0,6$ дн./10 лет), с 1971 по 2006 г. она поменяла знак на отрицательный и стала наступать раньше со скоростью $2,6$ дн./10 лет (рис. 2.6, *б*). В третий период (рис. 2.6, *в*) знак тенденции вновь поменялся и стал положительным ($+2,4$ дн./10 лет). На графике хронологического хода дат конца зимнего сезона за весь 80-летний период коэффициент линейного тренда имеет отрицательное значение ($-2,0$ дн./10 лет), что говорит об устойчивости тенденции окончания зимы в более ранние сроки, чем в период с 1936 по 1970 г. (рис. 2.6, *з*).

Выявленные особенности в изменении сроков наступления дат начала и конца зимнего сезона нашли свое отражение и в его продолжительности (см. рис. 2.7).

Согласно графикам *а, б, з* рис. 2.7, для Томска характерна ярко выраженная тенденция к сокращению холодного сезона, особенно с 1970-х гг. ($+5,5$ дн./10 лет). Тенденция изменилась в сторону увеличения продолжительности зимы в период 2001–2015 гг. (6 дн./10 лет), не нарушив общей картины уменьшения зимы за 80-летний период.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что с 1970-х гг. на ст. Томск наблюдается уменьшение продолжительности зимнего сезона, а также фазы «значительно-морозная зима», что свидетельствует о смягчении суровости зимнего периода и более благоприятных условиях для жизнедеятельности человека по сравнению с более ранним периодом.

§§§ 2.3.1.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции

Каждая из выделенных структурных единиц сезонов года отличается определенным уровнем колебания характеристик термического режима и режима увлажнения, скоростью их изменений. Исследование термических условий зимнего сезона проводилось на основе анализа таких показателей, как сумма температур и средняя среднесуточная температура воздуха за зиму и её структурные единицы (табл. 2.7).

Термические характеристики зимнего сезона и его структурных единиц, Томск

Период	Структурные единицы зимнего сезона (фазы)						Зима	
	умеренно-морозная		значительно-морозная		предвесенье			
	$\Sigma t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\Sigma t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\Sigma t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\Sigma t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$
1936–1970	–464,6	–10,3	–1514,6	–22,9	–395,9	–11,9	–2375,1	–16,5
	$\sigma \pm 299,2$	$\sigma \pm 3,2$	$\sigma \pm 540,8$	$\sigma \pm 2,8$	$\sigma \pm 276,9$	$\sigma \pm 2,2$	$\sigma \pm 371,3$	$\sigma \pm 2,8$
1971–2006	–451,5	–10,3	–1136,8	–20,3	–422,9	–11,7	–2009,9	–14,7
	$\sigma \pm 312,6$	$\sigma \pm 2,6$	$\sigma \pm 511,1$	$\sigma \pm 2,6$	$\sigma \pm 250,9$	$\sigma \pm 1,8$	$\sigma \pm 361,7$	$\sigma \pm 2,3$
2001–2015	–361,7	–8,3	–1073,4	–18,5	–351,2	–10,9	–1786,3	–13,7
	$\sigma \pm 269,3$	$\sigma \pm 6,8$	$\sigma \pm 534,5$	$\sigma \pm 12,6$	$\sigma \pm 296,4$	$\sigma \pm 1,5$	$\sigma \pm 418,0$	$\sigma \pm 2,7$
1936–2015	–478,2	–10,0	–1218,3	–21,0	–370,2	–11,8	–2003,2	–15,1
	$\sigma \pm 303,0$	$\sigma \pm 3,8$	$\sigma \pm 573,6$	$\sigma \pm 5,8$	$\sigma \pm 255,2$	$\sigma \pm 1,9$	$\sigma \pm 414,0$	$\sigma \pm 2,6$

Примечание. Σt – сумма температур; t_{cp} – средняя суточная температура; σ – среднее квадратическое отклонение.

Из табл. 2.7 следует, что суммы накопленных отрицательных температур за три периода значительно отличаются между собой. Так, за первый период величина данного показателя составила $-2375,1 ^\circ C$, во втором $-2009,9 ^\circ C$, т.е. уменьшилась от первого периода ко второму на $366,2 ^\circ C$, что связано с сокращением продолжительности сезона. Значения средней температуры за зимний сезон от первого периода ко второму изменяются с $-16,5$ до $-14,7 ^\circ C$. Средняя суточная температура за зимний сезон в 2001–2015 гг. по сравнению со вторым периодом также повысилась на $1 ^\circ C$ при уменьшении суммы накопленных отрицательных температур приземного слоя воздуха на $223,6 ^\circ C$.

Внутри зимнего сезона значительные изменения термических показателей происходят во вторую фазу – «значительно-морозная зима». Суммы температур холодного ядра за исследуемые периоды следующие: $-1514,6 ^\circ C$ (первый период), $-1136,8 ^\circ C$ (второй период), $-1073,4 ^\circ C$ (третий период), при этом на $4,5 ^\circ C$ повышается значение средней за фазу температуры приземного слоя воздуха от первого периода к третьему (с $-22,9$ до $-18,5 ^\circ C$). За весь исследуемый период в целом с 1936 по 2015 г. эти показатели будут следующие: $-2003,2 ^\circ C$ (сумма накопленных отрицательных температур за зиму) и $-15,1 ^\circ C$ (средняя суточная температура за зиму).

Варьирование показателей термического режима, исходя из значений среднего квадратического отклонения, существенно. Эти значения, как видно, выше, чем в первом периоде, но ниже, чем во втором.

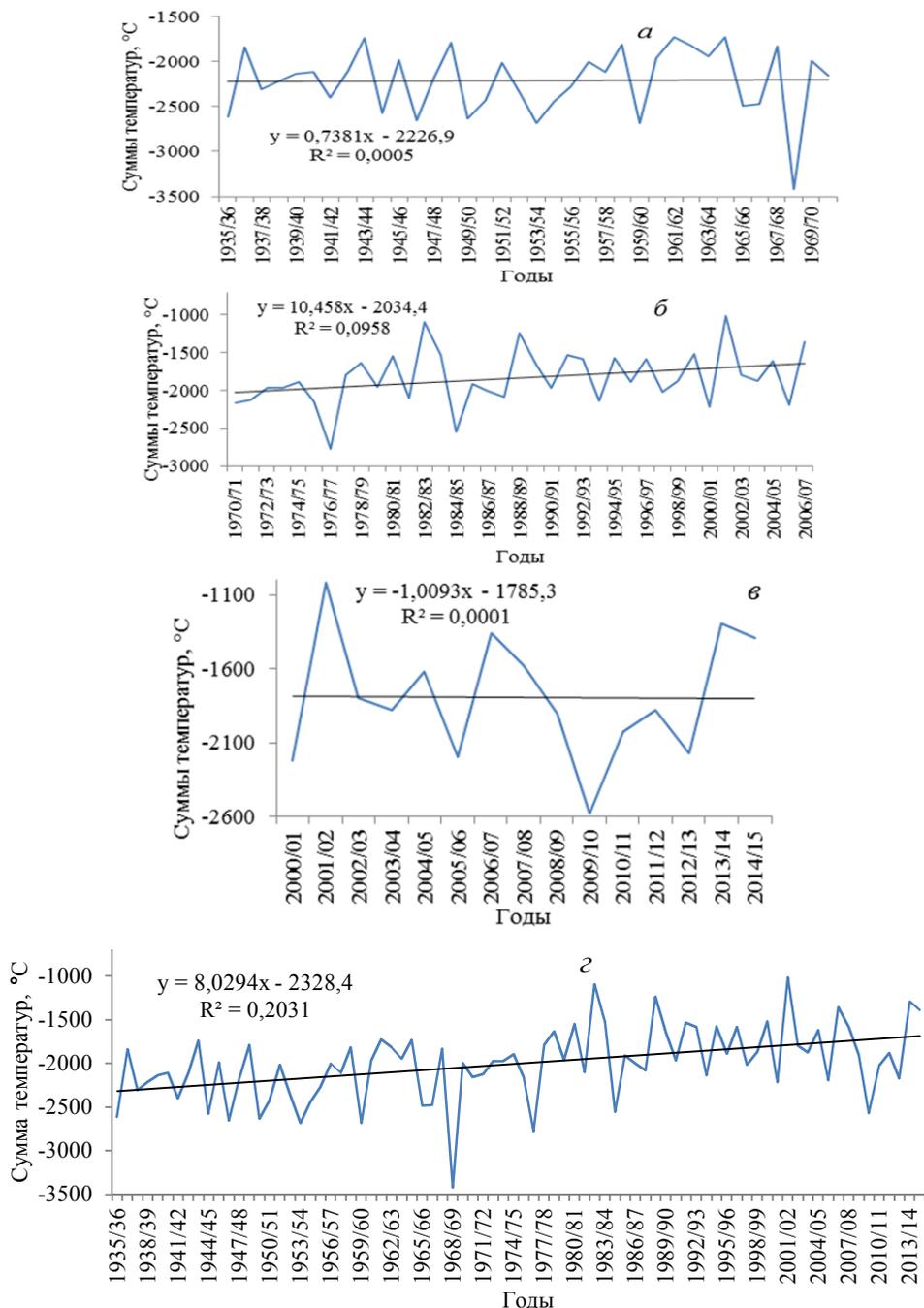


Рис. 2.8. Изменение сумм накопленных отрицательных среднесуточных температур за зимний сезон, Томск. — — линейный тренд.
 Период: а – с 1936 по 1970 г.; б – с 1971 по 2006 г.;
 в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

На рис. 2.8, 2.9 видно, что в первом и втором периодах, как и за весь 80-летний период (рис. 2.8, *а, б, в*), отмечается тенденция к уменьшению сумм отрицательных температур. Наименьший коэффициент ($7,3\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) у первого периода с 1936 по 1970 г. (рис. 2.8, *а*), во втором периоде темпы убыли выросли примерно в 14 раз ($105\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$) (рис. 2.8, *б*). В последние 15 лет появилась тенденция к росту сумм отрицательных температур со скоростью около $10,1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$ (рис. 2.8, *в*).

Из анализа графиков зимней средней среднесуточной температуры воздуха за четыре периода (рис. 2.9) следует, что за весь исследуемый период (с 1936 по 2015 г.) наблюдается положительная тенденция изменения температуры воздуха с коэффициентом линейного тренда $+0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, которая сохраняется в период 1971–2006 гг. ($+0,13\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$). В период с 2001 по 2015 г. тенденция в ходе средней температуры поменяла свой знак на отрицательный с коэффициентом линейного тренда $-0,38\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ лет}$, несколько уступая в этом отношении первому периоду (рис. 2.9, *а, в*).

Типизация зим по термическому режиму (по средней суточной температуре воздуха, см. §§ 2.1.1) позволила установить повторяемость их типов (табл. 2.8).

Т а б л и ц а 2.8

Повторяемость типов зимнего сезона по средней температуре, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Х	Х	Н	Т	О/Т
1936–1970	6	23	54	17	0
1971–2006	0	8	73	19	0
2001–2015	0	20	60	20	0

Примечание. Н – нормальный по термическому режиму зимний сезон; Т – тёплый; Х – холодный; О/Т – очень тёплый; О/Х – очень холодный зимний сезон.

Выяснилось, что во втором периоде несколько увеличилась повторяемость теплых зим – с 17 до 19%, число очень холодных и холодных зим от первого периода к третьему уменьшилось с 29 до 20% и реже всего они отмечались во втором периоде (8%).

По указанным выше трем исследуемым периодам также был проведен анализ изменения количества осадков за зимний сезон (табл. 2.9).

Из табл. 2.9 следует, что во все три периода зимой больше всего выпадает осадков в ее первую фазу («умеренно-морозная зима»), хотя по продолжительности она существенно уступает ядру сезона – фазе «значительно-морозная зима».

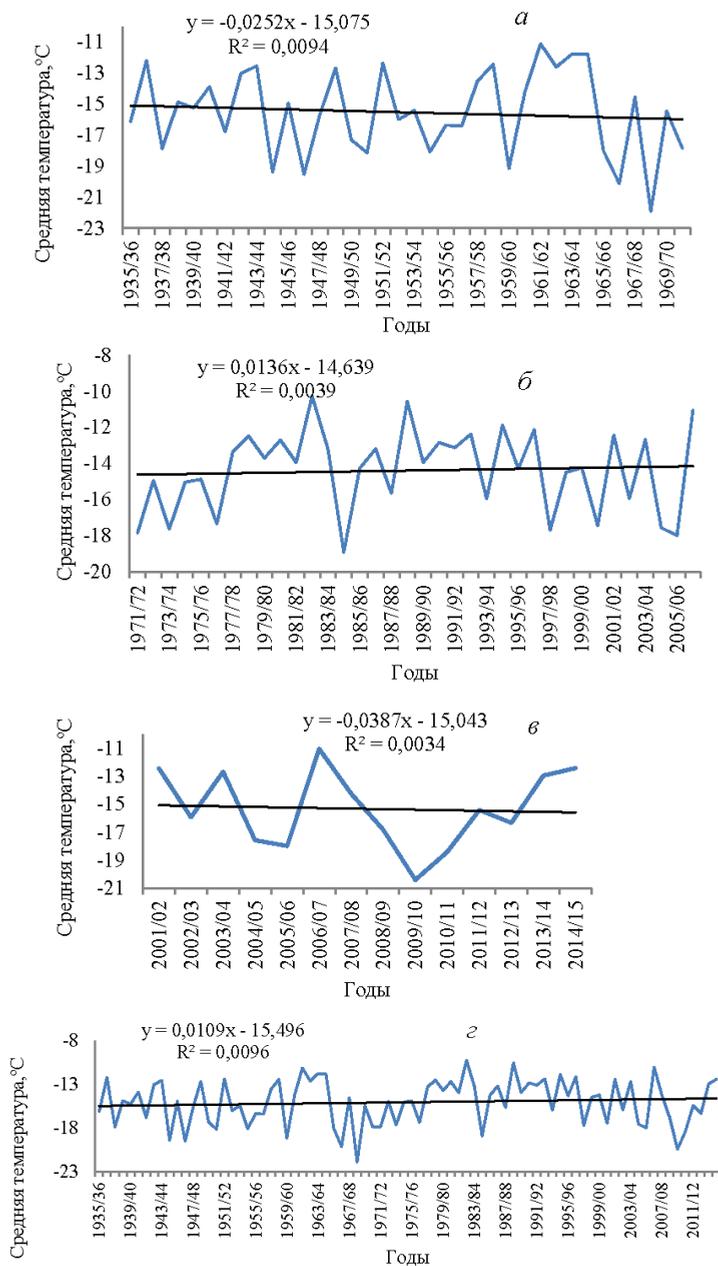


Рис. 2.9. Изменение средней суточной температуры приземного слоя воздуха за зимний сезон, Томск. — — линейный тренд.
 Период: *а* – с 1936 по 1970 г.; *б* – с 1971 по 2006 г.;
в – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

Количество осадков за зимний сезон и его структурные единицы, Томск, мм

Период, годы	Структурные единицы зимнего сезона			Сумма осадков за весь зимний сезон
	умеренно-морозная	значительно-морозная	предвесенье	
1936–1970	64	47	23,2	134,2
1971–2006	74,2	46,4	27,4	148
2001–2015	57,9	47	26,8	131,7

Доля осадков первой фазы в первых двух периодах составляет 48–50% от суммы за весь сезон, к третьему периоду она уменьшилась до 44%. Осадки за вторую фазу зимы составляют 31–35% и мало меняются во времени. Сумма осадков последней фазы («предвесенье») еще меньше – от 17 до 20% от суммы всех зимних осадков.

В ходе исследования выяснилось, что самым «богатым» на осадки был зимний сезон за период с 1971 по 2006 г.

На рис. 2.10 приведены графики с хронологическим ходом сумм осадков за указанные периоды и их линейные тренды. Следует отметить, что существенный рост осадков стал отмечаться с конца 1950-х гг. и в течение первого периода происходил с интенсивностью около 2,6 мм/10 лет, во втором периоде он замедлился (1,2 мм/10 лет), а в третьем вновь ускорился (3,8 мм/10 лет) (рис. 2.10, а– в). Типизация зим по количеству выпавших осадков за зимний сезон представлена в табл. 2.10.

Как видно из табл. 2.10, от первого периода ко второму возрастает повторяемость лет с суммой осадков близкой к норме (с 54 до 71%). Доля зим с недостаточным увлажнением уменьшается на 31%. В третьем периоде, по сравнению со вторым, на 17% реже отмечались зимы с нормальной суммой осадков, и заметно чаще – с недостаточной (на 14%) и большой (на 7%) суммами осадков.

За период с 1936 по 2015 г. было отмечено 16 зим (20% от 80 лет) с суммами осадков значительно меньше нормы (1935/36, 1937/38, 1939/40, 1941/42, 1942/43, 1943/44, 1944/45, 1945/46, 1946/47, 1947/48, 1948/49, 1949/50, 1950/51, 2004/05, 2005/06, 2011/12 гг.) и 12 зим (15% от 80 лет) с суммами осадков значительно больше нормы (1953/54, 1965/66, 1968/69, 1976/77, 1987/88, 1990/91, 1992/93, 1994/95, 1996/97, 2000/01, 2003/04, 2012/13 гг.).

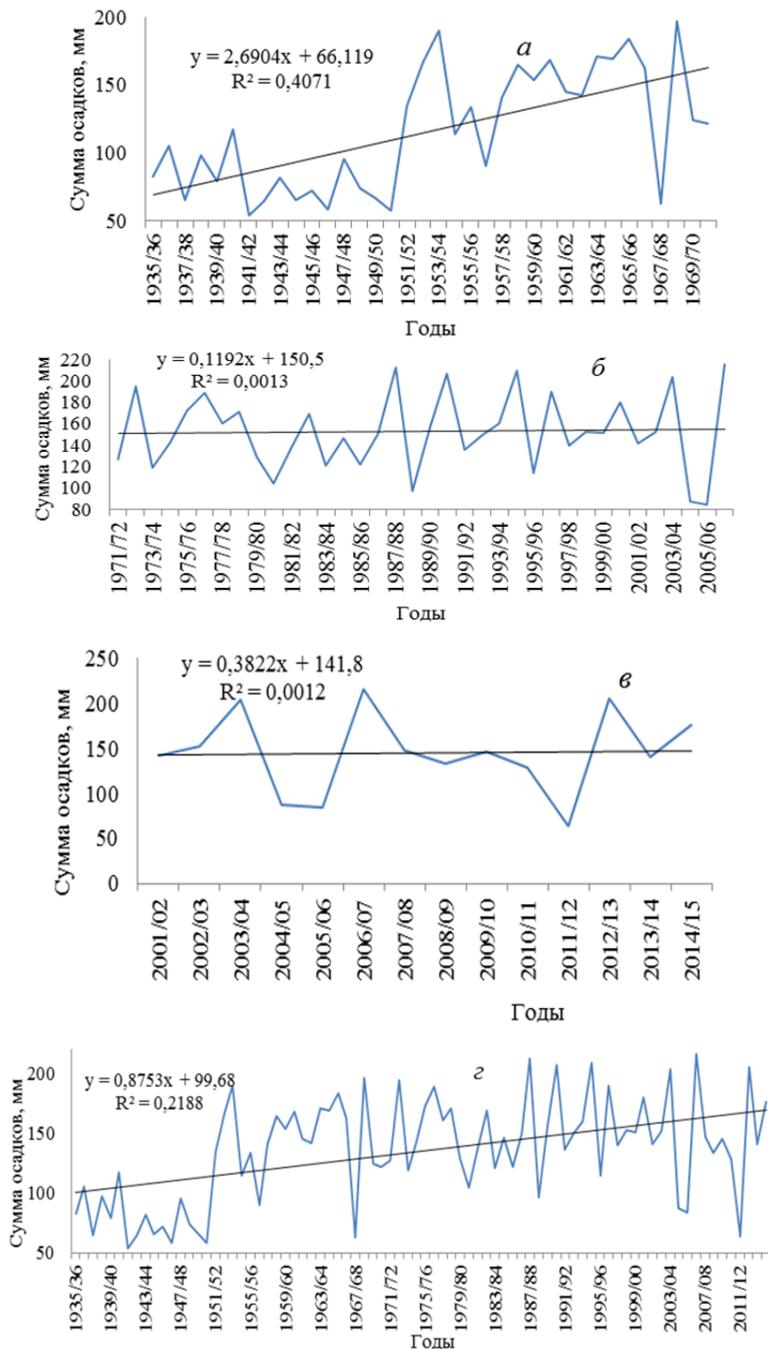


Рис. 2.10. Изменение сумм осадков за зимний сезон, Томск.
 — — линейный тренд. Период: *а* – с 1936 по 1970 г.;
б – с 1971 по 2006 г.; *в* – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

Повторяемость типов зимнего сезона по режиму увлажнения, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/НС	Н/С	Н	Б/С	О/БС
1936–1970	0	37	54	9	0
1971–2006	0	6	71	23	0
2001–2015	0	20	53	27	0

Примечание. Н – нормальная сумма осадков; Б/С – большая сумма осадков; Н/С – недостаточная сумма осадков; О/БС – очень большая сумма осадков; О/НС – очень недостаточная сумма осадков.

Таким образом, все вышеизложенное позволяет сделать вывод, что с 1970-х гг. в подтайге юго-востока, как и юго-запада Западно-Сибирской равнины [244, 313], наблюдается заметное потепление зимнего сезона года и увеличение количества выпадающих осадков.

§§§ 2.3.1.3. Модели климатических режимов типов структуры зимнего сезона года и их динамика

Накопленный банк данных за период с 1936 по 2015 г. о ежегодной структуре зимних сезонов и их климатических показателях (временных и гидротермических характеристиках) позволил нам рассмотреть варианты типов структуры зимы, разработать для них модели климатических режимов, установить повторяемость и устойчивость.

Под сезонной структурой годового цикла понимается количество сезонов, из которых состоит год, а под структурой сезона – количество фаз (структурных единиц), входящих в него. Отклонения в их структуре в конкретные годы от зональной модели, обусловленные аномалиями в развитии циркуляционных процессов, приводят к нарушению ритма природно-территориального комплекса. Как правило, в таких случаях наблюдаются значительные отклонения от нормы погодных условий, учет и изучение которых имеют значение и в теоретическом, и практическом отношениях.

Средняя многолетняя структура зимы на исследуемой территории трехфазная (прил. 1), что подтверждают данные табл. 2.11. На втором месте по повторяемости во все сравниваемые периоды идут зимы с неустойчивым термическим режимом (НТР), на третьем месте – безъядерные по структуре зим и далее – двухфазные зимы без первой (2фб1) или без третьей фазы (2фб1).

Т а б л и ц а 2.11

Повторяемость типов зимнего сезона года по структуре, Томск [314]

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	3ф	2ф без:		Б/Я	НТР
		1	3		
1936–1970	78	0	3	14	5
1971–2006	58	3	5	9	25
2001–2015	73	0	7	7	13
1936–2015	75	1	5	8	11

Примечание. 3ф – трёхфазная по структуре зима, 2фб1 – двухфазная без первой фазы («умеренно-морозная зима»), 2фб3 – двухфазная без третьей фазы («предвесенье»), Б/Я – безъядерная зима, НТР – зима с неустойчивым термическим режимом. Зимы без холодного ядра (Б/Я) – это зимы, в которых фаза «значительно-морозная зима» выпадает из-за сравнительно теплой погоды центральных месяцев сезона; зимы с неустойчивым термическим режимом (НТР) – это зимы, в течение которых неоднократно сменяются волны тепла волнами холода, продолжительностью меньше месяца [252].

Для выявления особенностей типов зимнего сезона и их динамических составляющих, нами для каждого из них были рассчитаны основные климатические характеристики (модели климатических режимов) (табл. 2.12). С этой же целью по степени аномальности была проведена типизация временных показателей и характеристик гидротермического режима; рассмотрены все случаи конкретных типов структуры и проанализированы их сочетания по датам начала, конца, продолжительности, а также по термическому режиму и по режиму увлажнения. Установленные соотношения типов структуры зимнего сезона с типами дат начала (конца) и продолжительности сопровождаются количественными показателями, что, в свою очередь, имеет определенную прогностическую составляющую (рис. 2.11–2.15).

Как следует из табл. 2.12, в первом периоде трехфазные по структуре зимы в среднем многолетнем начинались 29 октября и заканчивались 22 марта. Во втором периоде дата начала смещается на более поздние сроки – 6 ноября, а дата конца на ранние – 14 марта, продолжительность зимы сокращается до 129 дней. Это приводит к уменьшению суммы накопленных отрицательных температур с $-2354,3$ °С в первый период до $-1873,6$ °С во второй, а также к росту средней суточной температуры воздуха за сезон на $1,7$ °С (с $-16,2$ до $-14,5$ °С).

От второго периода к третьему продолжительность зим трехфазного типа также сокращается (на 14 дней), однако суммы накопленных отрицательных температур практически не меняются. Следует отметить, что не-

смотря на заметное уменьшение длительности трехфазных типов зим от первого периода к двум последующим, отмечается увеличение сумм выпавших осадков за сезон (от первого ко второму периоду почти на 30% и к третьему на 18,7%) (табл. 2.12).

Таблица 2.12

Модели климатических режимов типов структуры зимних сезонов года

Средние многолетние климатические характеристики зимнего сезона						
1936–1970 гг.						
Тип структуры	T_n	T_k	Δl зимы	ΣT	T_{cp}	$\Sigma_{ос}$, мм
3ф	29.10	22.03	145	-2354,3	-16,2	114,7
2фб1	–	–	–	–	–	–
2фб3	11.11	11.03	121	-2160,3	-17,9	121,9
Б/Я	28.10	23.03	147	-1853,4	-12,6	134,3
НТР	5.11	22.03	138	-1957,5	-14,2	104,5
1971–2006 гг.						
3ф	6.11	14.03	129	-1873,6	-14,5	149,2
2фб1	14.11	7.03	114	-2018,2	-17,7	139,9
2фб3	29.10	4.03	127	-1815,2	-14,2	183,6
Б/Я	10.11	7.03	118	-1442,2	-12,2	174,1
НТР	12.11	10.03	119	-1588,7	-13,3	166,0
2001–2015 гг.						
3ф	15.11	9.03	115	-1824,9	-15,8	136,2
2фб1	–	–	–	–	–	–
2фб3	4.11	9.03	126	-2573,2	-20,4	145,9
Б/Я	17.11	11.03	115	-1440,3	-12,6	183,6
НТР	12.11	5.03	115	-1448,1	-12,5	172,6
1936–2015 гг.						
3ф	4.11	17.03	134	-2051,4	-15,3	134,6
2фб1	14.11	7.03	114	-2018,2	-17,7	139,9
2фб3	2.11	7.03	126	-2091,0	-16,5	148,4
Б/Я	2.11	19.03	138	-1834,5	-13,2	148,4
НТР	7.11	18.03	132	-1834,5	-13,9	125,0

Примечание. T_n – дата начала, T_k – дата конца, Δl – продолжительность, ΣT – сумма температур, t_{cp} – средняя температура, $\Sigma_{ос}$ – сумма осадков; тип структуры см. табл. 2.11.

Наиболее часто трехфазные по структуре зимы повторялись в первый период (78%, во втором их доля уменьшилась до 58% (в основном за счет увеличения повторяемости зим НТР), а в третьем вновь увеличилась до 73% (табл. 2.11).

Среди трёхфазных зим преобладали случаи с датами начала и конца сезона, близкими к нормальному типу (рис. 2.11).

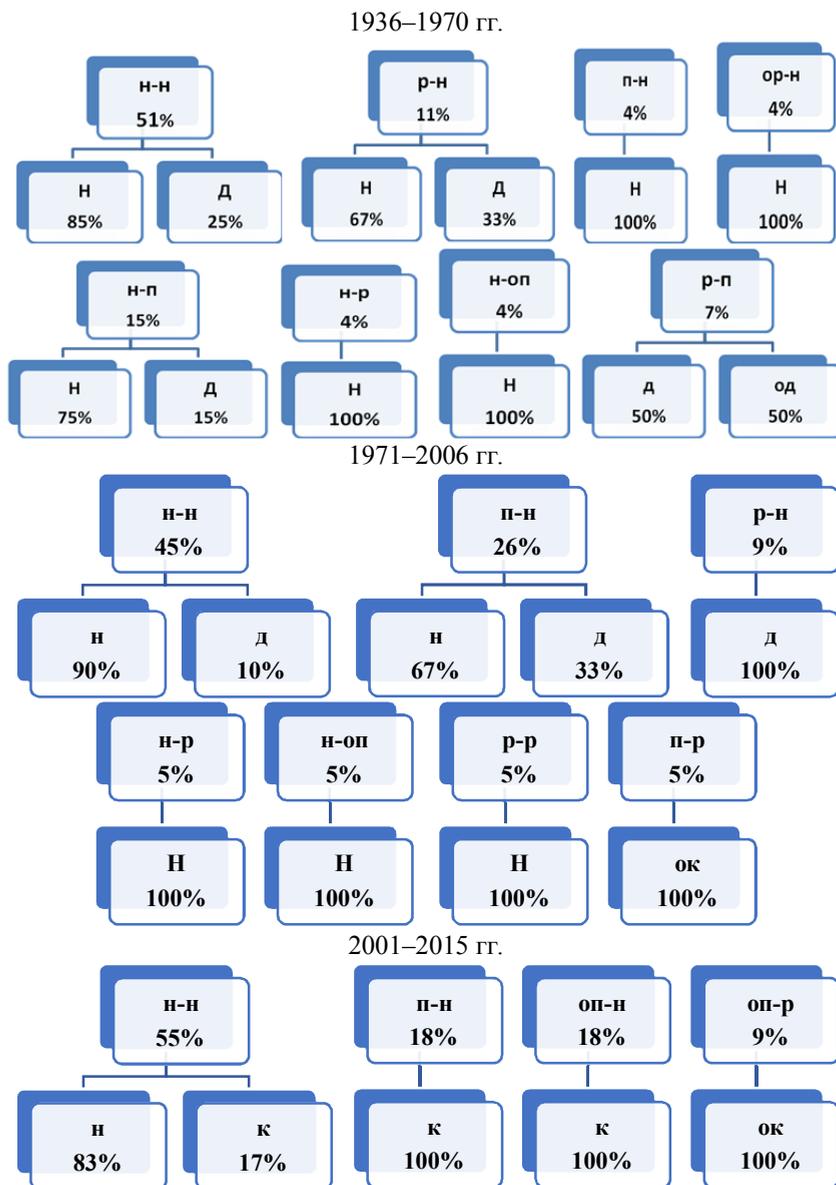


Рис. 2.11. Соотношение трёхфазных типов структуры зимних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск.

Типы сезонов по дате начала/конца: Н – нормальные; Р – ранние;

П – поздние; О/Р – очень ранние; О/П – очень поздние.

Типы сезонов по продолжительности: Н – нормальные; К – короткие; Д – длинные;

О/К – очень короткие; О/Д – очень длинные

Так, на ст. Томск в период с 1936 по 1970 г. зимы с нормальным началом и концом встречались в 51% случаев. По продолжительности почти все зимы данного типа были нормальными, исключение составили сезоны 1936/37 и 1963/64 гг., которые были длинными – соответственно 151 и 165 дней против 134 дней по норме. Тем не менее по уровню средней суточной температуры воздуха они оказались теплыми ($-11,8^{\circ}\text{C}$ и $-12,2^{\circ}\text{C}$ против $-15,3^{\circ}\text{C}$ по норме). Пять трёхфазных зим первого периода были холодными (1937/38 г., 1944/45 г., 1946/47 г., 1950/51 г., 1954/55 г.), остальные по температурным условиям в пределах нормы. В период с 1971 по 2006 г. зимы с нормальным началом и концом встречаются в 45% случаев (см. рис. 2.11), по продолжительности эти зимы были нормальными, лишь одна длинной – 1981/82 г. (151 день). Из них по величине средней температуры воздуха за зиму только температурные условия в 1984/85 г. и 2005/06 г. были холоднее обычного ($-18,9^{\circ}\text{C}$ и $-18,0^{\circ}\text{C}$ при норме $-15,3^{\circ}\text{C}$). В период с 2001 по 2015 г. зимы с нормальным началом и концом встречались чаще, чем в двух первых – 55% случаев.

Трёхфазные зимы с ранним началом и нормальным концом встречались в Томске с 1936 по 1970 г. в 11% случаев. По продолжительности из них одна зима 1940/41 г. была длинной (152 дня), остальные – нормальными (в 1938/39 г., 1952/53 г.), по средней температуре за зиму – нормальными. С 1971 по 2006 г. данный тип зимы встречался в 9% (в 1976/77 г. и 1986/87 г.), по продолжительности все зимы оказались длинными (152 и 160 дней), по термическому режиму и количеству выпавших осадков – в пределах нормы.

Трёхфазная зима с поздним началом и нормальным концом в Томске с 1936 по 1970 г. отмечалась только однажды (в 1956/57 г.) и была нормальной по продолжительности и термическому режиму. С 1971 по 2006 г. зимы с такой структурой встречаются в 26% случаев (рис. 2.11), из них по продолжительности зимы 1973/74 и 2002/03 гг. были короткими (111 и 112 дней) и нормальными по температурным условиям. В третий период данный тип зимы отмечался в 2010/11 г., по продолжительности сезон был коротким (110 дней), по температурным условиям – холодным ($-18,4^{\circ}\text{C}$), по сумме осадков – нормальным.

Зимы нормальные по началу и поздние по концу на ст. Томск в первом периоде были в следующие годы: 1942/43, 1949/50, 1959/60, 1968/69 гг. Первые две зимы по продолжительности оказались длинными (152 и 162 дня) с количеством осадков почти в два раза меньше нормы (64,6 и 66,8 мм соответственно). Средняя температура воздуха в пределах нормы, кроме зимы 1959/60 г., которая была суровой ($-19,2^{\circ}\text{C}$). Зима

1968/69 г. по всем климатическим параметрам оказалась аномальной: длинной по продолжительности (156 дней), очень холодной по термическому режиму ($-21,92^{\circ}\text{C}$) и с очень большим количеством осадков (196,6 мм). В период с 1971 по 2015 г. зимы с такими особенностями климатического режима не встречались.

Трёхфазная зима с нормальным началом и ранним концом в период 1936–1970 гг. не наблюдалась. В период 1971–2006 гг. был только один случай (в 1974/75 г.) с показателями гидротермического режима в пределах нормы. Трёхфазная зима с ранним началом и ранним концом отмечалась также только во втором периоде в 1996/97 г. и имела такие характеристики климатического режима: по продолжительности – нормальная, по средней температуре – теплая ($-12,1^{\circ}\text{C}$) и с большой суммой осадков (190 мм при норме 134,6 мм). Трёхфазная зима с очень ранним началом и нормальным концом отмечалась только в 1964/65 г. (первый период) (см. рис. 2.11). По продолжительности эта зима была нормальной, по уровню средней температуры – теплой ($-11,8^{\circ}\text{C}$), по сумме осадков – в пределах нормы. Трёхфазная зима с ранним началом и поздним концом была отмечена в 1935/36 г. Она была длинной (162 дня при норме 134 дня), по средней температуре – нормальной и по сумме осадков – меньше нормы (82,4 мм при норме 134,6 мм). С 2001 по 2015 г. на ст. Томск дважды встречалась трёхфазная зима с очень поздним началом и нормальным концом – 2008/09 и 2013/14 гг. В эти годы обе зимы по продолжительности были короткими (113 и 110 дней), по температурным условиям и сумме осадков – меньше нормы. Трёхфазная зима с очень поздним началом и ранним концом была в 2004/05 г., по продолжительности очень короткая (92 дня), по средней температуре и сумме осадков – нормальная. В период с 1936 по 1970 г. был отмечен трёхфазный тип зимы с нормальным началом и очень поздним концом сезона (1951/52 г.). Эта зима была продолжительной (163 дня). Она закончилась только 11 апреля. Из-за растянутости окончания сезона в сторону весны, по уровню средней температуры оказалась теплой, по количеству осадков нормальной. Во втором периоде с похожим набором климатических характеристик была зима 1978/79 гг. – нормальная по продолжительности и сумме осадков и тёплая ($-12,5^{\circ}\text{C}$) по уровню температуры.

За трёхфазными по структуре типами зим по повторяемости идут зимы с неустойчивым термическим режимом и безъядерные зимы: их суммарная доля в первом периоде составляла 19%, во втором она увеличилась до 34%, в третьем уменьшилась до 20% случаев при увеличении на 15% трёхфазных типов (см. табл. 2.11).

Безъядерные зимы в первом периоде в среднем имели продолжительность 147 дней, начинались 28 октября и заканчивались 23 марта. Во втором периоде дата начала данного типа зимы смещается на более поздние сроки – 10 ноября, а дата конца на ранние – 7 марта, соответственно уменьшается продолжительность сезона со 147 до 128 дней. В третьем периоде их средняя продолжительность ещё сократилась (до 115 дней) в соответствии с произошедшими изменениями сроков начала (17 ноября) и конца (11 марта) сезона. Значение средней суточной температуры за зиму осталось практически неизменным, а сумма накопленных отрицательных температур от первого периода к третьему сократилась на 413,1 °С; при этом количество осадков за зиму увеличилось со 134,3 мм в первом периоде до 183,6 мм (или на 38%) (табл. 2.12).

Средняя дата начала зим с НТР изменяется с 5 ноября в первый период на 12 ноября – во второй. Дата конца смещается во втором периоде на более ранний срок: 11 марта против 22 марта, за счет чего продолжительность сезона с неустойчивым термическим режимом уменьшается на 19 дней. Значение средней суточной температуры повышается во втором периоде на 0,9 °С, сумма осадков увеличивается на 61,5 мм (почти на 60% по сравнению с первым периодом). В третьем периоде в сравнении со вторым происходит сокращение сезона до 115 дней, за счет смещения даты начала на более ранний срок – 5,03, уровень среднесуточных температур воздуха повышается до –12,5 °С, количество осадков увеличивается до 172,6 мм (более чем на 65% по сравнению с первым периодом) (табл. 2.12).

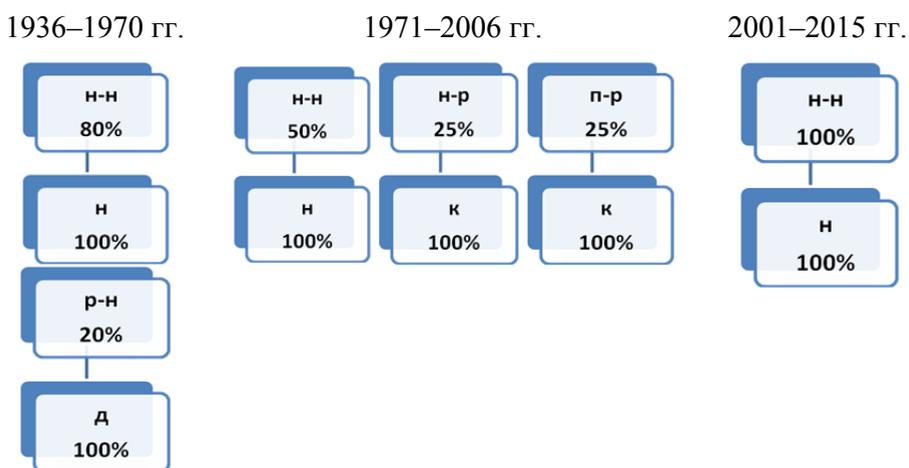


Рис. 2.12. Соотношение безъядерных типов структуры зимних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

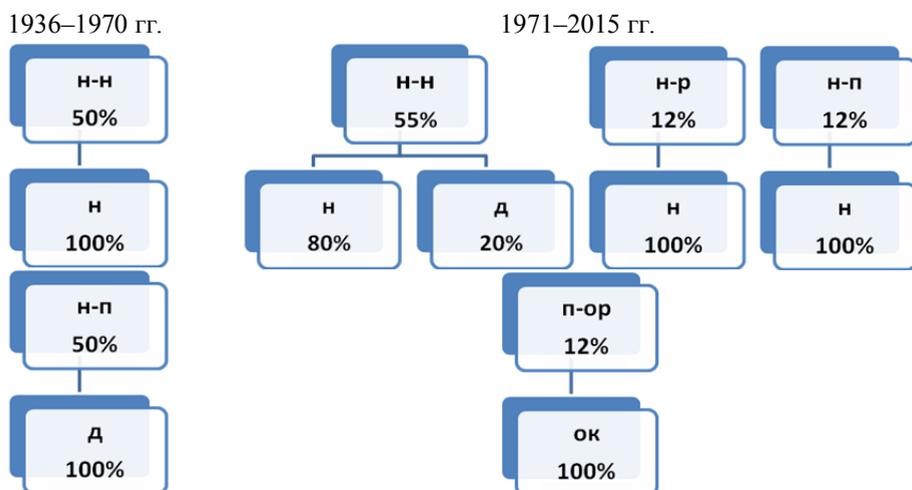


Рис. 2.13. Соотношение типов структуры зимних сезонов с НТП с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

В целом для безъядерных зим и зим с неустойчивым термическим режимом третьего периода характерны следующие изменения климатических показателей по сравнению с предыдущими периодами: смещение дат начала на более поздние, а дат конца – на более ранние сроки, уменьшение продолжительности и значительное увеличение сумм осадков.

Безъядерные зимы с нормальным началом и нормальным концом в первом периоде отмечались в 1943/44, 1948/49, 1960/61, 1962/63 гг., по продолжительности и по средней температуре зимы были нормальными. В двух случаях (1943/44 и 1948/49 гг.) осадков выпало меньше нормы (81,7 и 73,6 мм соответственно), в двух других (1960/61, 1962/63 гг.) – в пределах нормы. С 1971 по 2006 г. аналогичные зимы отмечались в 1977/78 гг. и 2006/07 гг. Все они по продолжительности нормальные, но при этом зима 2006/07 г. была тёплой ($-11,0$ °С) и с очень большой суммой осадков (215,9 мм). Безъядерная зима с нормальным началом и ранним концом в период с 1971 по 2006 г. была в 1982/83 г., по продолжительности – короткая (107 дней), по температуре – теплая ($-10,3$ °С). Безъядерные зимы с поздним началом и ранним концом в первый период не наблюдались, во втором – это зима 1999/2000 гг. (по продолжительности – короткая, по гидротермическому режиму – в пределах нормы). Безъядерная зима с ранним началом и нормальным концом за период с 1936 по 1970 г. отмечалась в 1960/61 г., продолжительность её была длинной

(155 дней), температурные условия – в пределах нормы. Позднее такой тип зимы не наблюдался (рис. 2.12).

Зимы с НТР с нормальным началом и концом наблюдалась в период с 1936 по 1970 г. на ст. Томск только в 1958/59 г., по продолжительности она была нормальной, по средней температуре – теплой ($-12,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). В период с 1971 по 2006 г. к зимам с такими климатическими особенностями относятся следующие: 1975/76, 1988/89, 1990/91, 1992/93, 1994/95 и 1998/99 гг. Все указанные сезоны, кроме 1990/91 гг., по продолжительности и средней температуре были в пределах нормы. Зима 1990/91 гг. была длинной. Из перечисленных лет очень большая сумма осадков отмечалась в 1990/91 и 1994/95 гг. (207 мм и 209,3 мм соответственно), в остальных случаях их количество было в пределах нормы. Зимы с НТР с нормальным началом и ранним концом в период с 1936 по 1970 г. не встречались (рис. 2.13). В период с 1971 по 2006 г. к данному типу относится зима 1989/90 гг. Все её климатические показатели близки к норме.

К следующему типу зимы с НТР с поздней датой начала и очень ранним концом относится сезон 2001/02 года: очень короткий (82 дня) и тёплый ($-12,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), с нормальной суммой выпавших осадков. Последний тип зимы с НТР с нормальным началом и поздним концом сезона встречался и в первом, и во втором периодах. В 1957/58 г. зима была длинной по продолжительности и теплой по температурным условиям ($-12,4\text{ }^{\circ}\text{C}$), нормальной по сумме выпавших осадков. Зима такого типа 2003/04 года по продолжительности и средней температуре – нормальная, но с аномально большим количеством осадков (204 мм).

Двухфазные по структуре типы зим во все сравниваемые периоды повторяются реже, чем вышеописанные типы. В их временной динамике можно отметить следующие особенности: от первого периода ко второму повторяемость двухфазных по структуре зим увеличилась на 8%, от первого к третьему – на 3% (см. табл. 2.11).

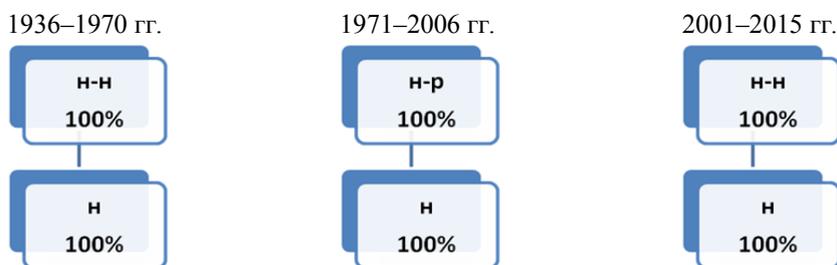


Рис. 2.14. Соотношение двухфазных без фазы «предвесенье» (2фб3) типов структуры зимних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

1936–1970 гг.

1971–2006 гг.

2001–2015 гг.

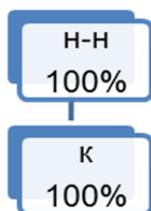


Рис. 2.15. Соотношение двухфазных без фазы «умеренно-морозная зима» (2фб1) типов структуры зимних сезонов с разными типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Двухфазный по структуре тип зимы без фазы «умеренно-морозная зима» встречался в единичном случае – в 1997/98 г. (второй период). Климатические характеристики указанной зимы следующие: по дате начала и конца зима нормального типа, по продолжительности – короткая (114 дней), по гидротермическим показателям – нормальная. На метеостанции Томск двухфазная зима без третьей фазы («предвесенье») в первом периоде была в 1970/71 гг. (по всем показателям – нормальная). Во второй период данный тип зимы (2фб3) с нормальным началом и ранним концом отмечался в 1980/81 и 1987/88 гг., которые по продолжительности и уровню температур характеризуются как нормальные, но с очень большим количеством выпавших осадков в зиму 1987/88 г. (202,6 мм). В третьем периоде к данному типу зимы (2фб3) отнесён сезон 2009/10 г. (по температуре зима была холодной ($-20,4^{\circ}\text{C}$), по остальным показателям – в пределах нормы (см. табл. 2.12, рис. 2.15)).

Анализ ежегодных данных о структуре зимнего сезона за 80-летний период показал, что преобладают в данном временном ряду трёхфазные зимы, за ними по повторяемости следуют зимы с неустойчивым термическим режимом, затем – безъядерные. Зимы без первой или третьей фаз встречаются значительно реже. Также было установлено, что сравниваемые временные отрезки заметно различаются по повторяемости так называемых мягких зим – безъядерных зим и зим с неустойчивым термическим режимом. Суммарная частота случаев с такими типами зим от первого периода ко второму заметно выросла (от 19 до 34%) (табл. 2.11). Как показали наши исследования, типы зим с НТР и безъядерные по термическому режиму чаще всего бывают либо близки к среднему многолетнему уровню, либо его выше (примерно на $3-4^{\circ}\text{C}$), что согласуется с нашими исследованиями зимнего сезона по природным зонам юго-запада Западно-Сибирской равнины [308].

Кроме этого, нами установлено, что временные характеристики разных типов структуры зимнего сезона трех рассматриваемых периодов существенно отличаются между собой (см. табл. 2.12). Однако общим для них является смещение в двух последних периодах по сравнению с первым дат начала зимнего сезона на более поздние сроки, а дат конца – на более ранние и уменьшение продолжительности зимы независимо от типа её структуры. Показатели термического режима, хотя и не так заметно, как временные характеристики, но тоже от первого к последующим периодам меняются, отражая своими величинами тенденцию к уменьшению суровости зим. Характерной чертой для всех типов по структуре зим от первого сравниваемого периода к двум последующим является увеличение сумм осадков за сезон.

§§ 2.3.2. Многолетние изменения климатических характеристик весеннего сезона года и его структурных единиц

Весна является переходным сезоном, в течение которого идет разрушение зимнего состояния ландшафта и переход к летнему. Она характеризуется быстрым нарастанием солнечного тепла, поступающего на земную поверхность, таянием и ликвидацией снежного и ледового покрова, оттаиванием, а затем и прогреванием почвогрунтов. Средняя многолетняя структура весны исследуемого региона трёхфазная (прил. 1).

§§§ 2.3.2.1. Изменение временных характеристик и их тенденции

Средние многолетние показатели дат начала, конца и продолжительности структурных единиц весеннего сезона представлены в табл. 2.13.

В связи со значительным ростом в последние десятилетия температуры воздуха в марте (см. табл. 2.2), весенние процессы с 1970-х гг. начали развиваться раньше, а именно – 17 марта вместо 25 марта в первый период. Это привело к увеличению продолжительности фазы «снеготаяния» на 5 дней (с 24 дней в первый период до 28 дней во второй). Центральная фаза весны («послезимье») в третьем периоде по сравнению с двумя предшествующими стала начинаться и заканчиваться в среднем многолетнем, соответственно, на 6 и 5 дней раньше и продолжительность её в этом временном направлении увеличилась на 3 дня. На более ранние сроки сместилась дата конца последней фазы сезона – «предлетье» – с 16 мая в первый период на 8 мая в третий с уменьшением её продолжительности в среднем на 5 дней (табл. 2.13, рис. 2.16).

Т а б л и ц а 2.13

Временные характеристики структурных единиц весеннего сезона, Томск

Период, годы	Структурные единицы весеннего сезона									Весна
	снеготаяние			послезимье			предлетье			
	Дата начала	Дата конца	Δt в днях	Дата начала	Дата конца	Δt в днях	Дата начала	Дата конца	Δt в днях	
1936–1970	25.03	17.04	24	18.04	28.04	11	29.04	16.05	18	53
	$\sigma \pm 10,0$			$\sigma \pm 8,8$	$\sigma \pm 11,5$			$\sigma \pm 9,0$		
1971–2006	21.03	17.04	28	18.04	27.04	10	28.04	13.05	16	54
	$\sigma \pm 11,3$			$\sigma \pm 8,8$	$\sigma \pm 10,7$			$\sigma \pm 11,2$		
2001–2015	17.03	11.04	26	12.04	24.04	13	25.04	8.05	14	53
	$\sigma \pm 11,5$			$\sigma \pm 11,2$	$\sigma \pm 7,7$			$\sigma \pm 12,7$		

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.3.

Приведенный выше анализ свидетельствует о том, что в подтайге юго-востока ЗСР во втором и третьем периодах весенние процессы стали начинаться в сравнении с первым периодом в среднем многолетнем на 5–9 дней раньше и примерно настолько же раньше заканчиваться. Продолжительность весеннего сезона от периода к периоду практически не изменялась, так как смещение дат начала и конца весны на ранние сроки произошло практически на одинаковое количество дней (табл. 2.13).

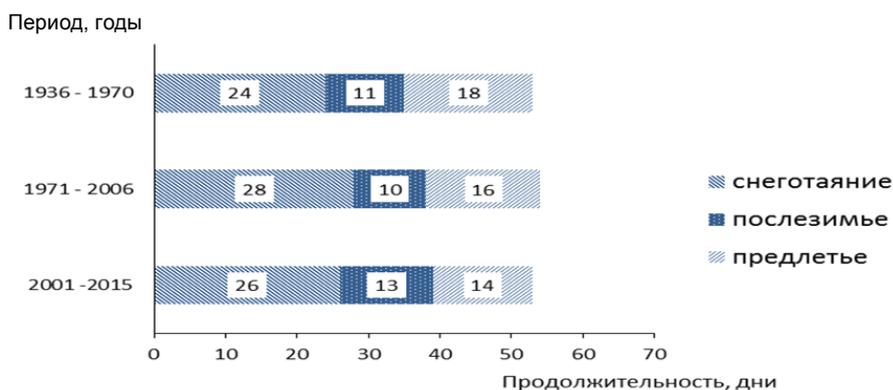


Рис. 2.16. Изменение продолжительности структурных единиц весеннего сезона года, Томск

Данные закономерности в изменении временных характеристик согласуются с данными по повторяемости типов весенних сезона по датам начала, конца и продолжительности (табл. 2.14–2.16).

Как следует из табл. 2.14, во втором периоде относительно первого значительно возросло число ранних по дате начала типов весны: с 0 до 26%

(1975, 1981, 1983, 1990, 1988, 1997, 2000, 2003 гг.). В то же время число поздних и очень поздних по началу весны сократилось с 20% (1936, 1950, 1952, 1954, 1958, 1960, 1969 гг.) до 6% (1979, 2004 гг.).

Таблица 2.14

Повторяемость типов весенних сезонов по дате начала, Томск

Периоды, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Р	Р	Н	П	О/П
1936–1970	0	0	80	17	3
1971–2006	3	23	68	3	3
2001–2015	7	13	73	7	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.4.

Таблица 2.15

Повторяемость типов весенних сезонов по дате конца, Томск

Периоды, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Р	Р	Н	П	О/П
1936–1970	0	9	82	3	3
1971–2006	0	17	63	20	0
2001–2015	0	33	47	20	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.4.

Таблица 2.16

Повторяемость типов весенних сезонов по продолжительности, Томск

Периоды, годы	Повторяемость типов, %				
	О/К	К	Н	Д	О/Д
1936–1970	3%	20	74	3	0
1971–2006	3	6	65	23	3
2001–2015	0	13	60	27	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.6.

Среди лет с различными типами весны по дате конца, в третьем периоде, по сравнению с первым, увеличилось число ранних (на 24%) и поздних (на 14%) по окончанию весны и уменьшилась на 35% повторяемость лет со сроками окончания сезона близкими к средним многолетним (табл. 2.15). Заметно от первого ко второму и третьему периодам меняется и соотношение в повторяемости типов весны по продолжительности: уменьшается доля нормальных (на 14%), коротких (на 7%) и увеличивается длинных (на 24%) весенних сезонов (табл. 2.16).

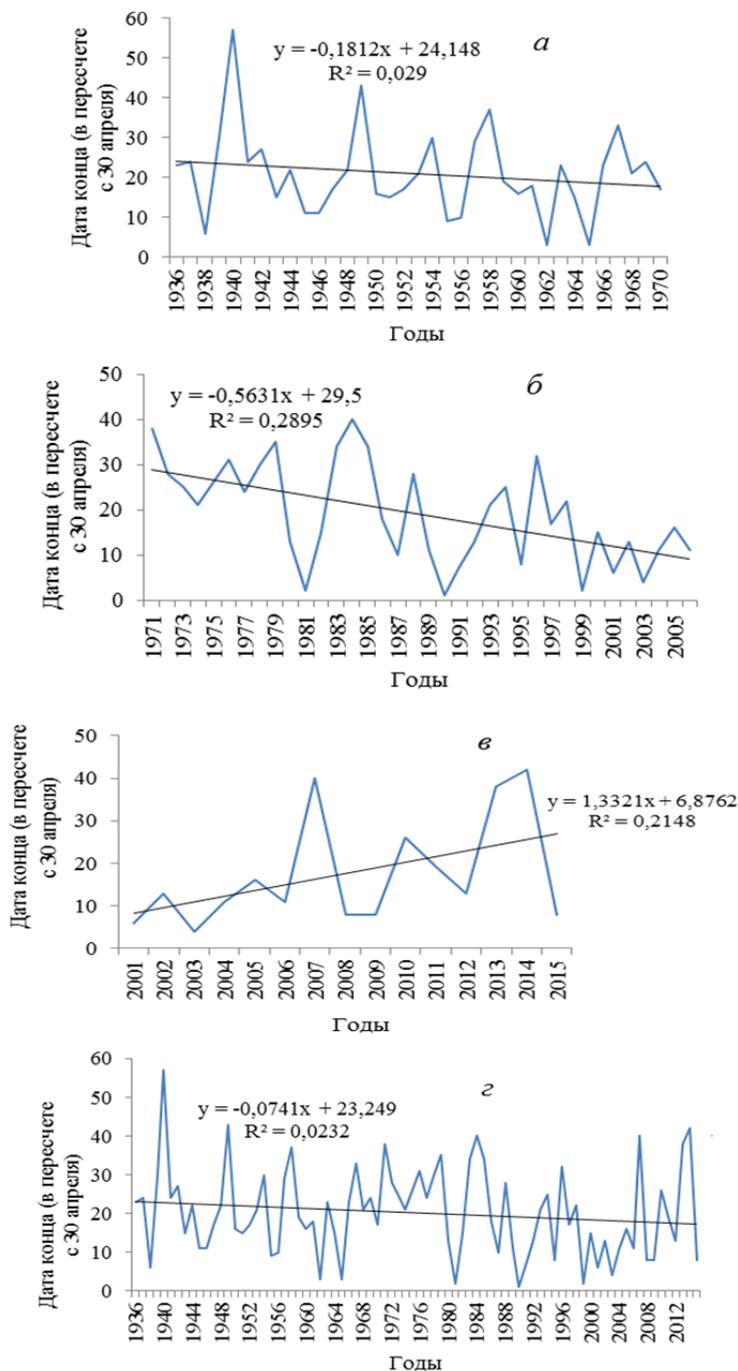


Рис. 2.17. Изменение дат конца весеннего сезона года, Томск.

— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.; б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

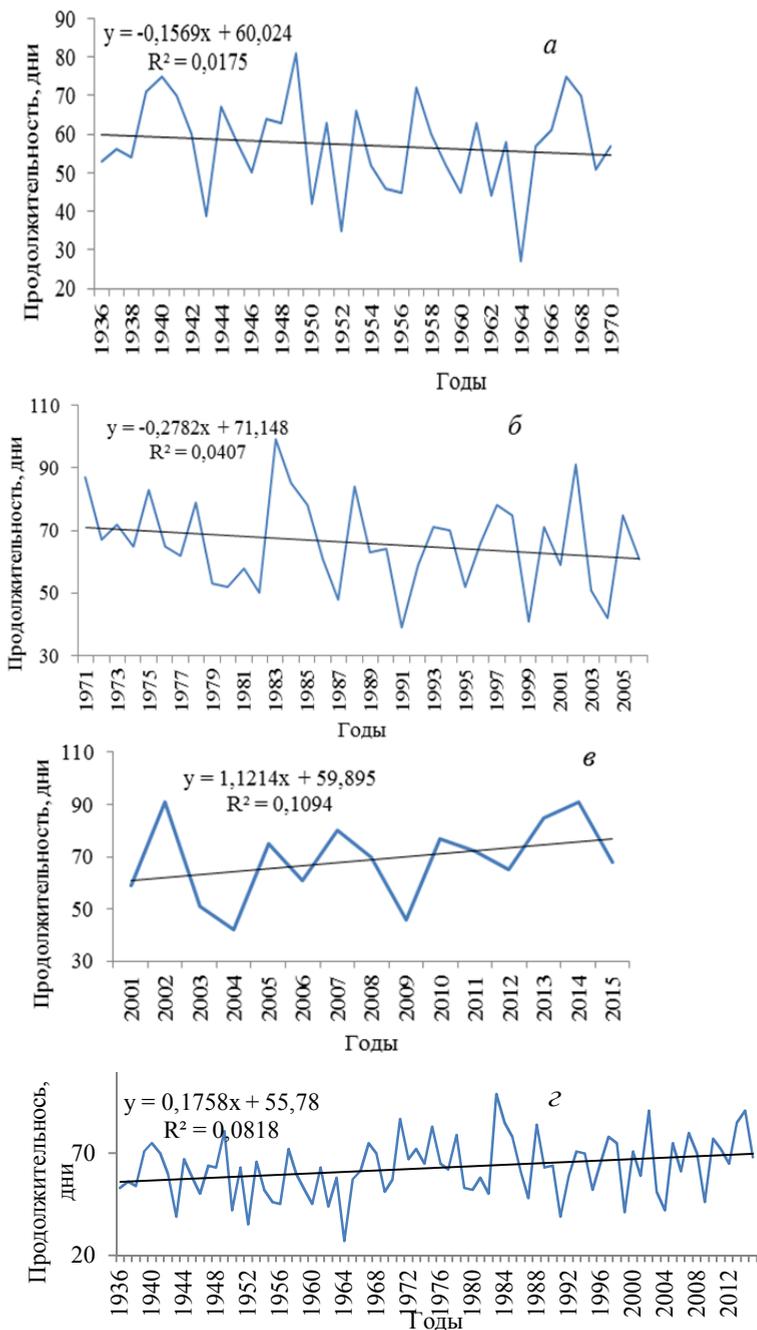


Рис. 2.18. Изменение продолжительности весеннего сезона года, Томск
 ———— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.;
 б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

Перечень лет с короткой весной за период 1936 по 2015 г. следующий: 1943, 1950, 1952, 1955, 1956, 1960, 1962, 1987, 1991, 1999, 2004, 2009 гг. Длиннее обычной весны были в такие годы: 1949, 1971, 1975, 1978, 1983, 1984, 1985, 1988, 1997, 2002, 2007, 2013, 2014 гг.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что после 1970-х гг. изменчивость от года к году временных характеристик весеннего сезона стала значительно выраженной, чем в первом периоде (с 1936 по 1970 г.).

Рассмотрим графики изменения временных характеристик весеннего сезона года и их линейные тренды. Анализ особенностей хронологического хода дат начала весны был дан в работе ранее, когда рассматривали даты конца зимнего сезона (§ 3.1, см. рис. 2.6), которые соответствуют началу данного сезона, поэтому здесь мы остановимся только на тенденциях дат конца весеннего сезона (см. рис. 2.17).

Из графиков *а, б, в* рис. 2.17 следует, что на их временных отрезках отмечается устойчивая тенденция к смещению даты конца весеннего сезона на более ранние сроки, причем этот процесс был более интенсивным в период с 1971 по 2006 г. (коэффициент линейного тренда 5,6 дн./10 лет). В последние 15 лет тенденция поменяла знак в сторону более позднего окончания сезона (рис. 2.17, *в*).

Из графиков продолжительности весеннего сезона (рис. 2.18. *а, б*) видно, что в период с 1936 по 2006 г. наблюдается тенденция к уменьшению продолжительности весеннего сезона с коэффициентами линейных трендов 1,5 дн./10 лет (1936–1970) и 2,7 дн./10 лет (1971–2006), однако с 2001 г. коэффициент линейного тренда становится положительным со значением 11 дн./10 лет.

График линейного тренда за весь 80-летний период показывает тенденцию к увеличению продолжительности весеннего сезона, хотя и с небольшим коэффициентом линейного тренда (1,7 дн./10 лет) (рис. 2.18, *в*).

§§§ 2.3.2.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции

Особенности термических условий весеннего сезона и его структурных единиц представлены в табл. 2.17. Из таблицы следует, что показатели гидротермических условий весны за три периода значительно отличаются между собой. Так, за первый период сумма накопленных положительных среднесуточных температур приземного слоя воздуха составила +124,7 °С, во втором по сравнению с данным периодом она увеличилась на 27,3 °С, в третьем уменьшилась, примерно на такую же величину. От-

мечается также понижение значений средней температуры воздуха за весенний сезон от первого периода к третьему с +2,3 до +1,9 °С соответственно (табл. 2.17).

Таблица 2.17

**Термические характеристики весеннего сезона
и его структурных единиц, Томск**

Период, год	Структурные единицы весеннего сезона						Весна	
	снеготаяние		послезимье		предлетье			
	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$
1936– 1970	–51,4	–2,1	+54,1	+4,9	+122,9	+6,8	+124,7	+2,3
	$\sigma \pm 47,3$	$\sigma \pm 1,7$	$\sigma \pm 50,4$	$\sigma \pm 2,0$	$\sigma \pm 110,9$	$\sigma \pm 2,0$	$\sigma \pm 104,7$	$\sigma \pm 114,9$
1971– 2006	–48,2	–1,7	+38,1	+3,8	+162,1	+7,3	+152	+2,8
	$\sigma \pm 71,9$	$\sigma \pm 1,6$	$\sigma \pm 33,1$	$\sigma \pm 1,0$	$\sigma \pm 103,0$	$\sigma \pm 1,7$	$\sigma \pm 126,1$	$\sigma \pm 2,0$
2001– 2015	–89,6	–3,4	+47,9	+3,6	+87,6	+6,3	+101	+1,9
	80,1	$\sigma \pm 1,9$	$\sigma \pm 43,1$	$\sigma \pm 0,8$	$\sigma \pm 133,8$	$\sigma \pm 1,7$	$\sigma \pm 188,3$	$\sigma \pm 2,4$

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.7.

Более низкие показатели уровня температур весеннего сезона во второй и третий периоды по сравнению с первым связаны с понижением температур воздуха в первую фазу весны, что происходит из-за смещения дат её начала на более ранние сроки, когда значения температуры воздуха держатся около 0 °С, но весенние процессы уже получают свое развитие. Суммы накопленных отрицательных температур за фазу «снеготаяние» в первый период составили –51,4 °С, во второй –48,2 °С, в третий – –89,6 °С. Средняя суточная температура за данную фазу самая низкая в третьем периоде и составляет –3,4 °С против –2,1 °С первого. «Снеготаяние» является самой устойчивой фазой весеннего сезона, тогда как фаза «послезимье» (наименее устойчивая) и за 80 лет не была выражена в 42,5% случаев (в 34 годах), фаза «предлетье» выпадала значительно реже по сравнению с фазой «послезимье» – в 10% случаев (в 9 годах из 80 лет). Сумма накопленных температур за фазу «послезимье» изменяется по сравниваемым периодам незначительно – от +54,1 до +38,1 °С, при средней суточной температуре от +4,9 до +3,6 °С. В последнюю фазу весны – «предлетье» накапливается самая большая сумма температур воздуха по сравнению с предыдущими фазами весны, а её максимум отмечается во второй период (+162,1 °С), как и самый высокий уровень средней суточной температуры (+7,3 °С) (табл. 2.17).

Изменения во времени в повторяемости типов весенних сезонов по термическому режиму иллюстрирует табл. 2.18.

Т а б л и ц а 2.18

Повторяемость типов весенних сезонов по термическому режиму, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Х	Х	Н	Т	О/Т
1936–1970	0	9	71	14	6
1971–2006	0	17	69	14	0
2001–2015	0	27	53	20	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.8.

Как следует из табл. 2.18, от первого периода к третьему существенно уменьшилась доля лет с температурными условиями, близкими к норме (на 18%), и на столько же увеличилась повторяемость холодных вёсен по уровню средних суточных температур. Всего за 80 лет отмечалось 13 теплых по термическому режиму вёсен (1939, 1943, 1944, 1949, 1958, 1967, 1979, 1976, 1982, 1995, 1997, 2007, 2014 гг.) и 10 холодных (1941, 1956, 1965, 1992, 1998, 1999, 2002, 2003, 2006, 2008 гг.).

Основные тенденции в термическом режиме весеннего сезона на разных временных отрезках 80-летнего периода продемонстрированы на рис. 2.19, 2.20.

На всех графиках видна тенденция к снижению температурных показателей (за исключением периода с 2001 по 2015 г.), причем в период с 1971 по 2006 г. она более существенна, чем в первом (коэффициент линейного тренда для сумм температур – $-56\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет и у средней суточной температуры за сезон – $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}/10$ лет).

В последние десятилетия наблюдается тенденция к увеличению сумм накопленных температур и значений среднесуточных температур за сезон с коэффициентами линейных трендов $+20,5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ и $+0,24\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{год}$ соответственно.

Заметные изменения во времени наблюдаются и в количестве выпадающих осадков в течение весеннего периода (табл. 2.19).

Накопленные за 80 лет данные о суммах осадков за весенний сезон в Томске показали, что от первого периода к третьему их количество увеличивается на 29 мм (или на 45%), причем наибольший вклад в этот рост приносят осадки фазы «снеготаяние», которые в этом направлении увеличились более чем в два раза (с 18,6 до 42,4 мм).

В центральную фазу весны их количество уменьшилось (с 20,6 мм в первый период до 10,7 мм в третий), в последнюю фазу – увеличилось (на 15 мм), хотя и не настолько значительно в абсолютных величинах, как в первую фазу сезона, но в относительных величинах для данной фазы прирост составил 60%.

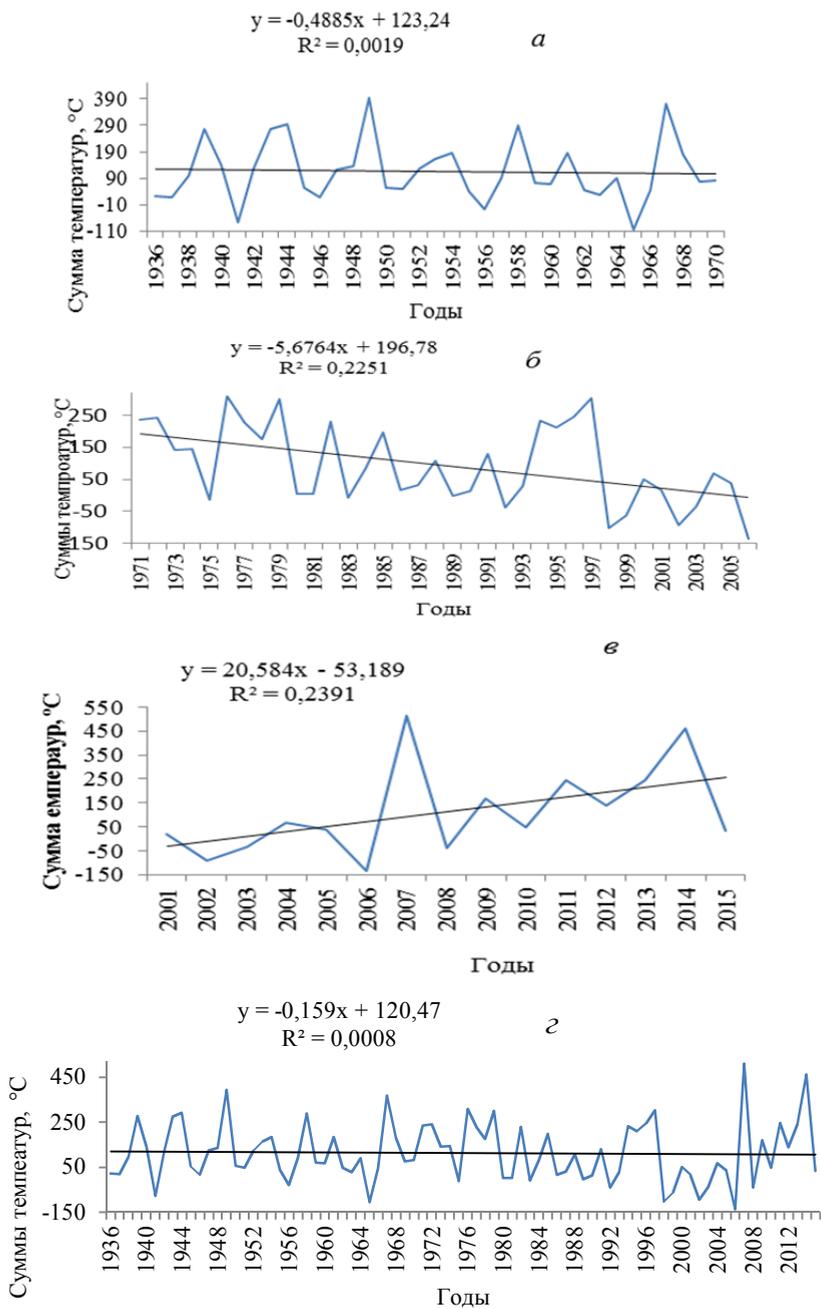


Рис. 2.19. Изменение сумм температур за весенний сезон, Томск.

— — линейный тренд. Период: *a* – с 1936 по 1970 г.;

б – с 1971 по 2006 г.; *в* – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

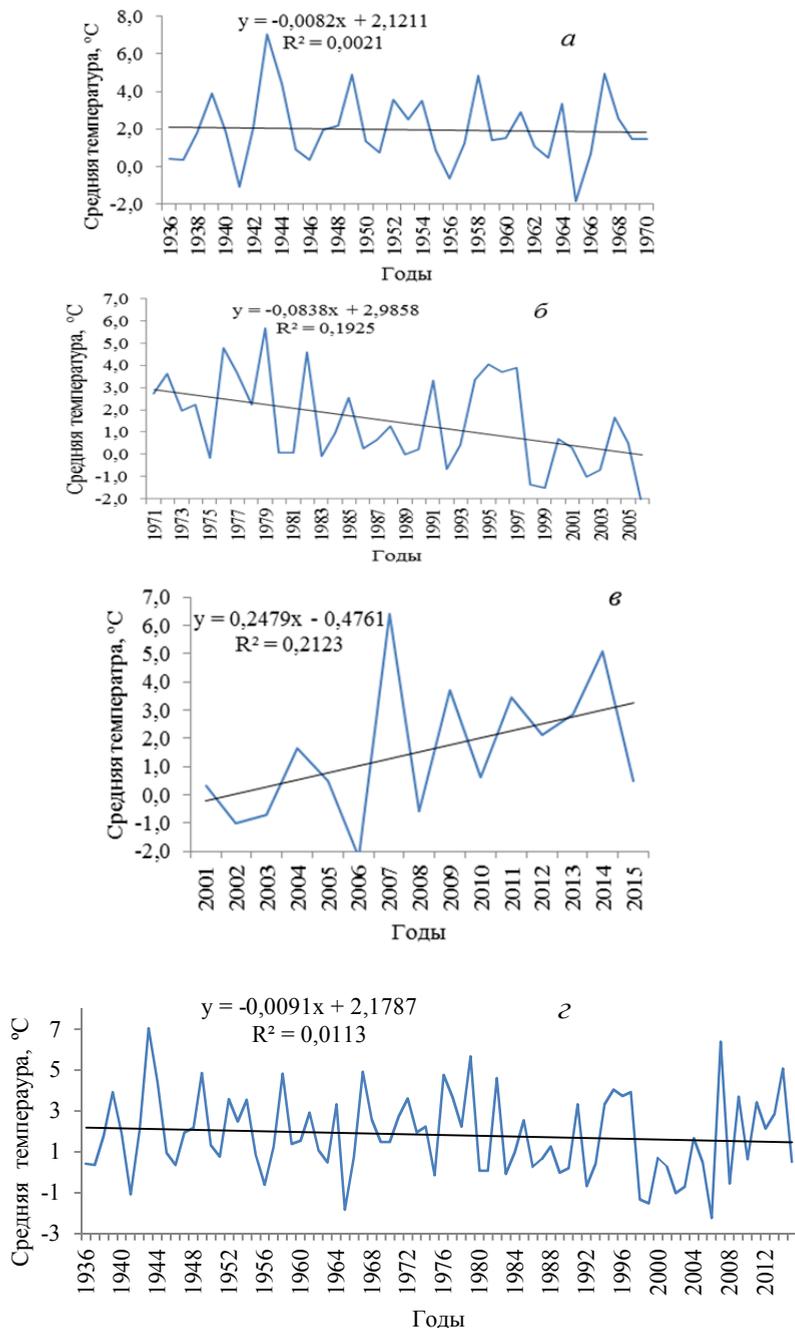


Рис. 2.20. Изменение средней суточной температуры приземного слоя воздуха за весенний сезон года, Томск. ——— — линейный тренд.

Период: *а* – с 1936 по 1970 г.; *б* – с 1971 по 2006 г.;

в – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

Т а б л и ц а 2.19

**Средние многолетние суммы осадков за весенний сезон
и его структурные единицы, Томск, мм**

Период, годы	Структурные единицы весеннего сезона			Сумма осадков за весь весенний сезон
	снеготаяние	послезимье	предлетье	
1936–1970	18,6	20,6	25,2	64,4
1971–2006	35,9	13,5	29,3	78,7
2001–2015	42,4	10,7	40,3	93,4

На рис. 2.21 показаны тенденции в изменении сумм осадков за четыре периода. Их анализ показал, что в трех из них динамика количества осадков за весенний сезон положительная (1936–2015, 1936–1970, 2001–2015 гг.). В период с 1971 по 2006 г. при больших значениях сумм осадков за сезон наметилась тенденция к их уменьшению (коэффициент линейного тренда $-0,9$ мм за год), отрицательный знак тренд приобрел в большей степени за счет отрезка времени с 1987 по 1997 г., когда суммы осадков были существенно ниже нормы.

Полученные выводы о динамических изменениях во времени сумм осадков за весенний сезон согласуются с данными о повторяемости типов весенних сезонов по режиму увлажнения (табл. 2.20).

Из табл. 2.20 следует, что число вёсен с большим и очень большим количеством осадков увеличилось от первого периода ко второму и третьему на 20 и 23% соответственно. В их число вошли вёсны следующих лет: 1949, 1971, 1973, 1975, 1978, 1984, 1985, 1998, 2002, 2003, 2013, 2014. В первом периоде были годы с экстремальным недостатком сумм осадков: 1952 г. (23,3 мм) и 1962 г. (13,1 мм).

Т а б л и ц а 2.20

Повторяемость типов весеннего сезона по режиму увлажнения, Томск

Период	Повторяемость типов, %				
	О/НС	Н/С	Н	Б/С	О/БС
1936–1970	0	14	83	0	3
1971–2006	0	6	71	20	3
2001–2015	0	0	74	13	13

Примечания. Условные обозначения см. в табл. 2.10.

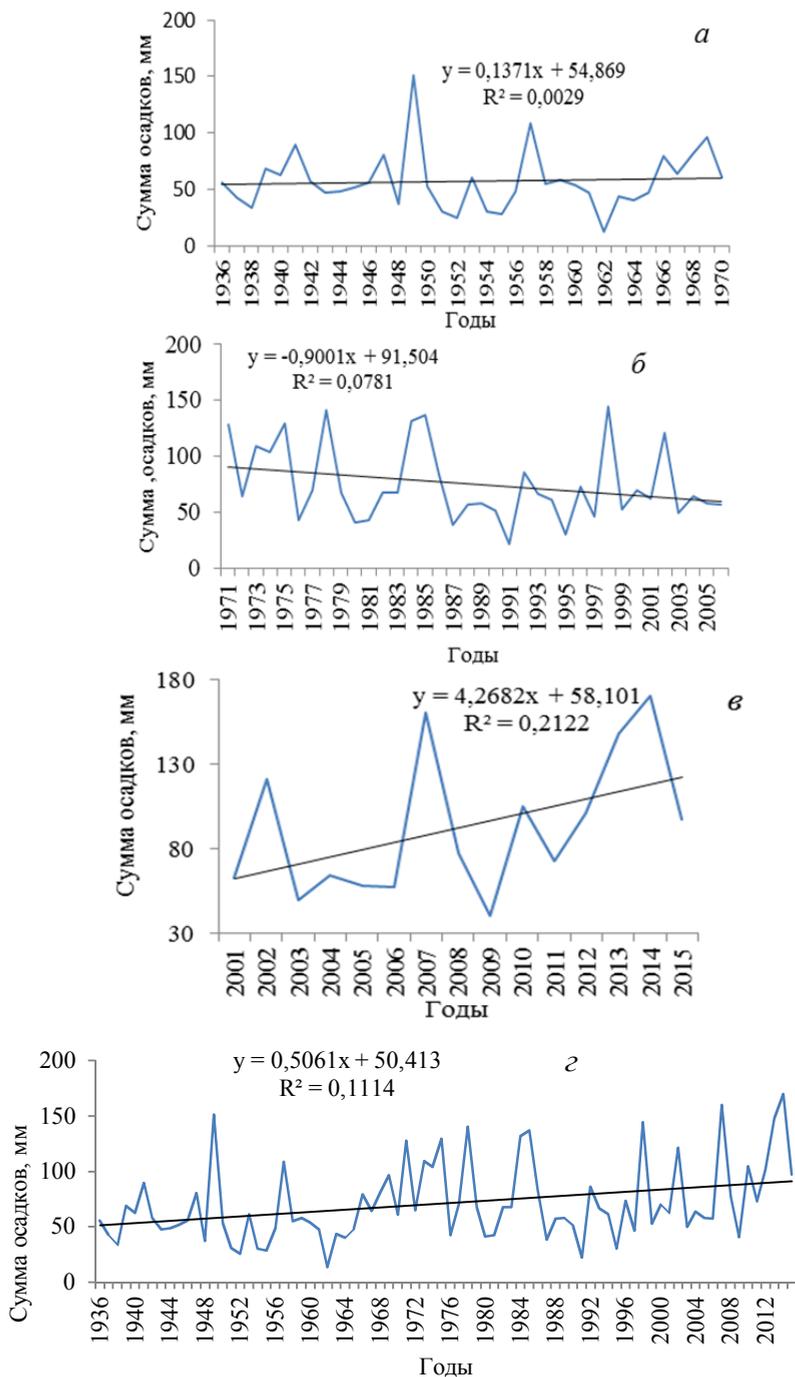


Рис. 2.21. Изменение сумм осадков за весенний сезон года, Томск.

— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.;

б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

В то же время лет с дефицитом осадков после 1970-х гг. стало значительно меньше. Всего таких случаев за весь период исследования было установлено семь, и это весны следующих лет: 1951, 1952, 1954, 1955, 1962, 1991, 1995.

§§§ 2.3.2.3. *Модели климатических режимов типов структуры весеннего сезона года и их динамика*

Весна является переходным сезоном между зимним и летним (прил. 1). За период с 1936 по 2015 г., по данным метеостанции Томск, были установлены разные по структуре типы весенних сезонов (табл. 2.21).

Т а б л и ц а 2.21

Повторяемость типов структуры весеннего сезона года, Томск

Период, годы	Повторяемость типов структуры весеннего сезона, %			
	3ф	2ф без:		1ф б 2и3
		2	3	
1936–1970	46	46	8	–
1971–2006	44	42	11	3
2001–2015	60	27	13	–

Примечание. 3ф – трёхфазная весна, 2фб2 – двухфазная весна без фазы «послезимье», 2фб3 – двухфазная весна без фазы «предлетье», 1фб2и3 – однофазная весна без фаз «послезимье» и «предлетье».

Для каждого типа структуры весенних сезонов были разработаны модели климатических режимов (табл. 2.22).

Согласно данным табл. 2.21, повторяемость трёхфазных по структуре весен от первого к третьему периоду увеличилась на 14%. Анализ табл. 2.22 показал, что весна с трёхфазной структурой в первом периоде в среднем многолетнем начиналась 23 марта и заканчивалась 18 мая и имела продолжительность 58 дней.

Временные показатели от первого периода (1936–1970 гг.) к третьему изменились следующим образом: дата начала заметно сместилась (на 15 дней) на более ранние сроки, дата конца – несущественно (на 2 дня). Из вышеизложенного следует, что увеличение продолжительности весны к третьему периоду на 16 дней, главным образом, обусловлено более ранними сроками её начала.

Т а б л и ц а 2.22

Модели климатических режимов типов структуры весенних сезонов года, Томск

Средние многолетние климатические характеристики весеннего сезона						
1936–1970 гг.						
Тип структуры	T_n	T_k	Δl весны	ΣT	T_{cp}	$\Sigma_{ос}$, мм
3ф	23.03	18.05	58	110,4	1,9	55,8
2фб2	23.03	19.05	58	125,2	2,1	58,6
2фб3	31.03	17.05	48	78,6	1,9	58,6
1фб2и3	–	–	–	–	–	–
1971–2006 гг.						
3ф	14.03	17.05	65	87,4	1,4	84,5
2фб2	14.03	21.05	69	137,3	2,1	69,8
2фб3	9.03	11.05	64	–22,7	–0,4	60,975
1фб2и3	22.03р	1.05	41	–62,8	–1,5	52,4
2001–2015 гг.						
3ф	9.03	20.05	73	164,2	2,2	110,2
2фб2	14.03	12.05	63	72,7	1,8	65,2
2фб3	9.03	7.05	60	–59,4	–1,0	59,9
1фб2и3	–	–	–	–	–	–
1936–2015 гг.						
3ф	17.03	19.05	65	122,3	1,9	78,6
2фб2	18.03	19.05	64	129,4	1,9	64,7
2фб3	19.03	14.05	57	20,7	0,6	60,0
1фб2и3	22.03	1.05	41	–62,8	–1,5	52,4

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.12.

Значение средней суточной температуры трёхфазного типа весны уменьшается от первого периода к третьему на $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (с $+1,9$ до $+1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно), и в два раза увеличиваются суммы осадков (с $55,8$ до $110,2$ мм соответственно) (табл. 2.22).

В Томске в период с 1936 по 1970 г. трёхфазная весна с нормальным началом и концом встречалась в 56% случаев, с 1971 по 2006 г. – в 37%, с 2001 по 2015 г. – в 22%. Продолжительность данного типа весны в основном нормальная, но бывают исключения. Так, в 1978 г. весна была длинной (79 дней против нормы 65 дней), в 1987 и 2009 гг. – короткой (48 и 46 дней соответственно). Уровень средних температур в трёхфазные весны чаще всего был в пределах нормы. С 1936 по 1971 г. только весна 1944 г. была теплой ($+4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ при норме $+1,8\text{ }^{\circ}\text{C}$). В период с 1971 по 2006 г. весна 1995 г. была теплее обычного ($+4,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) с небольшой суммой осадков ($30,3$ мм при норме $71,2$ мм); в 1998 г. – холодной ($-1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), с избыточной

суммой осадков (144,5 мм при норме 84,5 мм). Соотношения трёхфазных типов структуры весенних сезонов с разными типами дат начала/конца сезона и продолжительности в Томске показаны на рис. 2.22.

Трёхфазные весны с нормальным началом и поздним концом в первый период не встречались, во втором данный тип весны был в 1971 и 1985 гг., в третьем – в 2007, 2013, 2014 гг. По продолжительности весны этих лет были длинными. Средняя температура отклонялась от нормы только в 2014 г., и весна этого года была тёплой (+5,1 °С). Во все весны указанных лет осадков выпадало больше нормы.

Весна с трёхфазной структурой с нормальным началом и ранним концом сезона (рис. 2.22) отмечалась в Томске в 1962 и 1965 гг. Весна 1962 г. по продолжительности была короткой (44 дня) и недостаточно увлажнённой, а весна 1965 г. по температуре – холодной (–1,6 °С), по остальным показателям – в пределах нормы. С 1971 по 2006 г. такой тип весны наблюдался в 1991, 1992 и 1995 гг. По продолжительности весна 1991 г. оказалась короткой (39 дней), 1992 г. и 1995 г. – нормальной, по средней температуре весна 1992 г. – холодная (–0,7 °С), 1991 г. – нормальная, 1995 г. – теплая (+4,1 °С). По увлажнению весенние сезоны 1991 и 1995 г. – с осадками меньше нормы (30,3 и 20,1 мм), а 1992 г. – в пределах нормы. В третьем периоде данный тип весны отмечался в 2009 г. и был по продолжительности коротким (46 дней), по гидротермическим показателям – нормальным.

Трёхфазная весна с нормальным началом и очень поздним концом встречалась только в 1940 г., все показатели этой весны были в пределах нормы. Во втором и третьем периодах весны с таким типом структуры не было.

Весна с поздним началом и нормальным концом отмечалась только в первом периоде в 1950 и 1969 гг.; весна 1950 г. по продолжительности была короткой (42 дня при норме 58 дней), остальные показатели этих лет – в пределах нормы.

Трёхфазная весна с поздним началом и поздним концом, по данным метеостанции Томск, была только в первом периоде – в 1958 г., по продолжительности – нормальная, по средней температуре за весну – тёплая (+4,8 °С).

Весна трёхфазная по структуре с ранним началом и нормальным концом встречалась во втором и третьем периодах (в 1975, 1990 и 2015 гг.) (см. рис. 2.22). По продолжительности сезон 1975 г. был длинным (83 дня) и с большим количеством осадков. Весенние сезоны 1990 и 2015 гг. имели климатические показатели в пределах нормы.

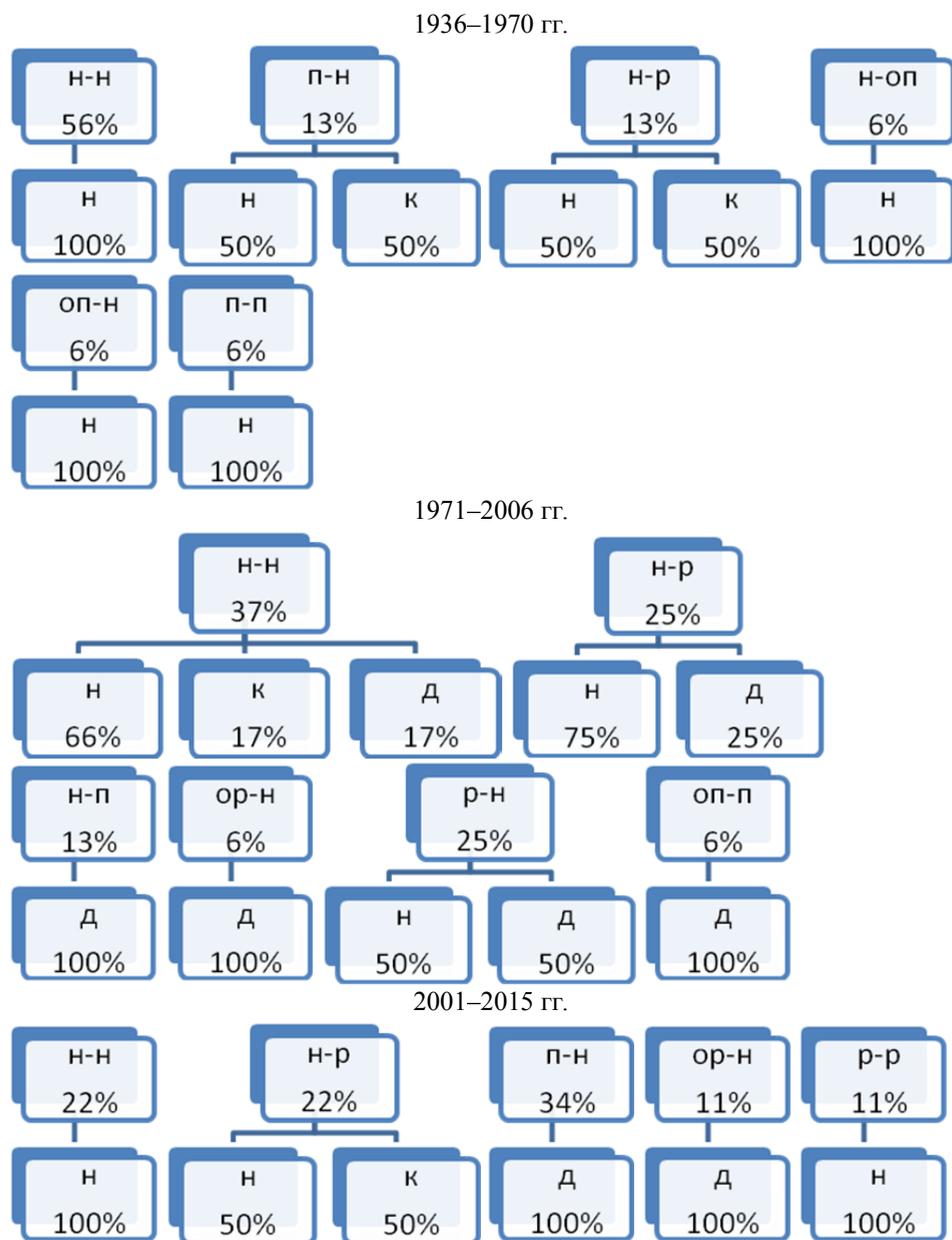


Рис. 2.22. Соотношения трёхфазных типов структуры весенних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Трёхфазная по структуре весна с очень ранним началом сезона и нормальным концом отмечалась только во втором периоде в 2002 г. и была длинной (84 дня), холодной ($-1,0$ °C) и с большой суммой выпавших осадков (121,1 мм).

Трёхфазная весна с очень поздним началом и поздним концом была только во втором периоде в 1979 г. (по продолжительности – нормальная, по средней температуре – тёплая – $+5,7$ °С, по увлажнению – нормальная).

Трёхфазная весна с очень поздним началом и нормальным концом отмечалась в 1952 г. Она была короткая (35 дней), со средней температурой в пределах нормы, с очень недостаточным увлажнением (23,5 мм при норме 84,5 мм).

Во все сравниваемые периоды довольно часто повторяются годы с двухфазной структурой без фазы «послезимье» (2фб2). Доля таких случаев изменяется от 46% (в первом периоде) до 27% (в третьем периоде) (см. табл. 2.21). Отсутствие данной фазы означает, что переход среднесуточной температуры через 0 и $+5$ °С произошел практически одновременно и ознаменовал начало последней фазы сезона – «предлетье».

Средняя многолетняя дата начала 2фб2 типа весны в первом периоде – 23 марта, дата конца – 19 мая. Продолжительность сезона в среднем составляет 59 дней. Во втором периоде, в сравнении с первым отрезком времени, дата начала весны смещается на более ранние сроки (на 14 марта), дата конца – на более поздние (21 мая), продолжительность сезона увеличивается до 69 дней. Уровень средней суточной температуры воздуха понижается на $0,3$ °С (с $+2,1$ °С в первом периоде до $+1,8$ °С в третьем). В этом направлении увеличивается сумма осадков на $14,0$ мм, или на 25% (см. табл. 2.22).

Двухфазная весна без фазы «послезимье» с нормальным началом и нормальным концом сезона в период 1936–1970 гг. встречалась в 45% случаев (рис. 2.23).

Большинство из них по продолжительности оказались нормальные, кроме весен 1943, 1955, 1956 гг., которые были короткими (39–46 дней), и длинной весны 1949 г. (81 день). Средняя температура отклонялась от нормы в тёплые весны 1939 ($+3,9$ °С) и 1949 ($+4,9$ °С) гг. и в холодные весны 1941 и 1956 гг. ($-0,6$ °С). По увлажнению весны 1951 и 1955 гг. были с небольшой суммой осадков. Во второй период подобный тип весны встречался реже (31%). Во всех случаях весны были нормальными по продолжительности. Отклонение средней температуры от нормы наблюдалось в 1982 г., когда весна была теплее обычного ($+4,6$ °С). В третьем периоде данный тип весны отмечался в 2008 и 2011 гг. Отклонения от нормы температурных условий было только в 2008 г., весна которого была холодной ($-0,6$ °С).

Двухфазная весна без фазы «послезимье» с нормальной датой начала и поздней датой конца сезона в период с 1936 по 1970 г. наблюдалась в 1969 г. Продолжительность этого сезона была нормальной, по температуре – тёплой ($+4,9$ °С).

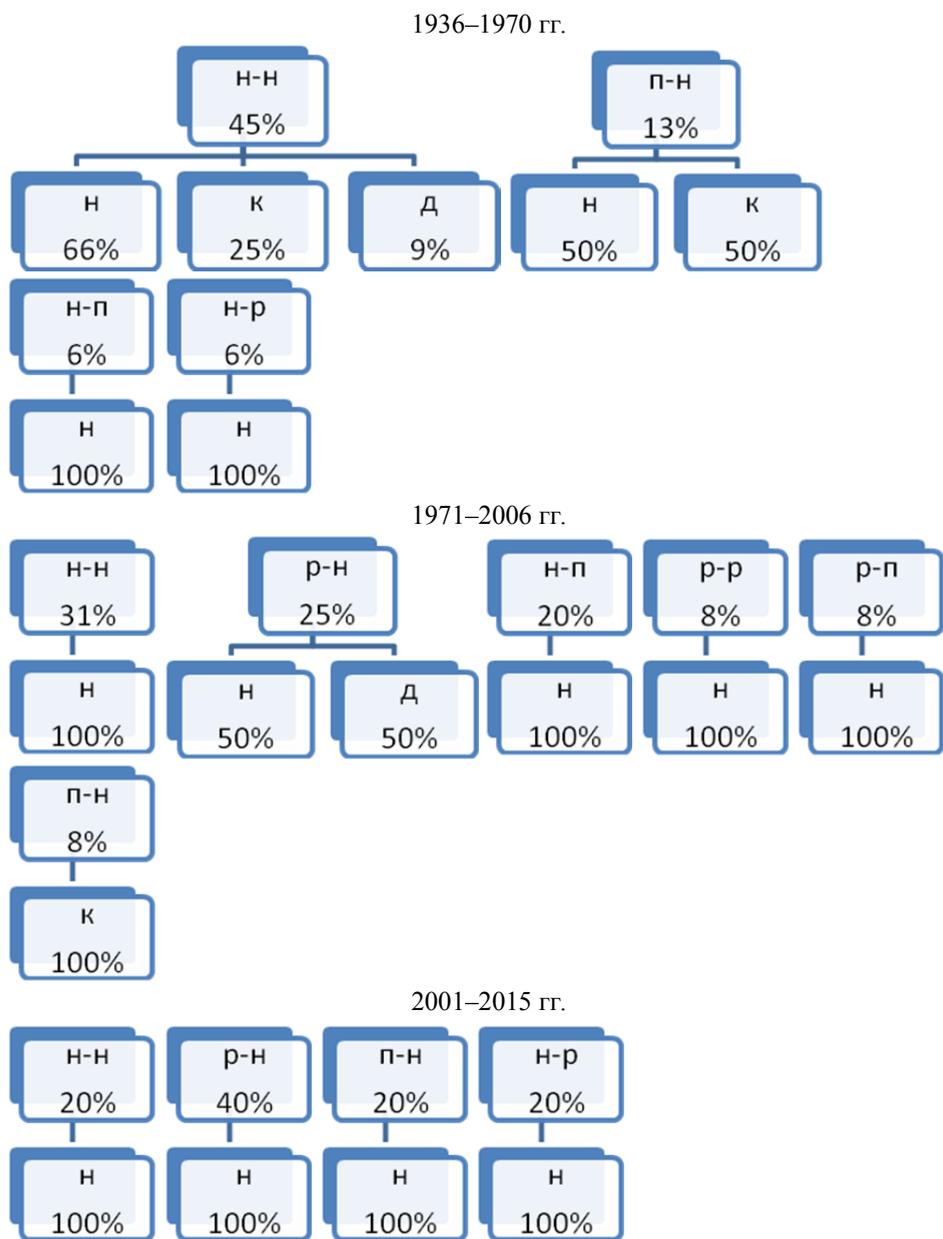


Рис. 2.23. Соотношение двухфазных без фазы «послезимье» (2фб2) типов структуры весенних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

В период с 1971 по 2006 г. весна с подобным типом структуры была в 1976 и 1984 гг. В 1984 г. сезон был длинным (85 дней), в 1976 г. – нормаль-

ным; по температуре весна 1984 г. – нормальная, но с большой суммой осадков (134,6 мм), в 1976 г. – теплая, а по увлажнению нормальная.

Двухфазная весна без 2-й фазы с нормальным началом и ранним концом отмечалась только в первом периоде – в 1938 г., и она была близка по всем климатическим показателям к норме (см. рис. 2.23).

Тип 2фб2 весны с поздним началом и нормальным концом в период с 1936 по 1970 г. был только в 1954 и 1960 гг. По продолжительности весна 1960 г. была короткой (45 дней), 1954 г. – нормальной. Средняя температура за весенний сезон этих лет оказалась в пределах нормы. Увлажнение в 1960 г. – нормальное, в 1954 г. – недостаточное (30 мм). В период с 1971 по 2006 г. к данному типу может быть отнесена весна 2004 г., короткая (43 дня) по продолжительности и нормальная по термическому режиму и увлажнению.

Двухфазная весна с ранним началом и нормальным концом встречалась только в период 1971–2006 гг. (1988, 1997, 2000, 2005 гг.). По продолжительности сезоны 2000 и 2005 гг. были нормальными, а 1988 и 1997 гг. – длинными (78 и 88 дней). По уровню средних температур весна 1997 г. была теплой (+3,9 °С), в остальные годы – нормальная. Увлажнение во все сезоны оказалось нормальным.

Двухфазная структура весны с ранним началом и ранним концом наблюдалась в 1981 г., весна по продолжительности и температуре за сезон была нормальной. Двухфазная структура весны с ранним началом и поздним концом отмечалась в 1982 г. и была она очень длинной (99 дней) с нормальными гидротермическими условиями.

Следующий тип двухфазных весен – двухфазная весна без фазы «предлетье» (2фб3). Данный тип структуры весны отмечался в каждом из трех сравниваемых периодов с повторяемостью 8, 11 и 13% соответственно (см. табл. 2.21). Выпадение фазы «предлетье» может быть как из-за позднего окончания предшествующей фазы («послезимье»), так и раннего окончания самой фазы «предлетье», а также при сочетании указанных аномалий одновременно. Даты начала и конца двухфазного типа весны без фазы «предлетье» (2фб3) в первом периоде приходятся на 31 марта и 17 мая соответственно. Продолжительность весны данного типа в среднем составляет 48 дней. Во втором и третьем периодах 2фб3 тип весны стал наступать и заканчиваться значительно раньше, чем в первом, на 17 дней и 11 дней соответственно. К третьему периоду продолжительность весны без фазы «предлетье» увеличилась до 60 дней. Данный тип весны имеет самые низкие значения средней суточной температуры за сезон: +1,6 °С в первом периоде, –0,3 °С во втором и –1,0 °С в третьем периоде. Во втором

и третьем периодах в сравнении с первым наблюдается значительный рост сумм осадков во все типы весенних сезонов. Так, наибольший (в два раза) рост их отмечается от первого периода к третьему за трёхфазный тип (см. табл. 2.22).

Двухфазный тип весны без последней фазы с нормальным началом и концом встречался в период с 1936 по 1970 г. в трёх случаях (1936, 1947, 1964 гг.), с 1971 по 2006 г. – в четырёх (1989, 1993, 2001 и 2006 гг.). По продолжительности весны этих лет были преимущественно нормальными, кроме 1964 г. Последняя оказалась очень короткой – 27 дней. По уровню средней температуры за сезон особо выделилась весна 2006 г. (холодная – $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$); по увлажнению все сезоны перечисленных лет были нормальными. Соотношения двухфазных без фазы «предлетье» (2фб3) типов структуры весенних сезонов с разными типами дат начала/конца сезона и продолжительности в Томске представлены на рис. 2.24.

Двухфазная весна без фазы «предлетье» с нормальным началом и ранним концом была в 2001 г. со всеми климатическими показателями в пределах нормы (рис. 2.24).

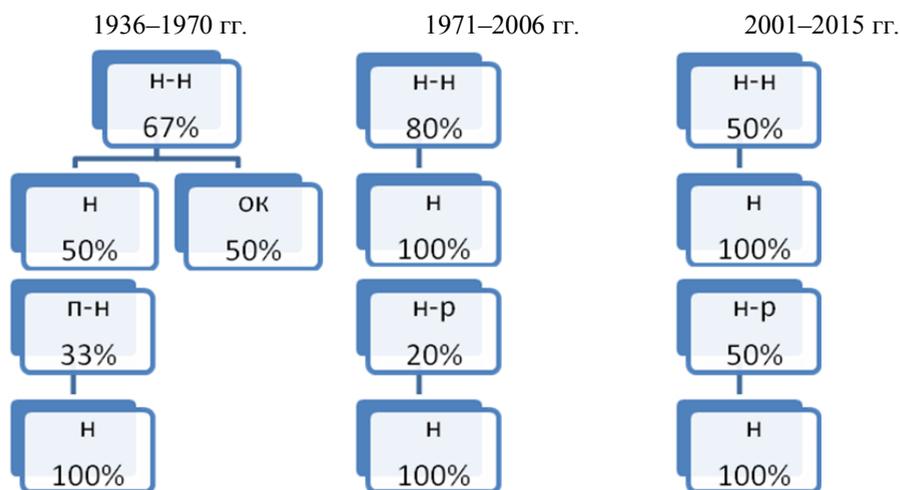


Рис. 2.24. Соотношение двухфазных без фазы «предлетье» (2фб3) типов структуры весенних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

В третий период весна 2фб3 встречалась в двух случаях (2001 и 2006 гг.). По уровню среднесуточных температур данный тип весны ниже, чем во втором периоде, на $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. В 2001 г. из-за холодной последней декады апреля ($+3,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) фаза «послезимье» растянулась на 22 дня и закон-

чилась 2 мая, а фаза «предлетье» длилась всего 3 дня. Практически такие же термические условия отмечались и в 2006 г. Однофазная структура весны без фаз «послезимье» и «предлетье» (без 2-й и 3-й фазы) была только в 1999 г. (см. табл. 2.21). В этот год весна была представлена только фазой «снеготаяние». В 1999 г. при растянутом снеготаянии конец весны наступил рано (1 мая), и весенний сезон оказался коротким по продолжительности (41 день), холодным по термическим условиям ($-1,5^{\circ}\text{C}$), по увлажнению – нормальным.

Приведенный выше анализ свидетельствует о том, что на юго-востоке ЗСР на отрезке времени с 1971 по 2006 г. весенние процессы стали начинаться в среднем многолетнем на 5–9 дней раньше, и примерно на 3–5 дней раньше заканчиваться по сравнению с первым периодом. Изменения произошли во временных характеристиках структурных единиц внутри весеннего сезона, стала длиннее на 4 дня фаза «снеготаяние».

Это время от залегания сплошного снежного покрова с отдельными проталинами, занимающими не более 2,5% площади до пестрого ландшафта с проталинами, занимающими от 50% площади. Уменьшилась на четыре дня фаза «предлетье». Заметно после 1970-х гг. увеличилась изменчивость от года к году дат начала и конца, при возрастающей доли среди них ранних по началу и концу сезонов. Во втором и третьем периодах в сравнении с первым наблюдается значительный рост сумм осадков во все типы весенних сезонов, особенно у трехфазных по структуре вёсен – на 54,4 мм, т.е. в два раза.

Как известно, от характера данного сезона (сроков начала, конца, продолжительности, гидротермических показателей) в значительной степени зависят условия формирования весеннего половодья, особенности развития русловых и поверхностных эрозионных процессов [238, 310], а также многие виды хозяйственной деятельности человека (сельское хозяйство, рекреация, лесоводство и т.д.).

Выявленные тенденции в изменении весенних ритмов будут, несомненно, полезны при решении вопросов рационального природопользования и разработке мероприятий по экономическому и социальному развитию региона.

§§ 2.3.3. Многолетние изменения климатических характеристик летнего сезона года и его структурных единиц

Летний сезон в условиях умеренного климата, где четко обозначены все четыре климатических сезона, является тем временем года, в течение которого активно протекают энергетические процессы, обеспечивающие бесперебойную жизнедеятельность биоценозов, в том числе культурных. Благоприятные температурные условия, продолжительный световой день, большое количество часов солнечного сияния – всё это делает летний сезон наиболее комфортным для осуществления видов хозяйственной деятельности, связанных с открытым воздухом, а также отдыха и туризма. Вышеизложенное подчёркивает актуальность изучения региональных направлений изменения климатических режимов летнего сезона в условиях современных тенденций глобального климата.

§§§ 2.3.3.1. Изменение временных характеристик и их тенденции

В структуре летнего сезона, как было показано выше, выделяется три фазы (прил. 1): умеренно-прохладное лето, умеренно-теплое и спад лета.

Т а б л и ц а 2.23

Временные характеристики летнего сезона года и его структурных единиц, Томск

Период, годы	Структурные единицы летнего сезона года									Лето
	умеренно-прохладное			умеренно-теплое			спад лета			
	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	
1936–1970	17.05	14.06	29	15.06	15.08	62	16.08	7.09	23	114
	σ±10,9			σ±10,7	σ±8,5			σ±9,7		
1971–2006	14.05	9.06	27	10.06	20.08	72	21.08	10.09	21	120
	σ±11,0			σ±11,7	σ±7,6			11,3		
2001–2015	9.05	2.06	25	3.06	22.08	81	23.08	13.09	20	126
	σ±12,7			σ±11,9	σ±14,1			σ±7,7		

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.3.

Из данных табл. 2.23, где представлены временные характеристики летнего сезона, следует, что его продолжительность с 1970-х гг. увеличи-

лась на 12 дней (со 114 до 126 дней). Доля данного сезона в годовом цикле увеличилась, соответственно, с 31% в первый период до 35,5% в третий. Следует отметить, что дата начала лета (начала фазы «умеренно-прохладное лето») в третьем периоде по сравнению с первым стало наступать в более ранние сроки (9 мая против 17 мая). В этом направлении значительно увеличилась продолжительность центральной фазы летнего сезона (теплого ядра), что связано как со смещением даты её начала на более ранние сроки, так и даты конца на более поздние. В первом сравниваемом периоде фаза «умеренно-тёплое лето» в среднем длилась 62 дня, в третьем – уже на 19 дней дольше (81 день). Изменение сроков начала данной фазы на более ранние даты и конца на более поздние объясняется в первом случае повышением уровня температуры воздуха июня месяца (со второй пентады), во втором случае – температуры конца августа месяца (особенно четвертой и пятой пентад).

За счет повышения температуры в августе (см. табл. 2.2) дата начала последней фазы летнего сезона («спад лета») отступила к третьему периоду на 8 дней (с 16 августа в первый период к 23 августа в третий период), что при мало изменившихся сроках конца лета во втором и третьем периодах привело к уменьшению её продолжительности на два дня (см. табл. 2.23). Рис. 2.25 наглядно иллюстрирует изменения по рассматриваемым периодам продолжительности фаз летнего сезона.

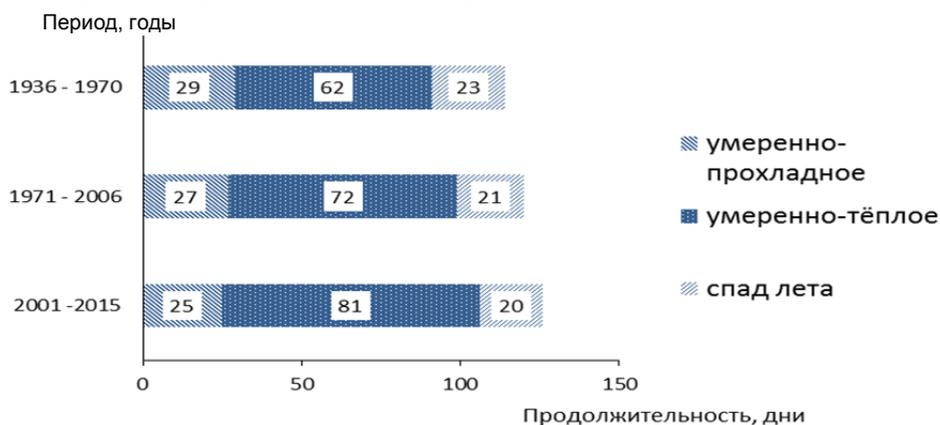


Рис. 2.25. Изменение продолжительности структурных единиц летнего сезона года, Томск

Выявленные закономерности в изменении временных характеристик подтверждаются данными таблиц с повторяемостью типов структурных единиц летнего сезона по датам начала, конца и продолжительности (табл. 2.24, 2.25).

Т а б л и ц а 2.24

Повторяемость типов летнего сезона по дате начала, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Р	Р	Н	П	О/П
1936–1970	0	18	70	6	6
1971–2006	0	20	63	17	0
2001–2015	0	33	60	7	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.4.

Т а б л и ц а 2.25

Повторяемость типов летнего сезона по дате конца, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Р	Р	Н	П	О/П
1936–1970	0	20	66	14	0
1971–2006	6	8	67	19	0
2001–2015	0	0	80	13	7

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.4.

Т а б л и ц а 2.26

Повторяемость типов летнего сезона по его продолжительности, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/К	К	Н	Д	О/Д
1936–1970	0	9	88	0	3
1971–2006	3	14	72	11	0
2001–2015	0	7	79	7	7

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.4.

От первого периода к двум последующим увеличилось число лет ранних по дате начала с 18% (1938, 1962 и 1965 гг.) до 20% второго, 33% – третьего (см. табл. 2.24). На второй период приходились сезоны с самыми ранними датами начала – 1990 г. (1 мая), 1999 г. (2 мая). В первом периоде встречались сезоны с очень поздним началом (26 июня в 1940 г. и 12 июня в 1949 г.), во втором и третьем периодах начало летнего сезона в такие поздние сроки не отмечалось. Число летних сезонов с поздней и очень поздней датой конца увеличилось от первого периода к третьему на 6%. В третьем периоде конец летнего сезона был самым поздним за все 80 лет – в 2009 г. (4 октября) из-за аномально теплых конца сентября и особенно начала октября, когда среднесуточные температуры поднимались до +15 °С, а максимальные до +22 °С.

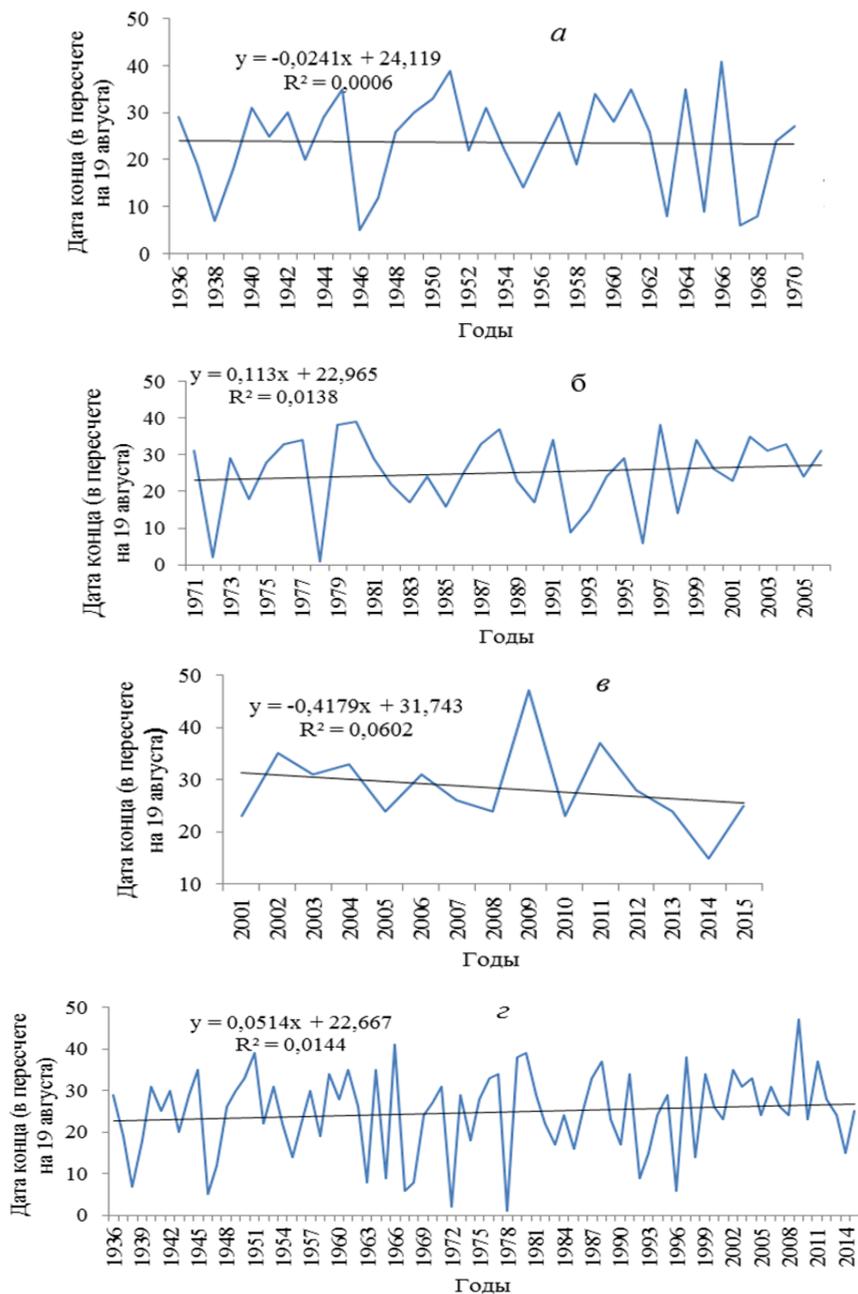


Рис. 2.26. Изменение дат конца летнего сезона года, Томск.
 ———— — линейный тренд. Период: *a* – с 1936 по 1970 г.;
б – с 1971 по 2006 г.; *в* – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

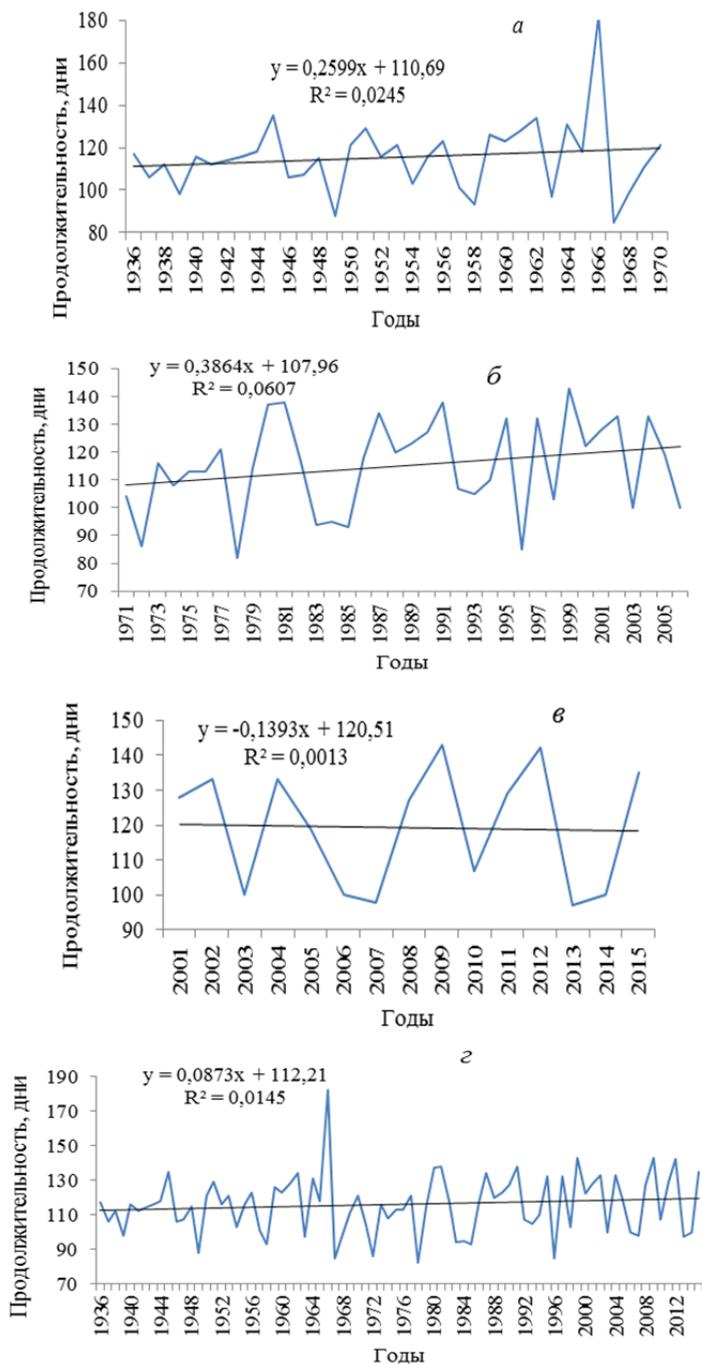


Рис. 2.27. Изменение продолжительности летнего сезона года, Томск.

— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.;
б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

Число длинных летних сезонов от первого периода к третьему увеличилось с 3 до 14%, в третий период аномально длинным было лето 2003 г. (169 дней).

Тенденции динамики дат начала летнего сезона показаны были при анализе дат конца весеннего сезона (§§§ 2.3.2.1), поэтому в этой части работы мы рассмотрим основные тенденции в сроках окончания летнего сезона.

Особенности хронологического хода и тенденции дат конца летнего сезона иллюстрирует рис. 2.26.

На рис. 2.26, *г* показан хронологический ход даты конца летнего сезона за весь 80-летний период, прослеживается положительная тенденция с небольшим значением коэффициента линейного тренда (0,51 дн./10 лет) в сторону более позднего окончания лета. Однако внутри этого длительного отрезка времени знак тенденции не оставался постоянным. Так, в первом и третьем периодах он был отрицательным (–0,2 дн./10 лет и –4,1 дн./10 лет соответственно), во втором – положительным, с коэффициентом линейного тренда +1,134 дн./10 лет.

Как было отмечено выше, продолжительность летнего сезона с начала исследуемого периода к его концу заметно увеличилась (табл. 2.23).

Особенности изменения от периода к периоду данной временной характеристики показаны на графиках рис. 2.27.

Об устойчивой тенденции увеличения продолжительности летнего сезона в период с 1936 по 2015 г. указывают графики *а*, *б*, *г* рис. 2.27, причем за период с 1971 по 2006 г. скорость увеличения продолжительности лета оказалась наибольшей – 3,8 дн./10 лет. Однако с 2001 г. тренд поменял знак на отрицательный, т.е. в сторону уменьшения длительности данного сезона, хотя и с небольшой скоростью (–1,3 дн./10 лет).

Таким образом, временные характеристики летнего сезона по сравниваемым периодам имеют заметные отличия. Они выразились в смещении дат начала сезона на более ранние сроки во втором и третьем периодах, а также в заметном увеличении длительности центральной фазы (теплого ядра) и летнего сезона в целом.

§§§ 2.3.3.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции

Анализ термических условий структурных единиц летнего сезона позволяет отметить, что от первого периода ко второму повышается, хотя не столь заметно, уровень летних температур. Это видно и по суммам, и по средним значениям среднесуточной температуры воздуха за летний сезон в целом. В третьем периоде суммы температур по сравнению с двумя предыдущими выросли, но при этом средний уровень среднесуточных температур в среднем за сезон понизился. В значительной степени это связано со смещением начала лета на более ранние сроки (3 июня), когда в течение длительного времени температуры приземного слоя воздуха держатся около термического критерия начала теплого сезона (табл. 2.27).

Т а б л и ц а 2.27

Термические характеристики летнего сезона и его структурных единиц, Томск

Период, годы	Термические характеристики за лето и его структурные единицы							
	умеренно-прохладное		умеренно-теплое		спад лета		лето	
	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$
1936–1970	381,98	13,1	1092	17,9	295	12,8	1769	15,5
	$\sigma \pm 195,4$	$\sigma \pm 1,5$	$\sigma \pm 258,8$	$\sigma \pm 1,5$	$\sigma \pm 152,4$	$\sigma \pm 1,3$	$\sigma \pm 210,0$	$\sigma \pm 1,2$
1971–2006	381,9	11,8	1340,4	18,1	280	13,3	1856,1	16,7
	$\sigma \pm 173,1$	$\sigma \pm 1,0$	$\sigma \pm 239,6$	$\sigma \pm 0,9$	$\sigma \pm 132,0$	$\sigma \pm 1,1$	$\sigma \pm 281,2$	$\sigma \pm 1,1$
2001–2015	302	12,1	1391	16,5	284	13,6	1977,0	15,7
	$\sigma \pm 185,5$	$\sigma \pm 1,0$	$\sigma \pm 237,8$	$\sigma \pm 1,1$	$\sigma \pm 146,5$	$\sigma \pm 1,3$	$\sigma \pm 290,7$	$\sigma \pm 1,1$

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.8.

Наиболее заметно (на 299 °C) выросли суммы среднесуточных температур в фазу «умеренно-тёплое лето» (центральную фазу). Для фазы «умеренно-прохладное лето», напротив, характерно уменьшение сумм накопленных температур и значений средней температуры воздуха. Это обусловлено, прежде всего, сокращением её продолжительности, а также смещением дат начала на более ранние сроки. Суммы температур и средние значения среднесуточной температуры воздуха за последнюю фазу лета («спад лета») во времени изменились незначительно (см. табл. 2.27).

На рис. 2.28, 2.29 показаны изменения во времени сумм средних суточных температур воздуха и средних среднесуточных значений за лето, линейных трендов и их уравнений.

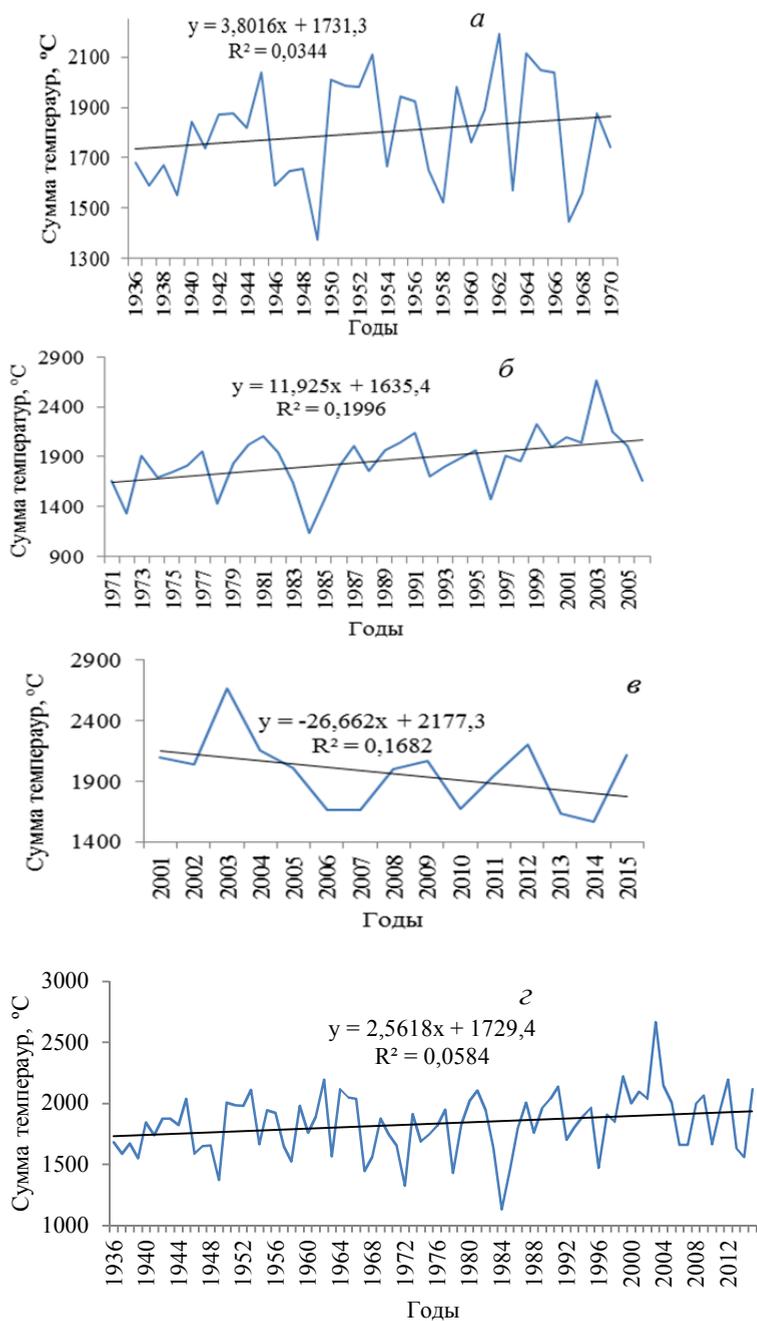


Рис. 2.28. Изменение сумм средних суточных температур воздуха за летний сезон года, Томск. ——— — линейный тренд.

Период: *а* – с 1936 по 1970 г.; *б* – с 1971 по 2006 г.;

в – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

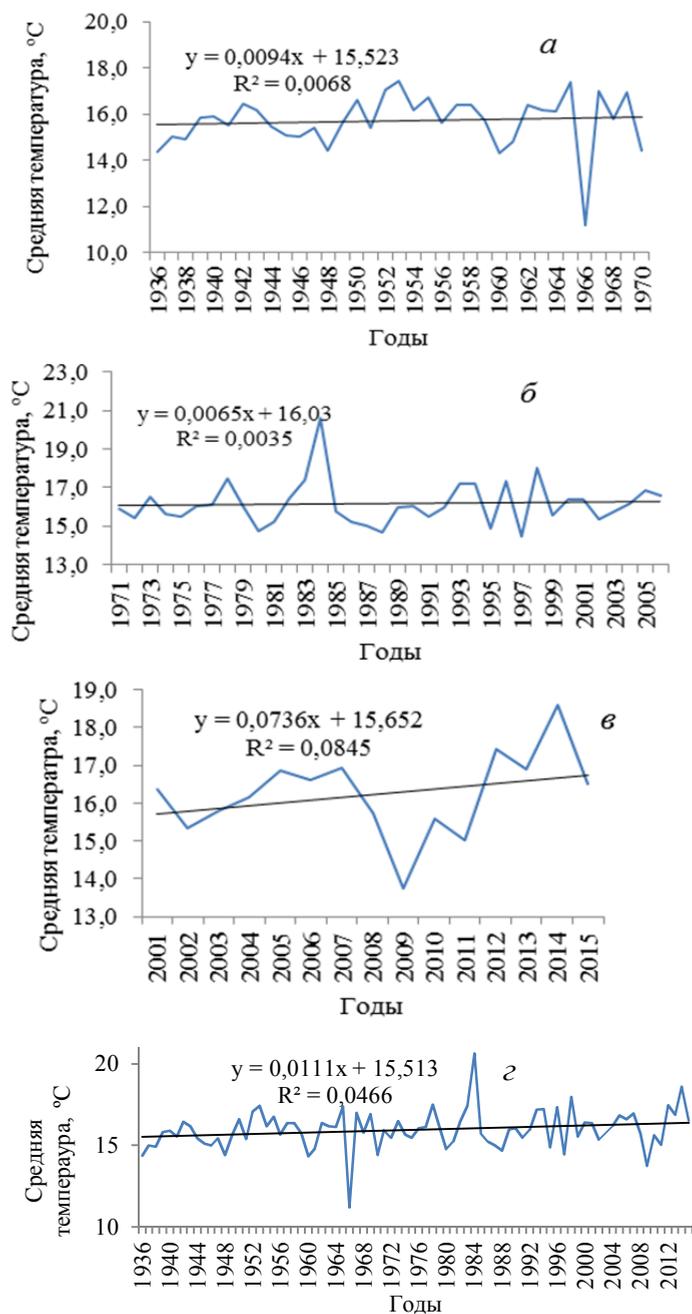


Рис. 2.29. Изменение средней суточной температуры воздуха за летний сезон года, Томск. ——— – линейный тренд.
Период: а – с 1936 по 1970 г.; б – с 1971 по 2006 г.;
в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

Повторяемость типов летних сезонов по термическому режиму иллюстрируют данные табл. 2.28.

Т а б л и ц а 2.28

Повторяемость типов летнего сезона по средней температуре, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Х	Х	Н	Т	О/Т
1936–1970	3	14	74	9	0
1971–2006	0	8	72	17	3
2001–2015	0	0	87	13	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.8.

На всех графиках рис. 2.28, за исключением *в*, отмечаются положительные коэффициенты у линейных трендов термических показателей, причём во втором периоде он больше, чем в первом (скорость увеличения сумм температур в первом периоде составляет 38 °С/10 лет во втором – 119 °С/10 лет). В третьем периоде знак тенденции поменялся на отрицательный, т.е. суммы температур за лето стали уменьшаться со скоростью около 260 °С/10 лет.

На рис. 2.29 видно, что во все периоды тенденция у показателей средних среднесуточных температур воздуха за сезон положительная и значения коэффициентов трендов изменяются незначительно.

Из табл. 2.28 следует, что во втором и третьем периодах число теплых и очень теплых летних сезонов увеличилось на 4–11%. Во втором периоде аномально теплым лето было в 1984 г. (+20,6 °С при норме +16,1 °С). Холодные сезоны от первого периода к двум последующим сократились с 14 до 8 и 0% соответственно. В первом периоде аномально холодным было лето в 1966 г. (+11,2 °С). Термический уровень в летнее время выше нормы отмечался в следующие годы: 1953, 1965, 1978, 1984, 1993, 1994, 1996, 1998, 2004, 2012, 2014. Холоднее обычного летние сезоны были в 1936, 1948, 1960, 1961, 1966, 1970, 1980, 1988 гг.

Проведенный анализ изменения сумм осадков за летний сезон во времени показал, что за исследуемые периоды их средние многолетние значения изменялись незначительно (табл. 2.29).

Однако внутри летнего сезона с 1970-х гг. более заметно увеличилось количество осадков в его центральную фазу. От периода к периоду сумма осадков за структурные единицы изменения претерпела лишь в фазы «умеренно-тёплое лето» и «умеренно-прохладное лето» (на 13,0 мм, или 8,7%).

Т а б л и ц а 2.29

**Средние многолетние суммы осадков за летний сезон
и его структурные единицы, Томск, мм**

Период, годы	Суммы осадков по структурным единицам			Сумма осадков за лето
	умеренно-прохладное	умеренно-теплое	спад лета	
1936–1970	44,2	149,8	48,8	242,2
1971–2006	35,2	156,0	44,8	236,0
2001–2015	35,9	162,8	44,2	242,9

Примечание. Σос. – сумма осадков.

Динамика в повторяемость типов летних сезонов по режиму увлажнения приведена в таблице (табл. 2.30).

Т а б л и ц а 2.30

Повторяемость типов летнего сезона по режиму увлажнения, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/НС	НС	Н	Б/С	О/БС
1936–1970	3	11	66	17	3
1971–2006	0	14	72	11	3
2001–2015	0	20	60	20	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.10.

Как следует из табл. 2.30, от периода к периоду пропорции в соотношении выделенных типов, если их разделить на три группы (годы с недостаточным увлажнением, избыточным и нормальным) практически сохраняются. Однако следует отметить, что в первом периоде они отличались большим разнообразием (5 типов) по сравнению с третьим периодом (3 типа). Во втором периоде был отмечен год с наибольшей суммой осадков за лето за все 80 лет – 1987 г. (414,1 мм при норме 235,9 мм) и в первом периоде – год с аномально малым количеством осадков – 1966 г. (109,2 мм). За период с 1936 по 2015 г. было 14 (т.е. 17,5%) летних сезонов с количеством осадков больше нормы (1941, 1942, 1945, 1946, 1947, 1956, 1970, 1987, 2001, 2002, 2003, 2004, 2009, 2011 гг.) и 12 (15%) летних сезонов с осадками меньше нормы (1952, 1964, 1966, 1967, 1977, 1983, 1984, 1989, 1998, 1999, 2010, 2014 гг.).

На рис. 2.30 представлены хронологический ход сумм осадков за летний сезон, линейные тренды и их уравнения. На рис. 2.30, *г*, где показаны изменения летних осадков за весь 80-летний период, выражена отрицательная тенденция с коэффициентом линейного тренда – 1,4 мм/10 лет.

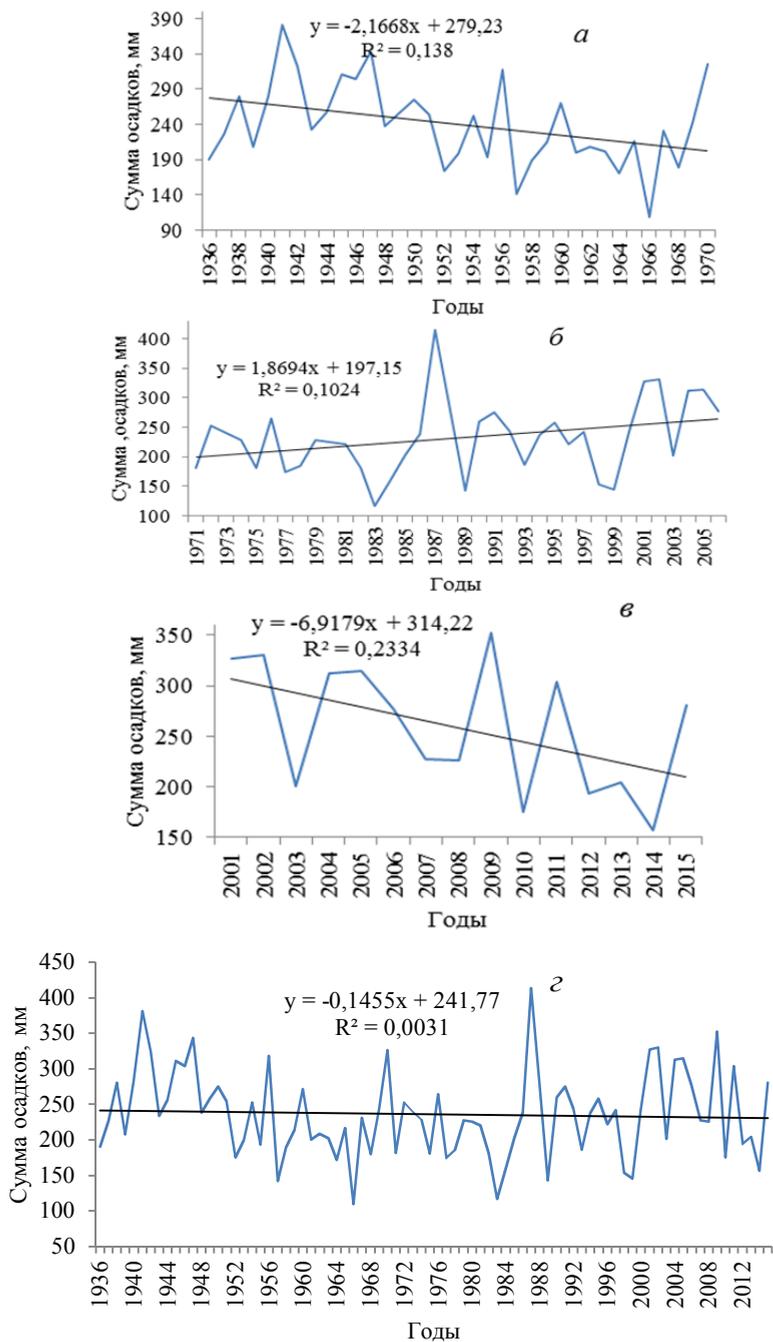


Рис. 2.30. Изменение сумм осадков за летний сезон года, Томск.
 ———— — линейный тренд. Период: *а* – с 1936 по 1970 г.;
б – с 1971 по 2006 г.; *в* – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

Тем не менее внутри него на разных отрезках этот процесс не был однозначным: если в первом и третьем периодах он имел тот же знак, что и за весь период (отрицательный), то во втором – положительный со значением коэффициента +18,6 мм/10 лет.

§§§ 2.3.3.3. Модели климатических режимов типов структуры летнего сезона года и их динамика

Как было указано ранее, средняя многолетняя структура лета на юго-востоке ЗСР трехфазная (прил. 1), она включает в себя «умеренно-прохладное» лето (1-я фаза), «умеренно-тёплое лето» (2-я фаза) и фазу «спад лета» (3-я фаза). За период с 1936 по 2015 г. в пределах подтайги были отмечены различные по структуре типы летних сезонов. В табл. 2.31 показана их повторяемость, а в табл. 2.3.2 – модели их климатических режимов.

Т а б л и ц а 2.31

Повторяемость типов структуры летнего сезона года, Томск

Периоды, годы	Повторяемость типов структуры летнего сезона, %		
	3ф	2 фазы без:	
		1-й	3-й
1936–1970	83	11	6
1971–2006	74	20	6
2001–2015	80	20	0

Примечание. 3ф – трёхфазное лето, 2фб1 – двухфазное без фазы «умеренно-прохладное лето», 2фб3 – «двухфазное без фазы спад лета».

Из данных табл. 2.31 следует, что во все сравниваемые периоды преобладали летние сезоны с трехфазной структурой.

Летние сезоны с трёхфазным типом структуры в Томске в первом и втором периодах начинаются, соответственно, в среднем многолетнем 20 и 16 мая, а заканчиваются 11 и 13 сентября. В период с 2001 по 2015 г. трёхфазные летние сезоны стали начинаться раньше (14 мая) и заканчиваться позднее (16 сентября), чем в предшествующие периоды. В соответствии с этим на 11 дней увеличилась и продолжительность лета – со 115 дней в первый период до 126 дней в третий. Средняя суточная температура сезона повысилась с 15,5 до 16,0 °С (табл. 2.32).

Накопленный за 80 лет банк ежегодных данных о климатических режимах летних сезонов дал возможность показать соотношение выделенных типов структуры сезона с разными типами сезонов по датам начала/конца и продолжительности (рис. 2.31–2.33).

Во все годы рассматриваемого периода 1936–2015 гг. трёхфазная структура летнего сезона в Томске была нормальной по продолжительности. По другим характеристикам фиксируются разные вариации. Рассмотрим их ниже.

Таблица 2.32

Модели климатических режимов типов структуры летних сезона, Томск

Средние многолетние климатические характеристики летнего сезона						
1936–1970 гг.						
Тип структуры	T_n	T_k	Δl лета	ΣT	T_{cp}	$\Sigma ос$, мм
3ф	20.05	11.09	115	1813,1	15,5	247,3
2фб1	28.05	8.09	104	1690,2	16,2	195,0
2фб3	11.05	1.09	114	1825,5	16,0	227,5
1971–2006 гг.						
3ф	16.05	13.09	121	1904,1	15,7	94,5
2фб1	26.05	11.09	109	1795,5	16,5	204,9
2фб3	17.05	30.08	106	1754,3	16,6	214,6
2001–2015 гг.						
3ф	14.05	16.09	126	2009,0	16,0	267,5
2фб1	30.05	11.09	105	1783,8	16,9	224,5
2фб3	–	–	–	–	–	–
1936–2015 гг.						
3ф	18.05	12.09	118	1866,5	15,8	246,0
2фб1	29.05	9.09	104	1740,7	16,7	198,1
2фб3	14.05	31.08	110	1789,9	16,3	221,1

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.12.

В первый период трёхфазная структура летнего сезона в Томске нормальной по датам начала и конца отмечалась в 52% (рис 2.31). По средней температуре несколько лет (1936, 1948, 1960, 1970 гг.) были холодными (от 14,3 до 14,4 °С при норме 15,8 °С), по увлажнению – избыточными (1942 и 1956 гг., соответственно, 318 и 323,4 мм при норме 247,3 мм).

Во втором периоде трёхфазная структура лета с нормальным началом и концом встречается в 42,0%. По средней температуре воздуха лето 1994 г. было тёплым (17,2 °С), в остальные годы – нормальным. По режиму увлажнения большинство лет этого периода были близкими к норме, за исключением очень избыточного лета 1987 г. (414,1 мм при норме 235,9 мм), избыточного 2005 г. (314,1 мм) и недостаточного по осадкам 1989 г. (143,1 мм).

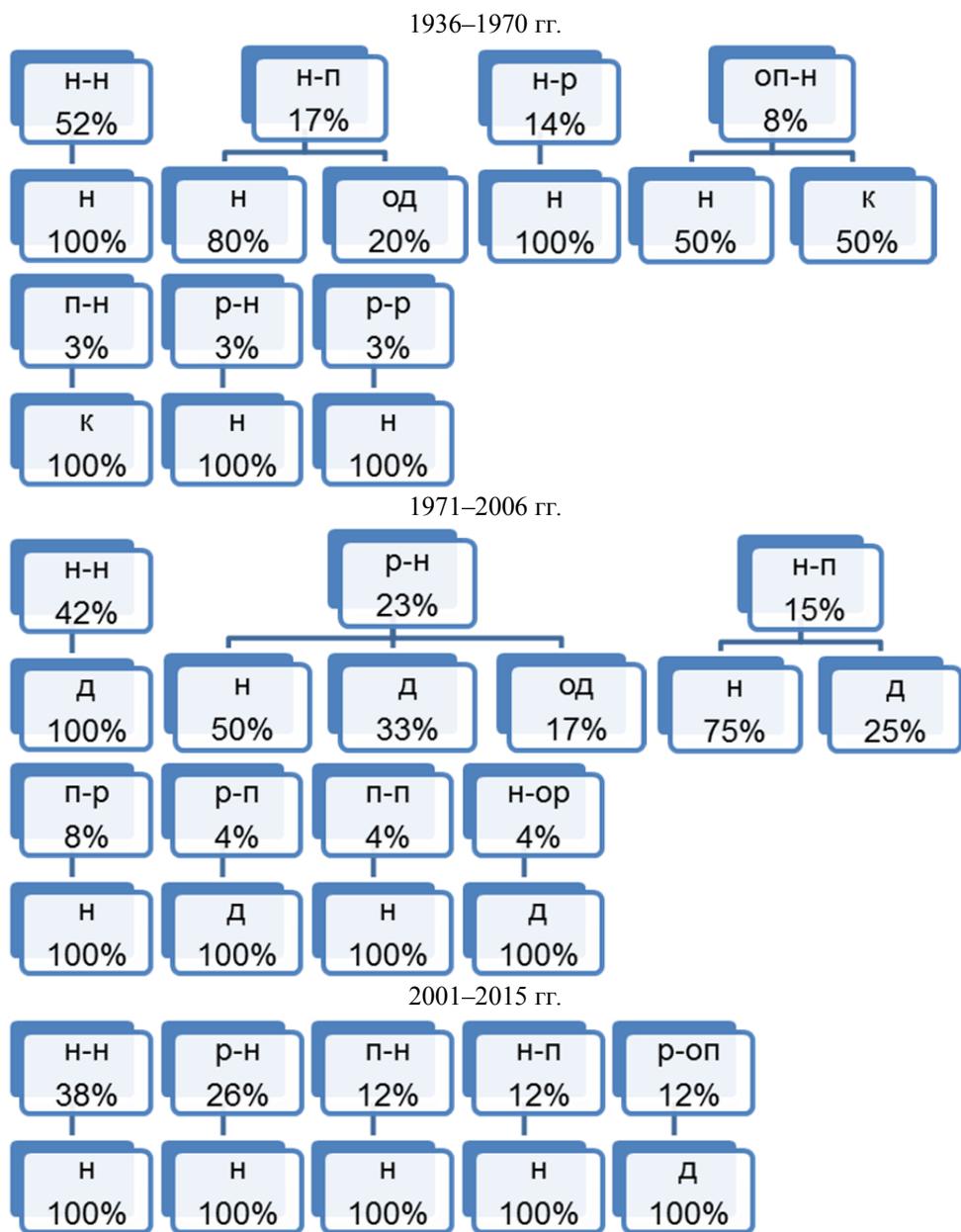


Рис. 2.31. Соотношения трёхфазных типов структуры летних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

В третьем периоде данный тип структуры встречался 38% случаев. Температурные условия этих сезонов были нормальные, только лето

2012 г. было тёплым (+17,4 °С). По увлажнению летний сезон 2005 г. оказался избыточным, 2010 г. – недостаточным (175,3 мм), в остальных случаях сезоны были нормальные по гидротермическим показателям.

За первый период трёхфазное по структуре лето с нормальным началом и ранним концом повторялось в 14%, с нормальным началом и поздним концом – в 17% (см. рис. 2.31). В первом случае во все года лето по климатическим показателям было нормальным, только в 1946 и 1947 гг. увлажнение было избыточным. При нормальном начале лета и позднем его конце во все сезоны продолжительность оказалась нормальной, в единичном случае очень длинной (в 1966 г. – 182 дня), по средней температуре лето такого типа было в двух случаях (1961, 1966 гг.) холодным, в двух случаях (1964, 1966 гг.) недостаточно увлажнённым (172 и 109,2 мм соответственно), в остальные годы гидротермические показатели были в пределах нормы.

Трёхфазная структура лета с очень поздним началом и нормальным концом встречалась в двух случаях – в 1940 и 1949 гг. Лето 1949 г. оказалось коротким (88 дней), остальные показатели – в пределах нормы.

Трёхфазная структура лета с другими типами начала и конца сезона были единичными (рис. 2.31). Так, в 1958 г. лето началось поздно (6 июня), а закончилось рано (6 сентября), по продолжительности было коротким (93 дня) с нормальной средней температурой и нормальным увлажнением. В 1962 г. лето началось рано, а закончилось в сроки, близкие к средним многолетним, при нормальных гидротермических показателях. Лето 1957 г. запомнилось очень ранними началом и концом (3 мая и 2 августа, соответственно), но по уровню средней температуры оно было тёплым (17,4 °С).

За период 1971–2006 гг. после лет с нормальным началом и концом идут по повторяемости годы с ранним началом и нормальным концом лета (23%). По продолжительности они либо нормальные (1990, 1995, 2001 гг.), либо длинные (1991 и 2003 гг.), но с нормальной средней температурой, а в 2001 г. с избыточным увлажнением (327,3 мм). Далее по повторяемости (15,3%) во втором периоде следуют случаи трёхфазной структуры летнего сезона с нормальным началом и поздним концом (рис. 2.31). Среди них преобладают годы с нормальной продолжительностью летнего сезона (1988, 1997, 2002 гг.), но в 1980 г. он был длинным (137 дней). По уровню средней температуры лето такого типа в одном случае было нормальным (2002 г.) при избыточном увлажнении, в остальных – холодным (1980, 1988, 1997 гг.) с нормальным увлажнением.

В 1985 и 1996 гг. летние сезоны начинались поздно (3 июня и 1 июня соответственно), а заканчивались рано (3 сентября и 24 августа),

следовательно, по продолжительности они были короткими (93 и 85 дней). По увлажнению оба летних сезона были в пределах нормы, а по температуре лето 1996 г. – более тёплое.

Трёхфазные летние сезоны с другими типами дат начала и конца встречались единично. Так, в 1971 г. начало лета было поздним, конец нормальным, увлажнение очень избыточным (361,7 мм против 215 мм по норме), остальные показатели – в пределах нормы. В 1979 г. лето поздно началось и закончилось, а остальные показатели оказались в пределах средних многолетних значений. В 1972 г. лето с нормальным началом и очень ранним концом по продолжительности было коротким (86 дней), но с нормальными гидротермическими показателями. В 1981 г. начало лета было ранее, а конец нормальный, по продолжительности сезон оказался длинным с нормальной средней температурой и нормальным увлажнением. Лето 1999 г. было длинным (143 дней), так как рано началось и поздно закончилось, и недостаточно увлажненным (145,2 мм).

В третий период четыре раза (в 2001, 2003, 2008 и 2015 гг.) трёхфазный тип лета был с ранним началом и нормальным концом (см. рис. 2.31). Эти годы по всем климатическим показателям были в пределах нормы. В двух случаях трёхфазное лето имело нормальное начало и поздний конец (2002 и 2011 гг.), по количеству осадков от нормы отклонилось только лето 2011 г. (304 мм против 267).

Другие типы трёхфазного лета встречаются единично. В 2007 г. лето началось поздно (8 июня), нормально закончилось, но по продолжительности было близко к норме. В 2009 г. летний сезон начался рано (8 мая), окончился очень поздно (4 октября), поэтому был длинным (150 дней) и с избыточным увлажнением (352,3 мм).

На втором месте по повторяемости идут летние сезоны с 2фб1 (двухфазные без фазы «умеренно-прохладное лето») типом структуры. В период с 1936 по 1970 г. данный тип повторялся в 3% случаев, с 1971 по 2006 г. – 9% и с 2001 по 2015 г. он имел наибольшую частоту – 20% случаев (см. табл. 2.32).

Выпадение фазы «умеренно-прохладное лето» отмечается в тех случаях, когда рост температуры в его начале бывает очень быстрым и устойчивый переход средней суточной температуры приземного слоя воздуха через отметки 10 и 15 °С происходит почти одновременно. Двухфазный тип структуры сезона без фазы «умеренно-прохладное лето» в первом периоде в среднем многолетнем начинался 28 мая и заканчивался 8 сентября. В период с 1971 по 2006 г. даты сдвигаются на 26 мая и 11 сентября соответственно. В последний период (с 2001 по 2015 г.) лето

2фб1 стало начинаться позже, чем во втором (30 мая), а заканчиваться в те же сроки (11 сентября). Средний уровень среднесуточных температур за лето повысился с +16,2 °С в первый период до +16,9 °С в третий. Сумма осадков в первом периоде составляла 195,0 мм, во втором – 204,9, в третьем – 224,5 мм, т.е. она выросла на 15,2% по отношению к первому (табл. 2.32).

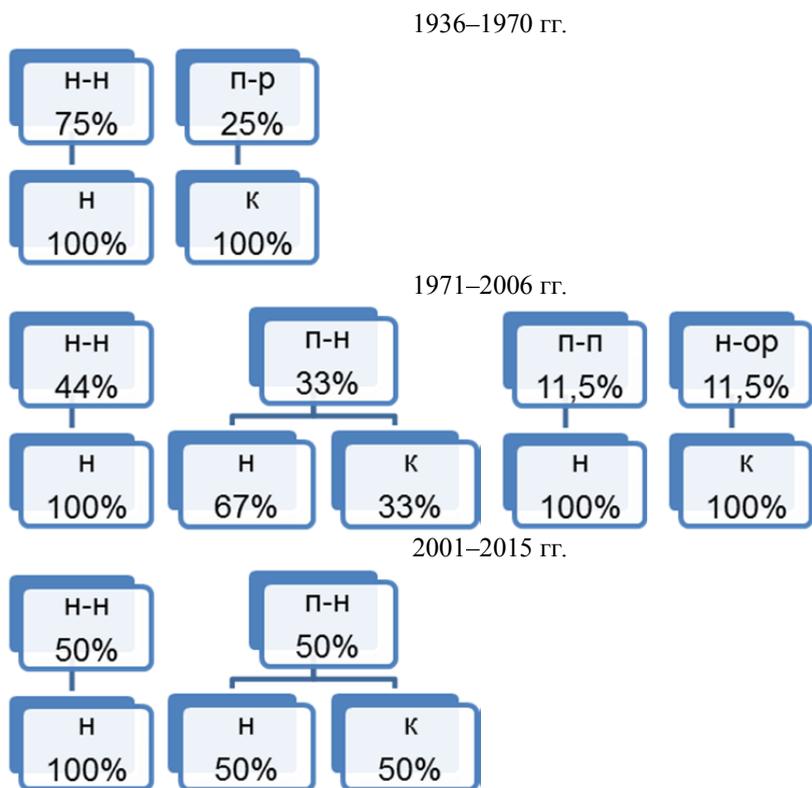


Рис. 2.32. Соотношения двухфазных без фазы «умеренно-прохладное лето» (2фб1) типов структуры летних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Двухфазное лето без фазы «умеренно-прохладное лето» с 1936 по 1970 г. начиналось нормально в 1937, 1953, 1957 гг. Лето данного типа в 1967 г. поздно началось и рано закончилось, поэтому было коротким по продолжительности. В период с 1971 по 2006 г. двухфазное без первой фазы лето в большинстве случаев начиналось и заканчивалось в сроки, близкие к норме. Лето 1978 г. закончилось очень рано, и его продолжительность была короткой (82 дня). Позднее обычного лето начиналось

только в 1979 и 1985 гг.; в 1979 г. оно закончилось нормально, по продолжительности было коротким, тёплым с недостаточным увлажнением; в 1985 г. сезон закончился поздно, по продолжительности был нормальным, как и по увлажнению.

В третьем периоде летние сезоны также начинались поздно в 2013 и 2014 гг., но при сроках конца, близких к норме. Лето 2013 г. по гидротермическим показателям и продолжительности было близко к средним многолетним значениям, тогда как в 2014 г. коротким (84 дня), тёплым (18,6 °С), с недостаточным увлажнением (156 мм).

Встречаются также годы, когда в структуре летнего сезона отсутствует третья фаза («спад лета») (2фб3). В периоды 1936–1970 гг. и 1971–2006 гг. они встречались только шесть раз; в третьем исследуемом периоде – ни разу (табл. 2.32, рис. 2.33).



Рис. 2.33. Соотношения двухфазных без фазы «спад лета» (2фб3) типов структуры летних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Тип летнего сезона без фазы «спад лета» во втором периоде стал начинаться на шесть дней позже, чем в первом. Его продолжительность во втором периоде сократилась до 106 дней против 114 дней первого периода, а средняя суточная температура повысилась на 0,6 °С. Данный тип структуры встречался в четырех случаях – в 1938 и 1952 гг. (в первом периоде) и в 1992 и 1993 гг. (во втором). Особенности их климатических режимов следующие: в 1938 г. лето началось и закончилось рано, продолжительность была нормальной; в 1952 и 1993 гг. при нормальных сроках начала и конца лето было теплее обычного; в 1992 г. лето начиналось нормально, а закончилось рано (27 августа), при этом было нормальным по продолжительности и гидротермическим показателям. По количеству выпавших осадков летние сезоны данного типа по периодам практически не отличаются: 227,5 мм в первом периоде, 214,6 мм – во втором (табл. 2.32). Такой тип структуры летних сезонов (2фб3) – явление довольно редкое, связанное с одновременным пере-

ходом температуры через +15 °С и +10 °С на ветви её спада, следующего за поздним окончанием второй фазы лета.

Таким образом, летний сезон год от года может отличаться не только по структуре, но и по гидротермическим условиям, которые создаются в зависимости от сроков его начала, конца и продолжительности.

§§ 2.3.4. Многолетние изменения климатических характеристик осеннего сезона года и его структурных единиц

Осень – время перехода геосистем от их летнего состояния к зимнему покою. Это время быстрого изменения всех метеорологических элементов и фенологических признаков (прил. 1). Осенью появляется новый компонент ландшафта – временный снежный покров, являющийся одним из критериев начала холодно-снежной части года. Поэтому на осень приходится граница между холодно-снежной частью годового цикла (ХСЧЦ) и вегетативной частью годового цикла (ВЧГЦ).

§§§ 2.3.4.1. Изменение временных характеристик и их тенденции

Средняя многолетняя структура осени в Томске трёхфазная (прил. 1).

Динамические изменения временных характеристик осеннего сезона сравниваемых временных периодов следующие: по сравнению с первым периодом дата начала осени к третьему периоду сместилась на более поздние сроки (с 8 на 12 сентября), как и даты конца осени (с 31 октября на 6 ноября). При этом продолжительность этого сезона практически не изменилась и составляет 54–55 дней (табл. 2.33), т.е. 15% от продолжительности года.

Временные характеристики структурных единиц осеннего сезона за рассматриваемые периоды также изменились. Фаза «поздняя осень» стала начинаться позже (3 октября в первом периоде и 5 октября в третьем) и заметно позже заканчиваться (вместо 12 октября – 22 октября). Это отразилось на увеличении её продолжительности на 8 дней (с 9 дней до 16) (табл. 2.33, рис. 2.34). Значит, и последняя фаза осени «предзимье» наступала позже и заканчивалась позже, вследствие чего продолжительность этой фазы в третьем периоде уменьшилась на 5 дней (табл. 2.33).

Рассмотрим особенности временной динамики продолжительности осени, анализируя её хронологический ход (рис. 2.35).

Т а б л и ц а 2.33

Временные характеристики структурных единиц осеннего сезона года, Томск

Период, годы	Структурные единицы осеннего сезона года									Осень Δl в днях
	становление осени			поздняя осень			предзимье			
	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	Дата начала	Дата конца	Δl в днях	
1936– 1970	8.09	2.10	25	3.10	11.10	9	12.10	31.10	20	54
	$\sigma \pm 9,7$			$\sigma \pm 19,9$	$\sigma \pm 14,3$			$\sigma \pm 8,4$		
1971– 2006	11.09	1.10	21	2.10	19.10	18	20.10	4.11	16	55
	$\sigma \pm 11,4$			$\sigma \pm 7,9$	$\sigma \pm 8,2$			$\sigma \pm 11,2$		
2001– 2015	12.09	5.10	24	6.10	21.10	16	22.10	6.11	15	55
	$\sigma \pm 7,7$			$\sigma \pm 9,7$	$\sigma \pm 9,3$			$\sigma \pm 10,4$		

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.3.

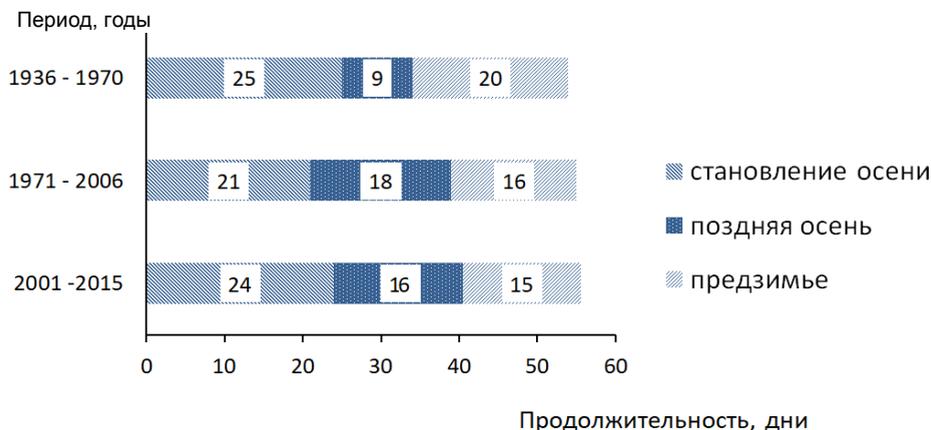


Рис. 2.34. Изменение продолжительности структурных единиц осеннего сезона года, Томск

Анализ графиков показал, что по данным за весь изучаемый отрезок времени (1936–2015 гг.) тренд продолжительности осеннего сезона оказался положительным с небольшим значением коэффициента (1,6 дн./10 лет). Причём в первом периоде длительность осени увеличивалась с коэффициентом 1,8 дн./10 лет, в третьем его значение уменьшилось в более чем семь раз – до 0,25 дн./10 лет.

Повторяемость типов осенних сезонов по продолжительности приведена в табл. 2.34. Анализ таблицы показал, что наибольшим разнообразием типов осенних сезонов по продолжительности характеризуется второй период, где были представлены все пять типов, при преобладании, как и в другие периоды, нормальных по длительности сезонов.

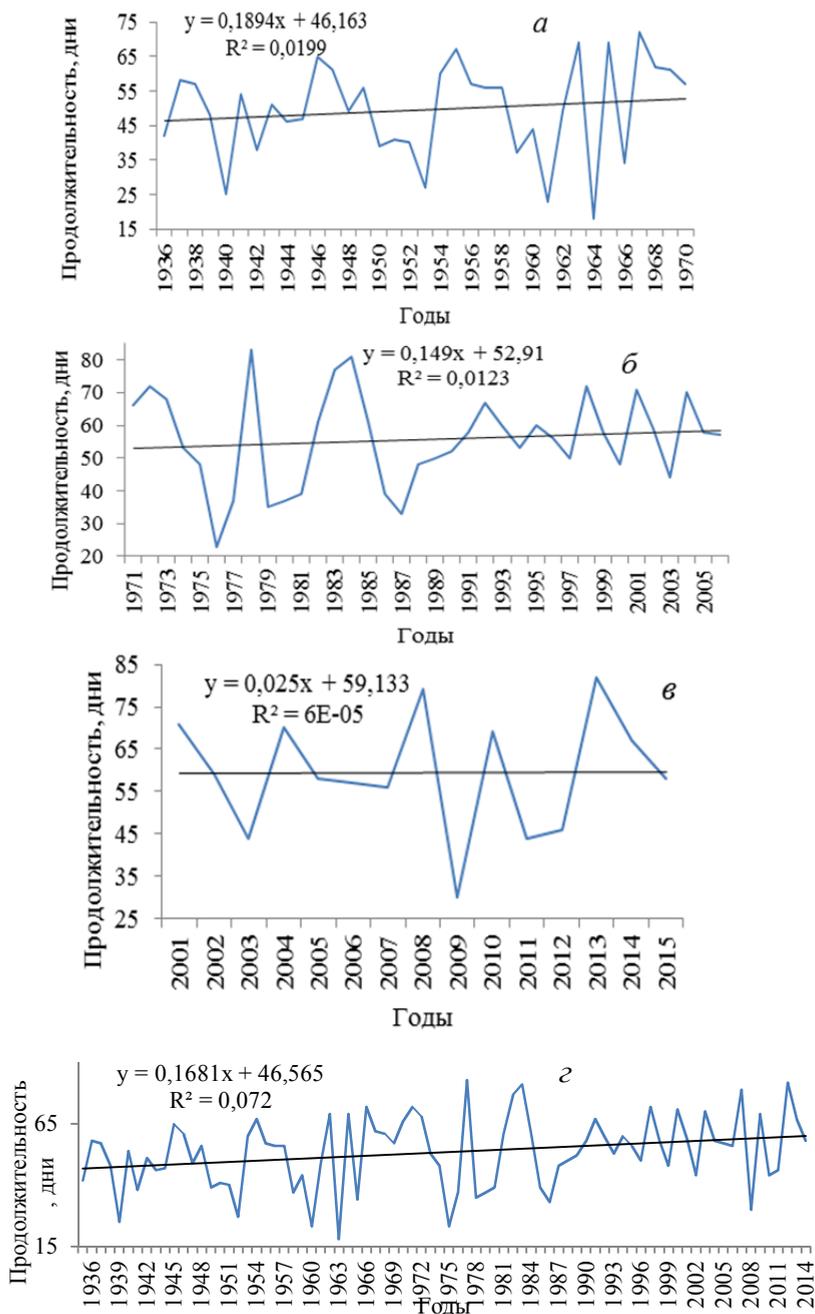


Рис. 2.35. Изменение продолжительности осеннего сезона года, Томск.
 ———— — линейный тренд. Период: *a* – с 1936 по 1970 г.;
б – с 1971 по 2006 г.; *в* – с 2001 по 2015 г.; *г* – с 1936 по 2015 г.

Т а б л и ц а 2.34

Повторяемость типов осеннего сезона по его продолжительности, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/К	К	Н	Д	О/Д
1936–1970	6	14	71	9	0
1971–2006	3	11	63	10	3
2001–2015	0	7	60	33	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.6.

В качестве примеров других типов можно привести 1978 г. – с очень продолжительной (83 дня при норме 55 дней) и 1961 г. – с аномально короткой осенью (23 дня). Полный перечень лет с аномальной продолжительностью осеннего сезона представлен ниже. Длиннее обычного осенние сезоны были за 80-летний период в 17,5% случаях (14 раз): 1963, 1965, 1967, 1972, 1973, 1978, 1983, 1984, 1998, 2001, 2004, 2009, 2010, 2014 гг. Заметной тенденцией стало значительное увеличение доли лет с длинными осенними сезонами, особенно в последнем временном периоде, по сравнению с другими, – до 33%. В то же время доля коротких по продолжительности сезонов, хотя и фиксировалась в 15% случаев (12 раз: 1940, 1942, 1953, 1959, 1961, 1964, 1976, 1977, 1979, 1980, 1987, 2010 гг.), уменьшилась в два раза к настоящему времени (см. табл. 2.34).

§§§ 2.3.4.2. Изменение гидротермических характеристик и их тенденции

Анализ термических условий осеннего сезона и его структурных единиц (табл. 2.35) установил, что по сравнению с первым периодом в остальные периоды произошло уменьшение значений термических показателей.

Так, во втором периоде стали намного меньше суммы температур за осень (169,4 °С против 220,6 °С), понизился и уровень средних суточных температур (на 1,0 °С). В третьем периоде уровень этих температур стал меньше ещё почти на 1,0 °С в сравнении с предыдущим периодом. Особенно ощутимо понизился уровень средней суточной температуры воздуха последней фазы осени – «предзимье» (с –0,5 до –2,0 °С), что связано со смещением даты конца осеннего сезона на более поздние сроки. В результате средние многолетние значения термических показателей, рассчитанных за 80 лет, оказались ниже аналогичных значений первого периода, но выше второго.

Таблица 2.35

Термические характеристики осеннего сезона и его структурных единиц, Томск

Период, годы	Структурные единицы осеннего сезона						Осень	
	становление осени		поздняя осень		предзимье			
	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$	$\sum t_{cp}, ^\circ C$	$t_{cp}, ^\circ C$
1936–1970	203	8,1	27,6	3,1	-10,0	-0,5	220,5	4,1
	$\sigma \pm 96,6$	$\sigma \pm 1,5$	$\sigma \pm 45,0$	$\sigma \pm 1,8$	$\sigma \pm 40,5$	$\sigma \pm 2,5$	$\sigma \pm 100,2$	$\sigma \pm 1,6$
1971–2006	158,3	7,6	45,8	2,5	-34,8	-2,0	169,4	3,1
	$\sigma \pm 114,6$	$\sigma \pm 2,2$	$\sigma \pm 33,9$	$\sigma \pm 1,6$	$\sigma \pm 43,6$	$\sigma \pm 1,7$	$\sigma \pm 128,5$	$\sigma \pm 1,8$
2001–2015	185	7,7	45,3	2,7	-24	-1,6	206	2,2
	$\sigma \pm 64,3$	$\sigma \pm 2,9$	$\sigma \pm 38,7$	$\sigma \pm 1,3$	$\sigma \pm 38,2$	$\sigma \pm 1,4$	$\sigma \pm 82,7$	$\sigma \pm 1,5$

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.7.

Повторяемость типов осени по термическому режиму приведена в табл. 2.36.

Таблица 2.36

Повторяемость типов осеннего сезона по средней температуре, Томск

Период, годы	Повторяемость типов, %				
	О/Х	Х	Н	Т	О/Т
1936–1970	0	9	62	26	3
1971–2006	3	20	63	11	3
2001–2015	7	11	82	0	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.8.

Из данных табл. 2.36 следует, что во втором периоде по сравнению с первым уменьшается повторяемость теплых осенних сезонов (с 26 до 11%), но увеличивается доля холодных (с 9 до 20%). Как правило, холодный тип осени (в 1961, 1966, 1969, 1973, 1988, 1998, 1999, 2002, 2004, 2006, 2009, 2013 гг.) характерен для сезонов с большой продолжительностью. Теплыми осенние сезоны были в следующие годы: 1939, 1946, 1947, 1953, 1952, 1957, 1963, 1964, 1967, 1978, 1984, 1986, 1990, 1996.

Тенденции изменений в термическом режиме осеннего сезона на разных временных отрезках 80-летнего периода показаны на рис. 2.36, 2.37. Из графиков хода сумм температур воздуха (рис. 2.36) видно, что в Томске в первом и втором периодах выражена тенденция к уменьшению их значений со скоростями $-1,6 ^\circ C/\text{год}$ и $-1,2 ^\circ C/\text{год}$ соответственно, тогда как в третьем периоде – к увеличению со значением коэффициента линейного тренда $+4,0 ^\circ C/\text{год}$. Однако тренд за весь 80-летний период имеет отрицательный знак ($-0,8 ^\circ C/\text{год}$).

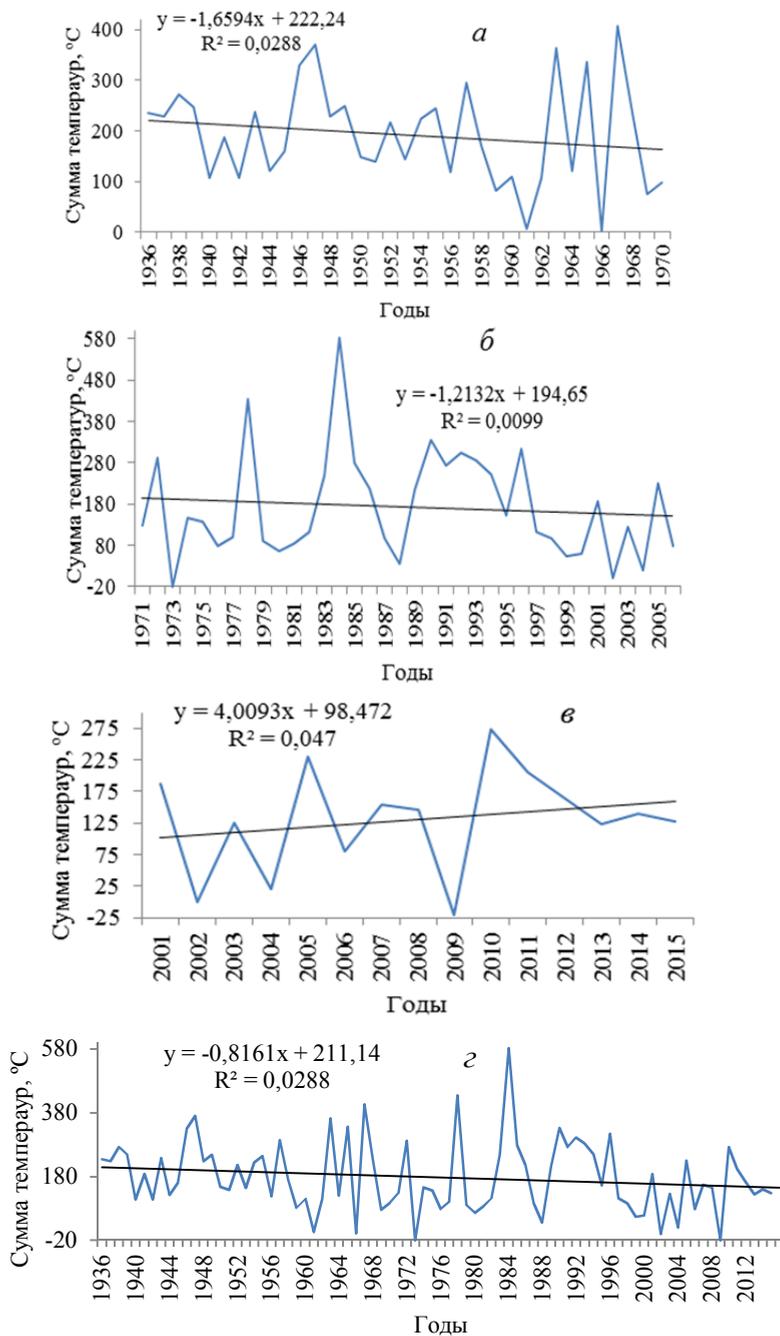


Рис. 2.36. Изменение сумм температур воздуха осеннего сезона года, Томск.
 ———— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.;
 б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

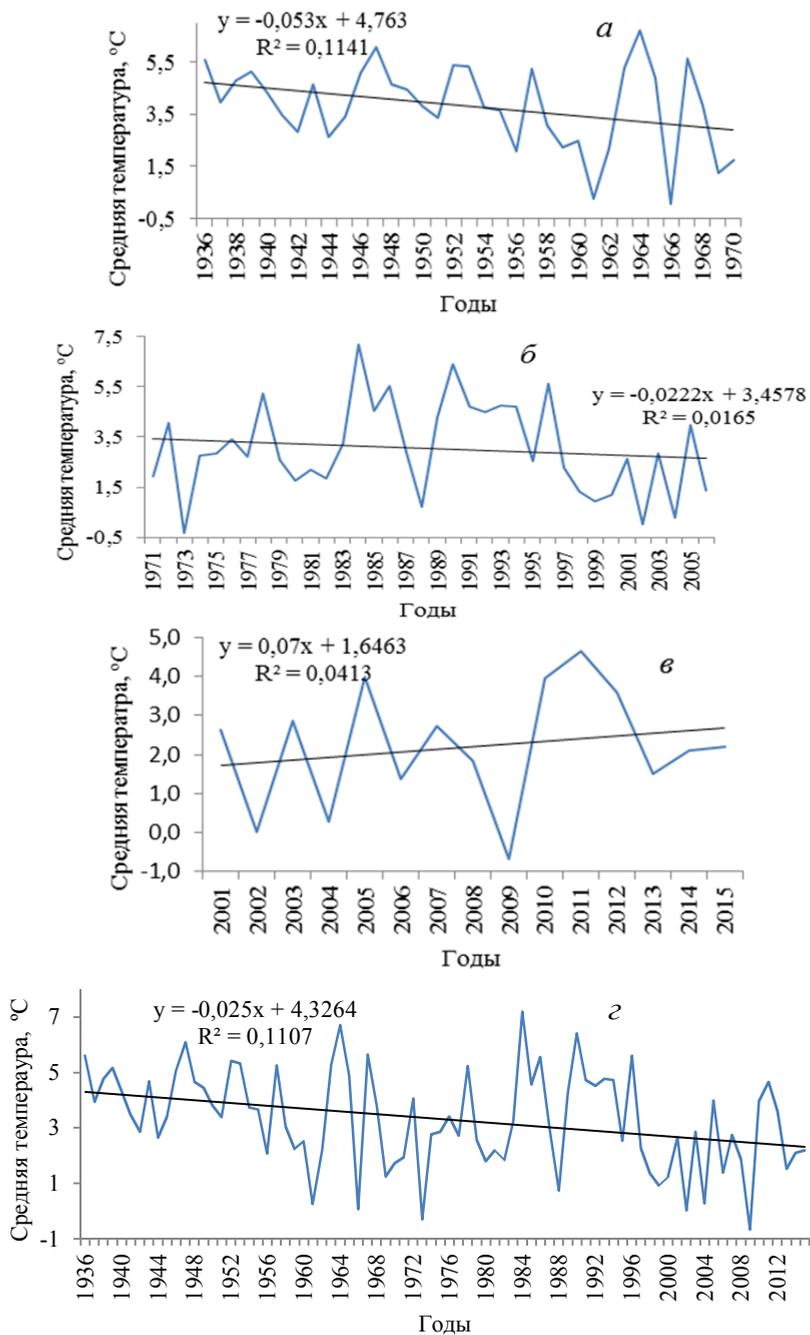


Рис. 2.37. Изменение средней суточной температуры воздуха за осенний сезон года, Томск. ——— — линейный тренд. Период: а – с 1936 по 1970 г.; б – с 1971 по 2006 г.; в – с 2001 по 2015 г.; г – с 1936 по 2015 г.

Данные тенденции характерны и для значений средней суточной температуры воздуха за сезон (рис. 2.37).

Анализ динамики режима увлажнения можно провести по средне-многолетним изменениям сумм осадков за осень (табл. 2.37).

Т а б л и ц а 2.37

**Средние многолетние суммы осадков за осенний сезон
и его структурные единицы, Томск, мм**

Период, годы	Структурные единицы осеннего сезона			Сумма осадков за осенний период
	становление осени	поздняя осень	предзимье	
1936–1970	30,8	22,9	23,1	76,8
1971–2006	30,9	30,6	40,1	101,6
2001–2015	31,1	30,8	40,6	102,5

Следует отметить, что во втором и третьем периодах в среднем многолетнем сумма осадков выросла, как в целом за сезон, так и каждую его структурную единицу, особенно, в фазу «предзимье». За весь осенний период (от первого периода ко второму и третьему) это разница составила около 26,0 мм (102,5 мм в третьем периоде и 76,8 мм в первом), или 30% от нормы первого периода. Это подтверждается положительными показателями тренда за все временные периоды (рис. 2.38), отличающаяся только скоростью роста – 5,9 мм/10 лет в период с 1936 по 1970 г., 4,7 мм/10 лет – в период с 1971 по 2006 г., 20 мм/10 лет в период с 2001 по 2015 г. и 6,2 мм/10 лет – за осенний сезон с 1936 по 2015 г.

Повторяемость типов осенних сезонов по режиму увлажнения показана в табл. 2.38. Из таблицы следует, что в Томске от первого периода к третьему доля лет с очень большой суммой осадков за осенний сезон увеличилась с 8 до 20%.

Т а б л и ц а 2.38

Повторяемость типов осеннего сезона по сумме осадков, Томск

Период, год	Повторяемость типов, %				
	О/БС	Б/С	Н	О/БС	О/НС
1936–1970	0	23	69	8	0
1971–2006	0	14	69	11	6
2001–2015	0	0	80	20	0

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.10.

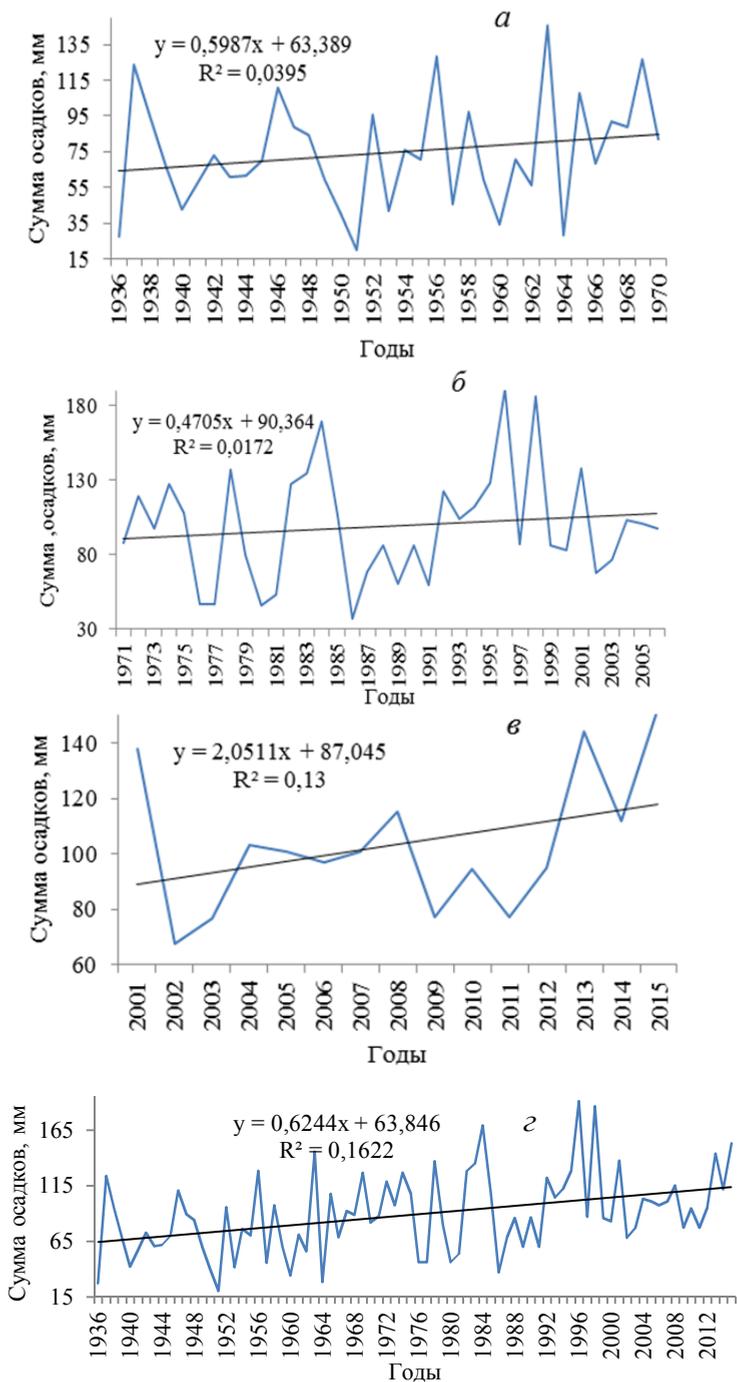


Рис. 2.38. Изменение сумм осадков за осенний сезон года на ст. Томск.

— — линейный тренд. Период: *а* — с 1936 по 1970 г.;

б — с 1971 по 2006 г.; *в* — с 2001 по 2015 г.; *г* — с 1936 по 2015 г.

Из числа рассмотренных лет нами выбраны следующие годы с суммами осадков, значительно превышающими норму: 1956, 1963, 1969, 1978, 1982, 1983, 1995, 1998, 2001, 2013, 2015. Следует выделить два осенних сезона с аномально большими суммами осадков, которые встречались во втором периоде, – 1996 г. (191,6 мм при норме 101,6 мм) и 1984 г. (169 мм). Но и количество лет с недостаточной суммой осадков примерно такое же – 13 (1936, 1940, 1950, 1951, 1953, 1957, 1960, 1964, 1976, 1977, 1980, 1986, 1989 гг.), только все они относятся к первому и второму периодам.

§§§ 2.3.4.3. Модели климатических режимов типов структуры осеннего сезона года и их динамика

Как и любой сезон, осень состоит из трёх фаз (прил. 1). В отдельные годы в подтайге Западно-Сибирской равнины из-за особенностей циркуляционных процессов структура сезона может изменяться. Рассмотрим повторяемость типов структуры (табл. 2.39).

Т а б л и ц а 2.39

Повторяемость типов структуры осеннего сезона года, Томск

Период, годы	Повторяемость типов структуры, %				
	3ф	2ф без:			1ф б 1 и 3
		1-й	2-й	3-й	
1936–1970	57	6	20	17	0
1971–2006	66	6	6	16	6
2001–2015	86	7	7	0	0

Примечание. 3ф – трёхфазная осень, 2фб1 – двухфазная без фазы «становление осени»; 2фб2 – двухфазная без фазы «поздняя осень»; 2фб3 – двухфазная без фазы «предзимье»; 1фб1и3 – однофазная без фаз «становление осени» и «предзимье».

Анализ табл. 2.39 показал, что во все периоды преобладает трёхфазный тип структуры осеннего сезона, причем его доля увеличивается к третьему периоду до 86%. В среднем многолетнем трёхфазные типы осени в период с 1936 по 1970 г. начинались 12 сентября и заканчивались 1 ноября (табл. 2.40). Средняя суточная температура сезона составляла +3,5 °С, количество выпавших осадков – 74,0 мм. Во втором периоде аналогичный тип осени имел большую продолжительность за счёт смещения даты конца сезона на более поздний срок – на 8 ноября при его начале 10 сентября.

Средняя суточная температура 3ф осени в этот период понижается в сравнении с первым до +3,0 °С, сумма осадков, наоборот, возрастает на

34 мм. Климатические характеристики трёхфазной по структуре осени третьего периода мало отличаются от аналогичных показателей второго периода (табл. 2.40).

Таблица 2.40

Климатические характеристики разных типов по структуре осеннего сезона года за периоды с 1936 по 2015 г., Томск

Средние многолетние климатические характеристики осеннего сезона						
Тип структуры	T_n	T_k	Δl осени	ΣT	T_{cp}	Σ_{oc} , мм
1936–1970 гг.						
3ф	12.09	1.11	51	178,9	3,5	74,0
2фб1	10.09	4.11	56	156,9	2,8	95,2
2фб2	8.09	23.10	46	207,9	4,5	82,2
2фб3	11.09	25.10	45	231,0	5,1	59,0
1фб1и3	–	–	–	–	–	–
1971–2006 гг.						
3ф	10.09	8.11	60	181,0	3,0	108,2
2фб1	22.09	7.11	47	77,3	1,6	66,2
2фб2	23.09	21.11	60	66,5	1,1	95,2
2фб3	9.09	25.10	47	237,2	5,0	92,6
1фб1и3	24.09	23.10	30	72,1	2,4	46,25
2001–2015 гг.						
3ф	16.09	12.11	58	139,3	2,4	99,7
2фб1	12.09	8.11	58	19,8	0,3	153,2
2фб2	21.09	29.11	70	275,2	3,9	103
2фб3	–	–	–	–	–	–
1фб1и3	–	–	–	–	–	–
1936–2015 гг.						
средние	T_n	T_k	Δl осени	ΣT	T_{cp}	Σ_{oc} , мм
3ф	12.09	6.11	56	175,2	3,1	94,0
2фб1	15.09	6.11	53	119,1	2,2	94,6
2фб2	11.09	30.10	50	176,4	3,5	85,1
2фб3	10.09	25.10	46	176,5	3,8	75,8
1фб1и3	24.09	23.10	30	72,1	2,4	46,3

Примечание. Условные обозначения климатических характеристик см. в табл. 2.12; типов структуры – в табл. 2.39.

Трёхфазная осень с нормальным началом и нормальным концом встречается в период с 1936 по 1970 г. в 65% случаев (рис. 2.39).

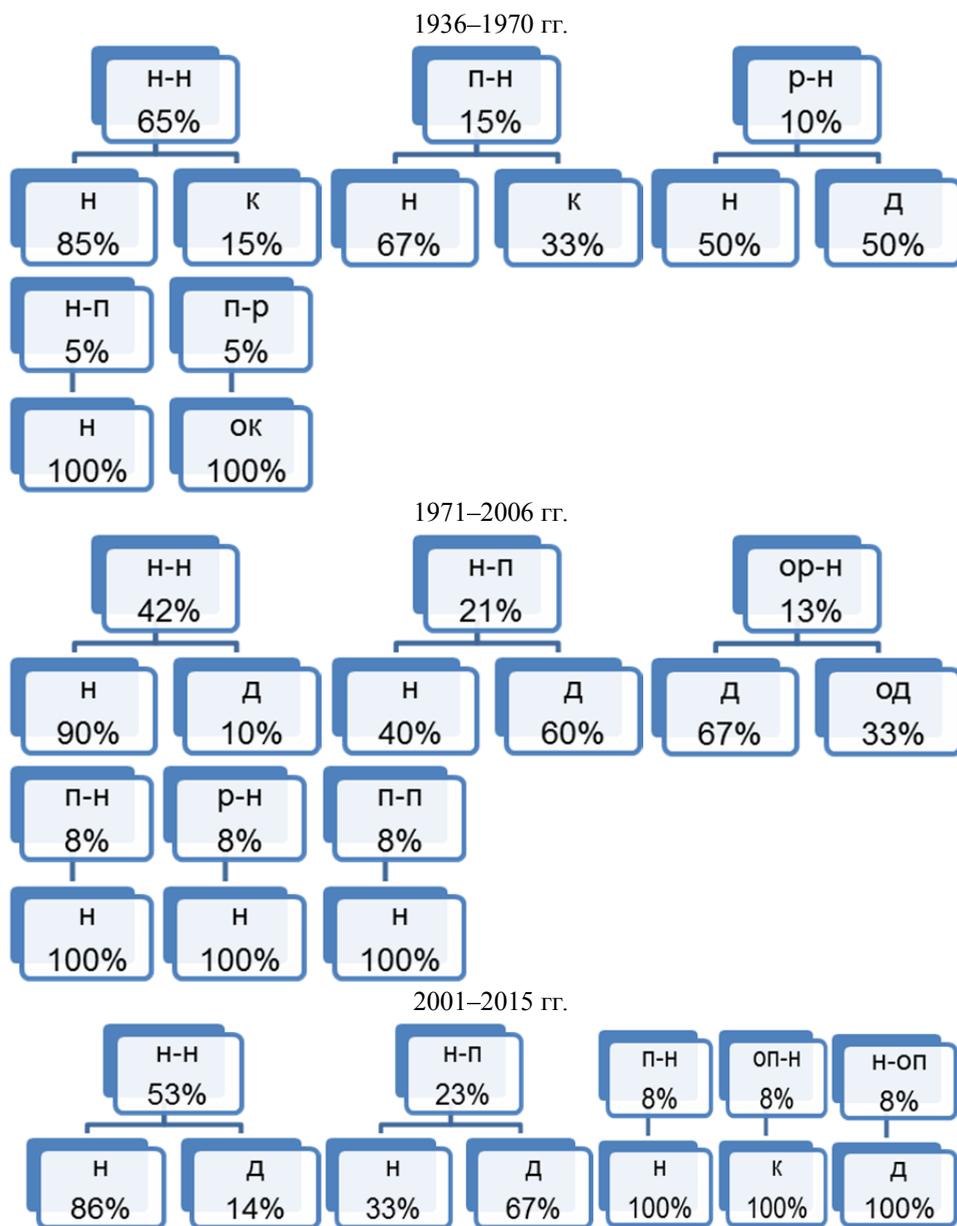


Рис. 2.39. Соотношение трёхфазных типов структуры осенних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Осень данного типа по продолжительности бывает преимущественно нормальной, но в 1959 и 1966 гг. осенние сезоны были короткими (37 и 34 дня при норме 51 день). Термический режим трёхфазного типа струк-

туры осени в первый период преобладает в пределах нормы, но с тремя исключениями – в 1939 и 1957 гг., когда осень была тёплой (от +5,2 °С и +5,3 °С при норме +3,3 °С), и в 1966 г., когда осень была холодной (+1,9 °С). Сумма осадков за сезон в 1957 и в 1960 гг. была недостаточной (45,4 и 34,4 мм при норме 89,1 мм), в остальные годы – нормальной.

Трёхфазная осень с нормальным началом и концом в период с 1971 по 2006 г. отмечалась в 42% случаев. Продолжительность осенних сезонов с такой структурой отличалась от нормы только в 1972 г., когда она была на 19 дней длиннее обычного (72 дня при норме 53 дня). По средней температуре за сезон оказались холодными осени данного типа в 1998, 2000 и 2006 гг. (от +1,2 до +1,4 °С). По суммам осадков преобладали годы с достаточным количеством, кроме осени 1982 и 1998 гг., когда их было избыточно много.

В третий период трёхфазная осень с нормальным началом и концом встречается в 53% случаев, среди которых бóльшая часть по продолжительности была близка к норме (см. рис. 2.39), кроме растянутой (до 78 дней) осени 2008 г. Средняя температура воздуха в данные годы не отличалась от средних многолетних величин, за исключением 2006 г., когда осень была холоднее обычного.

Трёхфазная осень с нормальным началом и поздним концом встречалась в период 1936–1970 гг. только в 1956 г., все климатические параметры её оказались в пределах нормы.

В период 1971–2006 гг. данный тип осени отмечался значительно чаще (в 1973, 1983, 1995, 2001, 2002 гг.). Осени 1995 и 2002 гг. были нормальными по продолжительности, другие – длинными. По средней температуре осень в 1973 г. была очень холодной (–0,3 °С), в 2002 г. – холодной (–0,1 °С), а в 1983, 1995, и 2001 гг. – нормальной. В 2001 г. отмечалась избыточная сумма осадков (137,8 мм), в осенние сезоны остальных лет увлажнение было нормальным.

В третий период (2001–2015 гг.) к осени с нормальным началом и поздним концом, кроме лет, указанных выше 2001 и 2002 гг., отнесена и осень 2010 г. – длинная по продолжительности (69 дней), но с остальными показателями в пределах нормы.

Трёхфазная осень с ранним началом и нормальным концом в период с 1936 по 1970 г. была дважды – в 1946 и 1965 гг. По продолжительности сезон 1965 г. был длинным (69 дней), а 1946 г. – нормальным. Средняя температура в 1965 г. была в пределах нормы, а осень 1946 г. – тёплой (+5,1 °С). Увлажнение осенью этих лет было нормальным. В период 1971–2006 гг. данный тип осени встречался в 1985 и 1992 гг. По всем изучаемым

мым показателям сезоны были в пределах нормы. В период 2001–2015 гг. данный тип осени не отмечался (см. рис. 2.39).

К трёхфазной осени с поздним началом и нормальным концом в период с 1936 по 1970 г. были отнесены сезоны 1945, 1951 и 1966 гг. Осенние сезоны 1945 и 1951 гг. были нормальными по климатическим показателям. А осень 1966 г. сильно отличалась: она была аномально короткой (34 дня) и холодной ($+0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), но нормальной по увлажнению. В период 1971–2006 гг. данный тип осени был в двух случаях – в 1979 и 1988 гг. В 1979 г. осень была короткой (35 дней) с нормальными гидротермическими характеристиками, в 1988 г. – холодной ($+0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) при нормальных показателях продолжительности и увлажнения.

Во втором периоде в 13% случаев (рис. 2.39) встречался трёхфазный тип осени с очень ранним началом и нормальным концом (1972, 1978 и 1984 гг.). По продолжительности сезоны 1972 и 1984 гг. были длинными, а сезон 1978 г. – очень длинным (83 дня). По температурным условиям осень 1978 г. оказалась теплой ($5,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1984 г. – очень теплой ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), 1972 г. – нормальной. По сумме осадков за осенний сезон 1984 г. был очень избыточным (169 мм), в остальные годы – нормальным.

Трёхфазный тип осени с поздними датами начала и конца отмечался только во втором периоде и только дважды – в 1971 и 1991 гг. По климатическим показателям указанные годы оказались нормальными.

Трёхфазные по структуре осени с другими сочетаниями климатических характеристик были отмечены во все периоды в единичных случаях. Трёхфазная по структуре осень с поздним началом и ранним концом была в 1961 г., она была очень короткой (23 дня), холодной ($+0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) и без отклонений по увлажнению.

В 2009 г. трёхфазная по структуре осень имела очень позднее начало и нормальный конец и оказалась короткой (30 дней), очень холодной ($-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), нормальной по увлажнению. В 2013 г. осень имела нормальное начало и очень поздний конец (2 декабря), вследствие чего оказалась длинной (82 дня), холодной ($+1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) и избыточно увлажненной (143,8 мм).

Следующий по повторяемости тип структуры осеннего сезона – двухфазный без фазы «становление осени» (2фб1) отмечался в первом и втором периодах по два раза – в 1943 и 1969 гг. и 1977 и 1999 гг. В третьем периоде данный тип осени был один раз – в 2015 г.

Двухфазный тип осени без первой фазы в период с 1936 по 1970 г. начинался 10 сентября и заканчивался 4 ноября. Во втором периоде обе даты наступали позднее – 22 сентября и 7 ноября соответственно. Во втором периоде, по сравнению с первым, уменьшились средние темпе-

ратуры за сезон (на 1,2 °С) и сумма осадков (на 23 мм, т.е. на 28,4%). В течение третьего периода данный тип осени был только в 2015 г., когда его продолжительность составила 58 дней, а уровень среднесуточных температур намного ниже, чем в предыдущие периоды, – всего +0,3 °С (табл. 2.40).

Двухфазная осень без фазы «становление осени» (2фб1) с нормальным началом и нормальным концом в первом периоде отмечалась в 1969 г. Она была холодной (+1,2 °С) и с избыточным увлажнением (126,5 мм). А осень 2фб1 с поздним началом и нормальным концом в первом периоде была 1943 г., по гидротермическим показателям близка к норме.

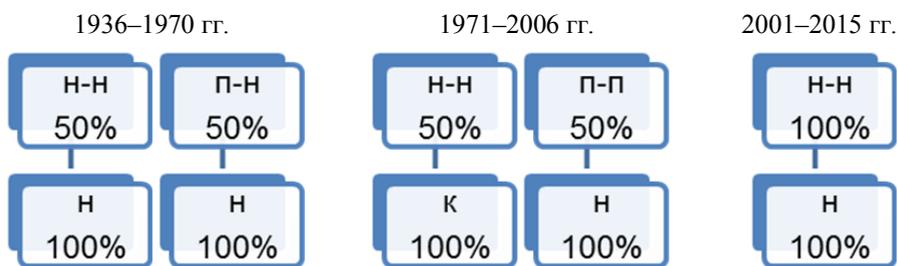


Рис. 2.40. Соотношение двухфазных без фазы «становление осени» (2фб1) типов структуры осенних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Во втором периоде осень с нормальным началом и нормальным концом отмечалась в 1977 г. В этот год продолжительность сезона была короткой (37 дней), термические условия – нормальные при выраженном недостатке осадков (46,4 мм). В 1999 г. осень началась и закончилась поздно (22 сентября и 18 ноября соответственно), по продолжительности и увлажнению была нормальной, по средней температуре – холодной (+0,9 °С). Данный тип осеннего сезона в третьем периоде характерен для осени 2015 г. – типичной по временным и термическим показателям и аномальной по количеству выпавших осадков.

Далее по повторяемости следуют двухфазные осенние сезоны без второй фазы (фазы «поздняя осень»). Данный тип структуры осени повторялся в первом периоде в 20% случаев – это чаще, чем в последующие периоды, когда их доля уменьшилась до 6–7% (табл. 2.39). В годы, когда центральная фаза осени выпадает, становление сезона бывает достаточно длинным. В целом за период с 1936 по 2015 г. фазы «поздняя осень» не было в 11% случаев.

Тип двухфазной осени без её центральной фазы в первом периоде начинался 8 сентября, заканчивался 23 октября. Во втором периоде дата начала смещается на более поздние сроки – 23 сентября и 21 ноября соответственно вследствие чего увеличилась продолжительность сезона на 14 дней, что привело к понижению средней температуры на 3,4 °С. В годы, когда центральная фаза осени выпадает, бывает либо длинной фаза «становление осени», либо сразу после фазы «становление осени» наступает «предзимье», так как одновременно среднесуточные температуры воздуха становятся ниже 0°С. Соотношение данного типа осени с типами временных характеристик показано на рис. 2.41.

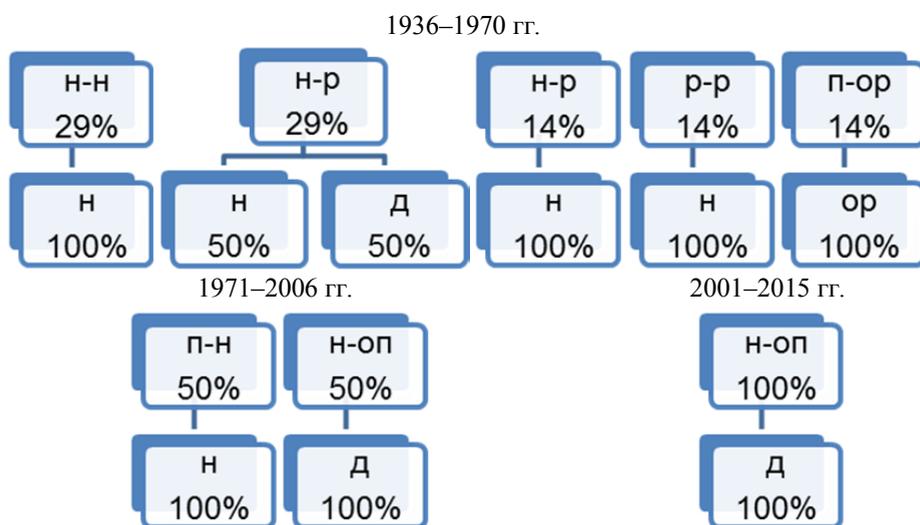


Рис. 2.41. Соотношение двухфазных без фазы «поздняя осень» (2фб2) типов структуры осенних сезонов с типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Данный тип осени может иметь нормальные начало и конец, и в период с 1936 по 1970 г. он отмечался три раза – в 1950, 1963 и 1968 гг. Из них аномальным по климатическим параметрам был только 1963 г. – длинный по продолжительности (69 дней) и тёплый по термическому режиму (+5,3 °С). Во втором периоде подобный тип осени отмечался в 1997 г., но его продолжительность, средняя температура и увлажнение были в пределах нормы. Такую же структуру имела осень 1973 г. – короткая (37 дней при норме 56 дней), тёплая (+4,2 °С при норме +2,4 °С) с нормальным увлажнением. В третьем периоде случаев с данной структурой осени не было (рис. 2.41).

Осень 2фб2 по структуре с нормальным началом и ранним концом в период с 1936 по 1970 г. наблюдалась в 1950 и 1970 гг. Оба сезона были нормальными по продолжительности и температурным условиям, и только по увлажнению 1950 г. был недостаточным (40,2 мм). Во втором и третьем периодах лет с подобным типом структуры осени не отмечалось (см. рис. 2.41).

2фб2 осень с ранним началом и нормальным концом характерна для сезонов 1963 и 1968 гг. По продолжительности осень 1963 г. была длинной (69 дней) и тёплой (+5,3 °С), но избыточной по увлажнению (145,8 мм). Сезон 1968 г. по всем показателям был в пределах нормы.

Следующие типы 2фб2 по структуре осенние сезоны встречаются единично.

2фб2 тип осени с очень ранним началом (26 августа) и ранним концом (21 октября) отмечался в 1938 г., в остальном (по климатическим показателям) сезон был нормальным. Данный тип осени с нормальным началом и ранним концом (19 октября) отмечался в 1952 г. В этом году сезон указанного типа по продолжительности был нормальным (40 дней), по температурным условиям – тёплым (+5,4 °С), по увлажнению – нормальным (95,6 мм). Осень без второй фазы с поздним началом и очень ранним концом (10 октября) отмечалась в 1964 г. По продолжительности этот сезон был очень коротким (33 дня), по средней температуре – очень тёплым (+6,7 °С), с недостаточным увлажнением (28,2 мм). Осень данного типа с очень поздним началом (26 сентября) и нормальным концом отмечалась в 1938 г., по изучаемым показателям сезон был нормальным. 2фб2 осень с нормальным началом и очень поздним концом (29 ноября) была в 2004 г. По продолжительности сезон был длинным (70 дней), по средней температуре – холодным (+0,3 °С), по увлажнению – нормальным.

Тип двухфазной осени без последней фазы (2фб3) происходит в годы, когда формирование устойчивого снежного покрова совпадает с началом устойчивых морозов, что знаменует наступление зимнего сезона (прил. 1). Повторяемость 2фб3 по структуре типов осенних сезонов в первом и втором периодах практически одинаковая (17–16%). В третьем периоде данный тип осени не встречался (см. табл. 2.39). Двухфазный тип сезона без последней фазы начинался 11 сентября в первый период и 9 сентября – во второй, а заканчивался в один срок – 25 октября. Во втором периоде по сравнению с первым заметно (на 33,6 мм) увеличилась сумма осадков, при этом уровень средних температур приземного слоя воздуха за сезон остался практически прежним (табл. 2.40).

2фб3 осень с нормальным началом и концом в первый период с 1936 по 1970 г. отмечалась в 1936 и 1944 гг. (см. рис. 2.44). Продолжительность

обеих сезонов была в пределах нормы, при этом осень 1944 г. по гидро-термическим условиям была нормальной, а осень 1936 г. – тёплой (+5,6 °С) и с недостаточным увлажнением (27,3 мм). Во втором периоде подобная осень отмечалась чаще – в 1987, 1989, 1990 и 1994 гг., продолжительность которых была нормальной, кроме короткого сезона 1987 г. (33 дня). Отличались только показатели осени 1990 г., оказавшейся тёплой (+6,4 °С), и 1989 г. – с недостаточным увлажнением (60,1 мм). В третьем периоде осень с 2фб3 структурой не представлена (табл. 2.39).

2фб3 осень с нормальным началом и ранним концом в первый период отмечалась дважды: в 1940 и 1953 гг. (рис. 2.42). В обоих случаях она была короткой и с недостаточным увлажнением. Более высокий уровень температур отмечался у осени 1940 г. (+6,1 °С). В период с 1971 по 2006 г. осень с таким типом структуры встречалась один раз – в 1986 г.: сезон был нормальным по продолжительности, тёплым (+5,6 °С) и недостаточным по увлажнению (37,3 мм).

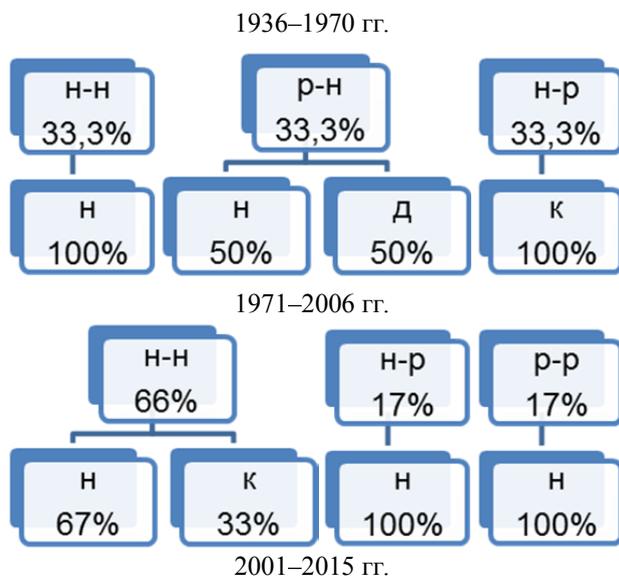


Рис. 2.42. Соотношение двухфазных без фазы «предзимье» (2фб3) типов структуры осенних сезонов с разными типами дат начала/конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Двухфазная осень без фазы «предзимье» с ранним началом и нормальным концом в первом периоде встречалась в 1947 и 1967 гг. По продолжительности осень в 1947 г. была нормальной, в 1967 г. – длинной (72 дня), по средней температуре оба сезона тёплые, с нормальным увлажнением.

Однофазный тип осени, представленный только его центральной фазой (поздней осенью), встречался лишь во втором периоде – в 1976 и 1980 гг. (рис. 2.43).

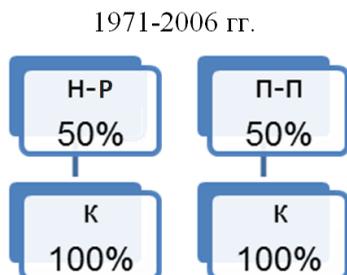


Рис. 2.43. Соотношение однофазных без фаз «становление осени» и «предзимье» (1fb1i3) типов структуры осенних сезонов с типами дат начала / конца сезона (верхняя строка) и продолжительности (нижняя строка), Томск

Два других варианта типов структуры осени, рассмотренных ниже, встречались единично. Осень 1fb1i3 с нормальным началом и ранним концом была в 1976 г., по продолжительности очень короткая (23 дней), по температуре – в пределах нормы, с недостаточным увлажнением (46,5 мм). Осень 1fb1i3 с поздним началом и концом отмечалась в 1980 г. с короткой продолжительностью (37 дней), нормальной средней температурой воздуха и недостаточным увлажнением за сезон (46 мм).

В целом трехфазная структура осени – самая устойчивая, так как ее повторяемость во все периоды выше 50%, особенно в последний период (86%). Из фаз осени чаще всего выпадают фазы «поздняя осень» и «предзимье».

§§ 2.3.5. Многолетние изменения климатических режимов холодно-снежной и вегетационной частей годового цикла

В условиях длительного залегания снежного покрова, характерного для Западно-Сибирской равнины, годовой цикл развития природы разделяется на вегетационную (ВЧГЦ) и холодно-снежную части годового цикла (ХСЧГЦ) (структуры первого порядка). Началом ВЧГЦ будем считать дату разрушения устойчивого снежного покрова весной, а за ее конец – дату появления снежного покрова осенью, следовательно, началу холодно-снежной части будет соответствовать дата появления снежного покрова осенью, а концу – дата его разрушения весной. В целом ХСЧГЦ можно определить как период годового цикла, когда растительная состав-

ляющая ландшафта находится в состоянии покоя. ХСЧГЦ включает в себя последнюю фазу осени («предзимье»), три фазы зимы («умеренно-морозная», «значительно-морозная», «предвесенье»), первую весны («снеготаяние»); ВЧГЦ – две фазы весны («послезимье», «предлетье»), три фазы лета («умеренно-прохладное лето», «умеренно-тёплое лето», «спад лета»), две фазы осени («становление осени» и «поздняя осень»).

ХСЧГЦ уже не является в Томске доминирующей по продолжительности – только 171 день в году (табл. 2.41) средняя суточная температура воздуха устойчиво держится ниже 0 °С и формируется снежный покров.

Как следует из табл. 2.41, дата начала ХСЧГЦ во втором и третьем периодах по сравнению с первым стала наступать позднее (вместо 12 октября – 22 октября), а даты конца – раньше (вместо 17 апреля – 11 апреля), что привело к сокращению её продолжительности на 17 дней (или на 9% от продолжительности первого периода), а соответственно, на столько же дней – к увеличению ВЧГЦ (табл. 2.42).

Т а б л и ц а 2.41

Временные характеристики холодно-снежной части года, Томск

Период, годы	Временные характеристики ХСЧГЦ		
	Дата начала («предзимье»), день и месяц	Дата конца («снеготаяние»), день и месяц	ΔI, дни
1936–1970	12.10	17.04	188
1971–2006	20.10	17.04	180
2001–2015	22.10	11.04	171

Примечание. Здесь и в табл. 2.42: ΔI – продолжительность структурных единиц.

Т а б л и ц а 2.42

Временные характеристики вегетационной части года, Томск

Период, годы	Временные характеристики ВЧГЦ		
	Дата начала («послезимье»)	Дата конца («поздняя осень»)	ΔI, дни
1936–1970	18.04	11.10	177
1971–2006	18.04	19.10	185
2001–2015	12.04	21.10	194

Так, продолжительность ВЧГЦ от первого периода к третьему увеличилась на 23 дня (более чем на 3 недели), в основном, за счет повышения температуры приземного слоя воздуха в апреле и октябре.

В результате изменилось соотношение в продолжительностях холодно-снежной и вегетационной частей в годовом цикле: если в первый

период большую долю занимало холодное время (51,5 %), то в третьем – теплое (53,15%).

На рис. 2.44, 2.45 видны изменения во времени продолжительности основных частей годового цикла и их структурных единиц.

Особенно заметные изменения отмечаются в длительности их центральных фаз – значительно-морозной и умеренно-теплой соответственно. Так, от первого к третьему периоду доля значительно-морозной фазы в общей продолжительности ХСЧГЦ уменьшилась с 35 до 33% (или на 8 дней), а умеренно-теплого лета от длины ВЧГЦ увеличилась на 7% (с 35 до 42%) (или 19 дней).

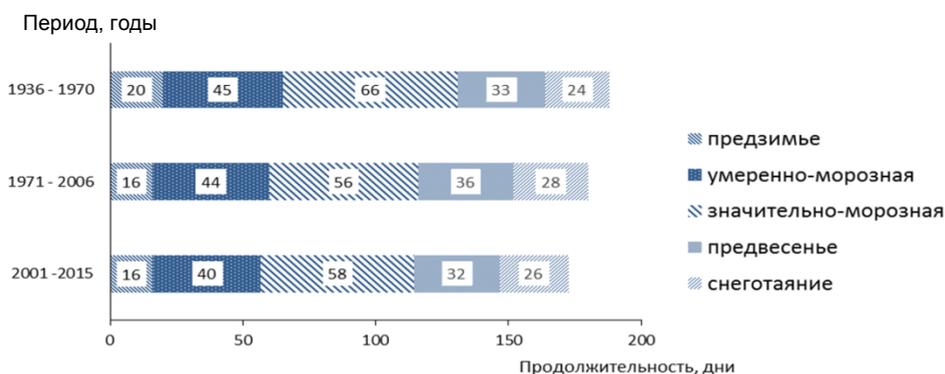


Рис. 2.44. Изменение продолжительности фаз холодно-снежной части годового цикла, Томск

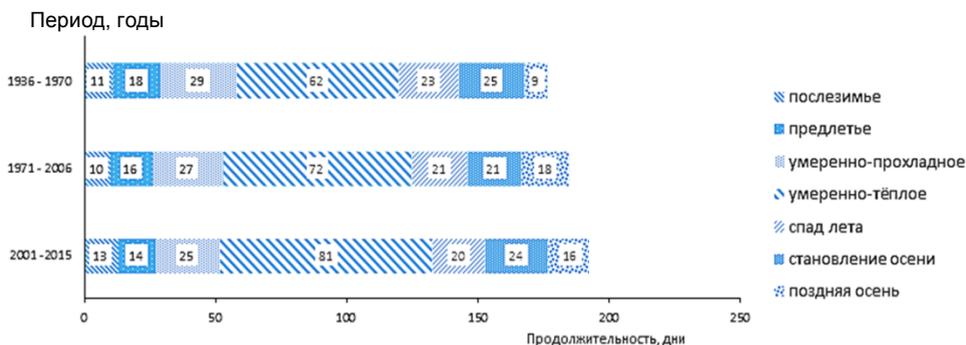


Рис. 2.45. Изменение продолжительности фаз вегетационной части годового цикла, Томск

Изменения температурных условий по сравниваемым периодам за ХСЧГЦ и ВЧГЦ приведены в табл. 2.43, 2.44.

Т а б л и ц а 2.43

Термические характеристики ХСЧГЦ и её структурных единиц, Томск

Период, годы	Структурные единицы ХСЧГЦ			ХСЧГЦ	
	предзимье	зима	снеготаяние	$\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$	$t_{cp}, ^\circ\text{C}$
	$\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$	$\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$	$\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$		
1936–1970	-10	-2375,1	-51,4	-2436,5	-12,9
1971–2006	-34,8	-2009,9	-48,2	-2093,4	-11,6
2001–2015	-24,0	-1786,3	-82,6	-1892,9	-11,1

Примечание. Здесь и в табл. 2.44: $\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$ – сумма накопленных отрицательных среднесуточных температур воздуха; $t_{cp}, ^\circ\text{C}$ – средняя многолетняя среднесуточная температура воздуха.

Т а б л и ц а 2.44

Термические характеристики ВЧГЦ и её структурных единиц, Томск

Период, годы	Структурные единицы ВЧГЦ					ВЧГЦ	
	ПЗ	ПЛ	Лето	СО	ПО	$\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$	$t_{cp}, ^\circ\text{C}$
	$\sum t_{cp}, ^\circ\text{C}$						
1936–1970	54,1	122,9	1769,0		27,6	2176,6	12,3
1971–2006	38,1	160,1	1856	158,0	45,8	2260,3	12,2
2001–2015	47,6	87,6	1977	165,0	45,3	2342,8	12,1

Примечание. ПЗ – послезимье; ПЛ – предлетье; СО – становление осени; ПО – поздняя осень.

Из табл. 2.43 следует, что суммы накопленных отрицательных температур за ХСЧГЦ к третьему периоду значительно уменьшились (на 543,6 °С, или на 23% по сравнению с первым периодом), при этом уровень средних суточных температур стал заметно выше (на 1,8 °С). Эти изменения в основном связаны с потеплением зимнего сезона (см. §§§ 2.3.1.2).

Анализ табл. 2.44, иллюстрирующий изменения термических условий теплой части года, показал, что с увеличением продолжительности ВЧГЦ хотя и отмечается рост сумм положительных температур (на 166,2 °С), однако в целом к повышению уровня среднесуточных температур это не привело вследствие увеличения её продолжительности (в сторону более ранних дат начала и поздних – конца).

Временная динамика условий увлажнения (сумм осадков) за ХСЧГЦ и ВЧГЦ несколько иная (табл. 2.45, 2.46).

Сравнительный анализ показал, что значительно увеличивается от первого периода к третьему количество осадков за ХСЧГЦ (на 57 мм, или 36%), тогда как за ВЧГЦ прирост небольшой (14 мм, или 4%). Как извест-

но, бóльшая доля годовой суммы осадков (около 60%) выпадает в тёплое время года, однако с 1970-х гг., увеличивается доля зимних осадков (от 31,5% в первый период до 39% во второй). Полученные нами выводы согласуются с мнением ряда ученых [100] об увеличении зимних осадков в умеренных широтах в последние десятилетия.

Т а б л и ц а 2.45

Количество осадков за ХСЧГЦ и её структурные единицы, Томск

Период, годы	Сумма осадков за ХСЧГЦ и её структурные единицы, мм			
	предзимье	зима	снеготаяние	ХСЧГЦ
1936–1970	23,1	114,6	18,6	156,9
1971–2006	48,1	148	35,9	224
2001–2015	40,6	131,7	42,2	214

Т а б л и ц а 2.46

Количество осадков за ВЧГЦ и её структурные единицы, Томск

Период, годы	Сумма осадков за ЧГЦ и её структурные единицы, мм					
	ПЗ	ПЛ	Лето	СО	ПО	ВЧГЦ
1936–1970	20,6	25,2	242,2	30,8	22,9	341,7
1971–2006	13,5	29,3	236	30,9	30,6	340,3
2001–2015	10,7	40,3	242,9	31,1	30,8	355

Примечание. Условные обозначения см. в табл. 2.44.

Из вышеизложенного следует, что увеличение продолжительности ВЧГЦ в сочетании с уменьшением длины ХСЧГЦ и повышением уровня температур за холодное время можно рассматривать как региональные климатические изменения в сторону их улучшения для условий жизни, хозяйственной и социальной деятельности человека на исследуемой территории.

Глава 3. ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ СЕЗОННОЙ РИТМИКИ

Климатическая оценка территории с учётом сезонной ритмики имеет важное прикладное значение. Во-первых, она позволяет адаптировать как отдельные отрасли хозяйства, непосредственно зависящие от погодных условий – сельское и лесное хозяйство, рекреационную сферу, так и природопользование к изменяющимся природным условиям. Во-вторых, она может дать представление о реальном вкладе климатических изменений в формирование здоровья человека. Таким образом, рассмотрим эколого-экономический и социальный аспекты сезонной ритмики.

§ 3.1. Сезонные ритмы климата и их влияние на развитие эрозии почв

Проблема эрозии почв так же стара, как и земледелие: она началась тогда, когда первый дождь попал в первую борозду, созданную человеком, уничтожившим естественную растительность [23]. С тех пор эрозия почв сопутствует земледельческой деятельности человека во всем мире.

К изучению этого масштабного процесса деградации почв на юге Томской области, в том числе и в окрестностях Томска, мы подошли с позиций сезонной ритмики климата.

§§ 3.1.1. Актуальность проблематики, материал и методика исследования

Детальное и систематическое изучение эрозионных процессов в пределах Томской области началось с 1980-х гг. З.Н. Ястремской [342]. Ранее данная территория считалась незэрозионно опасной, и даже в 1990-х гг. некоторые авторы не указывали на наличие эрозии почв в Томской области [54, 164]. Более комплексное изучение названного процесса начато в 1985 г. на кафедре географии ТГУ, когда стали проводиться стационарные наблюдения за водной и ветровой эрозией на территории Томь-Яйского междуречья, позже – г. Томска, под руководством Н.С. Евсеевой. Вместе с тем несмотря на бесспорные успехи и значительные достижения, многие научные проблемы эрозиоведения, особенно задачи прикладного характера, были ещё далеки от разрешения. Особенно следует отметить слабое

изучение в то время климатических факторов, которые в значительной степени определяют развитие водной и ветровой эрозии почв. Изучению их с позиций сезонной ритмики, кроме авторов данной работы, никто не уделял внимания.

В 1990–2000-е гг. нами была поставлена цель – изучить влияние естественных сезонных ритмов природы и оценить влияние их климатических условий на развитие эрозии почв в южных сельскохозяйственных районах Томской области (Томского, Кожевниковского, Бакчарского, Первомайского). В числе важнейших задач исследования были следующие: установление структуры годового цикла и характеристика сезонов года в динамике, выявление наиболее эрозионно опасных единиц годового цикла и разработка на этой основе модели эрозионного потенциала климата [239].

В первую очередь, собирались и анализировались следующие климатические показатели по данным метеостанций Томск, Бакчар, Первомайское и Кожевниково: температура воздуха (среднесуточная, максимальная, минимальная), скорость ветра (среднесуточная, максимальная), суммы осадков (суточные и максимальные за каждый ливень), суточные значения относительной влажности и дефицита влажности воздуха, мощность промерзания и оттаивания почв, высота снежного покрова (ежесуточная по снегомерной рейке на метеостанции и ежедекадная на постоянных участках наблюдения), запасы воды в снеге и его плотность, запасы воды в почве по декадам теплого периода года, фенологические явления.

Для определения динамики климатических условий за каждую структурную единицу года 30-летнего периода (с 1967 по 1997 г.) были подсчитаны следующие параметры, играющие существенную роль в развитии эрозии: суммы среднесуточных температур воздуха, средние температуры воздуха, суммы осадков, среднее количество осадков, число дней с осадками, за ВЧГЦ – количество ливней, их средний и общий слой, средняя и максимальная скорость ветра; за ХСЧГЦ – максимальная высота снежного покрова.

На основе изучения перечисленных показателей нами проведена типизация всех структурных единиц годового цикла, исходя из сравнения величины отклонения (A) значений названных параметров в конкретный год с величинами среднемноголетних за рассматриваемый период и величины стандартного отклонения (σ). В соответствии с этим все характеристики разделены на нормальные ($A < \sigma$) и аномальные двух типов: аномальные (при $2\sigma > A > \sigma$) и экстремально аномальные (при $A > 2\sigma$). В соответствии с этим были получены следующие типы сезонов и фаз:

- по термическому режиму: очень теплые, теплые, нормальные, холодные и очень холодные;
- режиму увлажнения: очень влажные, влажные, нормальные, сухие, очень сухие;
- продолжительности: очень длинные, длинные, нормальные, короткие, очень короткие;
- датам начала и конца: очень ранние, ранние, нормальные, поздние, очень поздние;
- структуре: нормальные (для сезонов – это трёхфазные, для ВЧГЦ – семифазные, для ХСЧГЦ – пятифазные) и аномальные от 5 до 12 разновидностей.

Известно, что эрозия почв может быть вызвана целым рядом естественных и антропогенных факторов, к числу которых относятся рельеф и свойства почвы. Анализ морфометрических особенностей рельефа юга Томской области позволил выделить следующие особенности, способствующие развитию эрозионных процессов: значительное горизонтальное расчленение и вертикальное расчленение. Крутизна склонов – одна из важных характеристик, определяющих потенциальную опасность эрозии, – здесь также наибольшая: 80 и 20% площади этих междуречий, соответственно, занимают поверхности крутизной более 3°. При этом полевые исследования показали, что смыв серых лесных и дерново-подзолистых почв суглинистого состава начинается при уклонах поверхности 0,5–1°, а размыв – около 2°. На урбанизированных территориях и вблизи населенных пунктов плоскостная эрозия развивается также очень интенсивно.

Развитие процессов эрозии в значительной степени связано с литологическим составом почвогрунтов. В этом смысле среди почвообразующих пород «наилучшие» условия создаются на лёссах и лёссовидных суглинках, которым свойственны следующие особенности: выраженное преобладание в механическом составе пылеватых частиц (0,05–0,005 мм); невысокая водопропускная способность, проявляющаяся в характере их размокания; низкая водопроницаемость, приводящая к значительному поверхностному стоку [87, 88, 286].

Противоэрозионная устойчивость почв определяется их основными водно-физическими свойствами: содержанием гумуса и глинистых частиц, структурностью почвы [177], от которых зависит инфильтрационная способность. Почвам района исследования присущи три важные эрозионно значимые особенности:

- большая распыленность структуры, ухудшающая физические свойства (водные, воздушные и тепловые), что способствует большей подверженности этих почв смыву;

– остаточная солонцеватость и осолодение, характерные для чёрноземных почв, что при увлажнении приводит к разбуханию и способствует активизации стока;

– низкая водопроницаемость подстилающих пород полугидроморфных почв (тёмно-лесных глееватых) приводит к избыточному увлажнению и длительному застою поверхностных вод и созданию условий к развитию эрозии даже при незначительном слое атмосферных осадков.

Таким образом, проведённый анализ геологического строения, рельефа и почвенного покрова позволил сделать вывод о высокой эрозионной подверженности территории юга Томской области от рассмотренных факторов (особенно Обь-Чулымского и Томь-Яйского междуречий). Но ведущим фактором в активизации эрозионных процессов, по нашему мнению, является климатический. Поэтому на следующем этапе нами был установлен механизм его влияния с выявлением ведущих показателей, способствующих активизации эрозии. К последним мы отнесли:

1) режим увлажнения:

– снежность (условия выпадения, отложения и количество выпадающих твердых осадков; возникновение, существование и сход снежного покрова, длительность его залегания; максимальные снегозапасы, плотность снега, запасы воды в нём);

– жидкие осадки (общее количество осадков, продолжительность, интенсивность; размер, форма и скорость падения капель, кинетическая энергия дождя, количество ливневых осадков слоем более 10 и 20 мм);

– неравномерность распределения осадков на протяжении сезона (года) и наличие наиболее эрозионно опасных периодов (апрель – июль и некоторые осенние месяцы, когда наиболее активизируется деятельность талых вод, отсутствует естественная или сельскохозяйственная растительность (в период до начала вегетации или в её конце), отмечается наибольшая интенсивность выпадения осадков и увеличивается их количество);

– различия в характере проявления эрозии, вызываемой стоком талых вод и ливневыми дождями;

– влажность воздуха и почвы;

2) ветровой режим:

– скорость ветра и, в меньшей степени, его направление, постоянство;

– наличие критических скоростей для разных типов почв;

3) термический режим: суммы температур сезонов.

На основе анализа и систематизации собранных перечисленных выше показателей и характеристик нами была проведена типизация всех структурных единиц годового цикла по методике, описанной в § 2.1.

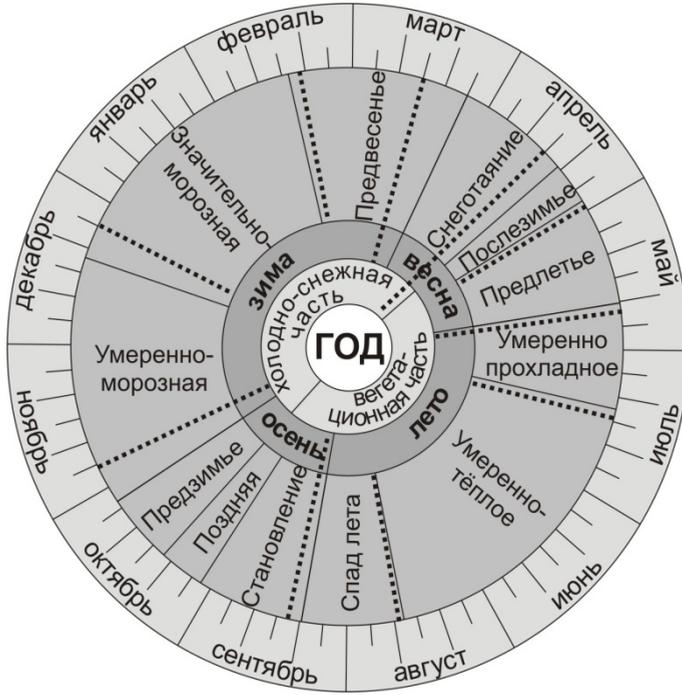


Рис. 3.1. Структура сезонного ритма годового цикла для Томска [239].

Границы структурных единиц за период:

——— – 1936–1970 гг. [256]; – 1967–1997 гг. [239]

После определения границ структурных единиц года и расчёта климатических показателей за каждую из них мы провели сравнительный анализ полученных данных с периодом 1935–1970 гг. [239] (рис. 3.1). В результате анализа были установлены основные тенденции пространственно-временных изменений климата, отраженные в табл. 3.1.

Учитывая неравномерность развития эрозионных процессов в течение года, следовало рассмотреть условия тех сезонов и фаз, когда эти процессы получают наиболее интенсивное развитие. Поскольку фазы имеют определённый энергетический уровень, степень увлажнения, совокупность погодных условий и относительно однородное состояние ландшафта, то характеристики структурных единиц оказываются взаимосвязанными с ними, в отличие от таковых в пределах формальных сроков. Именно это обстоятельство определяет преимущество в исследовании развития эрозионных процессов по фазам годового цикла.

Учитывая неравномерность развития эрозионных процессов в течение года, следовало рассмотреть условия тех сезонов и фаз, когда эти

процессы получают наиболее интенсивное развитие. Поскольку фазы имеют определённый энергетический уровень, степень увлажнения, совокупность погодных условий и относительно однородное состояние ландшафта, то характеристики структурных единиц оказываются взаимосвязанными с ними, в отличие от таковых в пределах формальных сроков. Именно это обстоятельство определяет преимущество в исследовании развития эрозионных процессов по фазам годового цикла.

Т а б л и ц а 3.1

Основные тенденции климатических условий в Томске за период 1967–1997 гг. по сравнению с периодом 1935–1970 гг. (по: [238])

Климатический показатель	Тенденция показателя	Структурная единица	Направление тенденции
Даты начала структурных единиц	Смещение на более поздние сроки	ХСЧГЦ	+
		Зима	+
		ЗМЗ	+
		ВЧГЦ	–
		Лето	+
		УТЛ	+
		Весна Осень	– +
Даты конца структурных единиц	Смещение на более поздние сроки	ХСЧГЦ	–
		Зима	–
		ЗМЗ	–
		ВЧГЦ	+
		Лето	+
		УТЛ	+
		Весна Осень	– +
Продолжительность	Уменьшение	ХСЧГЦ	+
		Зима	+
		ЗМЗ	+
		ВЧГЦ	–
		Лето	+
		УТЛ	+
		Весна Осень	– –
Средняя температура воздуха	Повышение	ХСЧГЦ	+
		Зима	+
		ЗМЗ	+
		Весна	–
		Осень	+

Климатический показатель	Тенденция показателя	Структурная единица	Направление тенденции
Сумма осадков	Увеличение	ХСЧГЦ	+
		Зима	+
		ВЧГЦ	+
		Лето	+
СП: – образование	Позже	ПЗ	+
– разрушение	Раньше	СТ	+
Высота СП	Увеличение		+
Запасы воды в снеге	Увеличение		+

Примечание. Тенденция: «+» – указанная тенденция, «-» – противоположная. Структурные единицы: ХСЧГ – холодно-снежная часть года, ВЧГЦ – вегетационная часть, ЗМЗ – центральная фаза зимы, УТЛ – центральная фаза лета, ПЗ – предзимье, СТ – снеготаяние; СП – снежный покров.

Поскольку на территории областного центра не было крупных сельскохозяйственных угодий, а статус городского округа Томск получил уже в конце нашего исследования (в 2004 г.), объектом полевого изучения для указанных целей в окрестностях города были выбраны сельскохозяйственные угодья около с. Лучаново на территории Томь-Яйского междуречья. Результаты этих исследований, проводимых в период с 1987 по 1997 г., отражены в работе Т.В. Ромашовой [239].

§§ 3.1.2. Развитие эрозионных процессов по фазам года

С.И. Сильвестровым [268] Томская область отнесена к районам, где господствует ливнево-снежный тип влияния климата на эрозию – тип с преобладающим влиянием снеготаяния при заметной роли ливней. Поэтому исследование влияния климатических условий на развитие эрозии мы начали с изучения фаз ХСЧГЦ.

§§§ 3.1.2.1. Эрозионно опасные фазы ХСЧГЦ

В последнюю фазу осени – «предзимье» формируется снежный покров (СП) (прил. 1, см. табл. 3.1), который в сочетании с устойчивыми отрицательными температурами определяет в сильной степени развитие эрозионных процессов.

Следует различать появление временного (неустойчивого) и устойчивого СП. Под устойчивым снежным покровом понимают такой покров,

который непрерывно лежит в течение всей зимы или с перерывами, не превышающими 3 дней, в течение не менее 30 дней его залегания [251]. Тем не менее он оказывает влияние на почвенно-растительный покров, подготавливая условия для их перехода в фазу гидрологического равновесия. Формирование временного СП происходит при следующих условиях: радиационный баланс в лесостепной провинции – около $0,2 \text{ ккал/см}^2$, а средняя суточная температура примерно в середине фазы устойчиво переходит через $0 \text{ }^\circ\text{C}$. В течение предзимья бывает в среднем 1–2 временных СП продолжительностью 6–7 дней при средней высоте 5 см. Максимальное количество СП (6 случаев за фазу) в Томске зафиксировано в 1992 г., а максимальная высота (22 см) – в 1979 г. Из-за временных СП альbedo подстилающей поверхности увеличивается до 50% и, тем самым, охлаждение земной поверхности происходит быстрее.

Спустя 2–3 нед после выпадения первых твёрдых осадков образуется устойчивый снежный покров, появление которого в 57% случаев происходит в последние дни фазы «предзимье». В случае её выпадения СП может сформироваться в фазу «поздняя осень» (в 10% случаев), а при резком наступлении зимы – в первые дни фазы «умеренно-морозная зима» (в 37% случаев).

Сроки образования устойчивого СП сильно варьируют от года к году. В среднем многолетнем дата его появления приходится на 28 октября, а самые ранние и поздние даты различаются на 14–22 дня (табл. 3.2).

Таблица 3.2

Даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова в Томске в 1967–1997 гг.

Характеристика значения	Дата появления	Дата образования устойчивого СП	Дата разрушения	Дата схода
Средние значения дат (число, месяц)	18.10	28.10	17.04	23.04
Самые ранние даты (число, месяц, год)	01.10.1968	16.10.1969 и 1975	23.03.1968	6.04.1968
Самые поздние даты (число, месяц, год)	04.11.1967	16.11.1995	02.05.1992	04.05.1992

За рассматриваемый период самые ранние даты появления первого СП наблюдались позже на 8 дней по сравнению с периодом 1935–1970 гг.

В фазу «предзимье» идёт интенсивный процесс накопления снега. Как показывают наши расчёты, её режим увлажнения характеризуется преобладанием нормальных (71%) по этому признаку фаз и высокой долей влажных (21%) по сравнению с сухими (8%). Сухое и очень сухое «предзимье» имеет эрозионно опасное значение. Эрозионно опасное значение этой фазы, по мнению Л.В. Ворониной [41], заключается в раннем промерзании и интенсивном охлаждении почв из-за резкого снижения температур воздуха ($-8...-10$ °С) при маломощном СП (8–10 см), что может приводить к их длительному оттаиванию весной. Чаще подобная ситуация наблюдается или в случае выпадения фазы «предзимье», т.е. в 3% случаев, или при количестве осадков ниже нормы в эту фазу (в 8% случаев) рассматриваемого периода.

В тех случаях, когда снег ложится на слабопромерзшую почву, а к началу таяния весной почва также находится в талом состоянии или имеет малую глубину промерзания (в аномально теплые зимы), она способна принять значительные объемы талой воды для промачивания всех почвенных горизонтов, и сток минимален или совсем отсутствует [208, 222].

«Умеренно-морозная зима» – это самая мягкая и снежная фаза зимы по сравнению с другими, фаза быстрого роста высоты снежного покрова и основного накопления снега. Это происходит вследствие ещё значительного влагосодержания воздушных масс, приходящих с запада и участвующих в циркуляции, и интенсивной циклонической деятельности, которой определяется режим осадков. Именно с циклонической деятельностью связан теплообмен между низкими и высокими широтами, а также обильные снегопады, являющиеся главным источником СП [140]. Происходит быстрый рост высоты СП в эту фазу: на открытом участке она достигает в среднем многолетнем 25–27 см (на защищённом – несколько выше), к концу фазы (к 27 декабря) – 60–65% наибольшей высоты за зиму.

Частые вторжения воздушных масс с севера и юга в эту фазу делают погоду крайне неустойчивой: межсуточная изменчивость температуры воздуха достигает наибольших значений за год, что приводит к увеличению плотности снега и запасов воды в нем. Снег, выпавший при штиле, лёгок, его плотность 10 кг/м^3 . Если бы выпадение твёрдых осадков сопровождалось штилевой погодой, то СП распределялся бы равномерно. В действительности же, как показали многолетние наблюдения, снегопады лишь в редких случаях наблюдаются в безветренную погоду. Когда центр циклона минует юг Томской области, в её пределы может прийти воздух из Арктики, вторжения которого сопровождаются сильными снегопадами и метелями.

К климатическим характеристикам метелей относятся: число дней с метелями, их непрерывная и суммарная продолжительность. На юге Томской области среднее число дней с метелями – 35–51, а их суммарная продолжительность составляет 400 ч. Средняя непрерывная продолжительность метелей составляет в Томске 13,5 ч, а максимальная – 126 ч. Чаще всего метели наблюдаются при прохождении фронтальных разделов, причём особенно часты в эту фазу общие метели (27–44%), при которых отмечается скорость ветра 6–9 м/с, в долинах Оби и Томи в 18–20% случаев могут быть скорости 10–13 м/с [296]. Преобладающее направление ветра при метелях южное и юго-западное. Чем больше значения климатических характеристик метелей, тем выше неравномерность распределения СП, его плотность и запасы воды, а значит, больше вероятность при прочих условиях активизации эрозии почв.

Таким образом, в фазу «умеренно-морозная зима» создаются основные запасы снега, происходит его переотложение на разных формах рельефа. За интенсивными снегопадами обычно следует период морозной погоды и наступает вторая фаза зимы – «значительно-морозная». В связи с ослаблением циклонической деятельности и преобладанием антициклонального типа погоды в центральную фазу зимы рост высоты СП замедляется, уменьшается процент общих метелей (до 20–28%), но учащаются позёмки, способствующие уплотнению СП.

За зиму накапливается значительная мощность снежного покрова, которая к концу зимы достигает наибольшей высоты. Дальнейший процесс преобразования снежной толщи Н.В. Рутковская [251] разделяет на три периода:

- 1) период уплотнения снега, который начинается со времени наступления наибольшей высоты снежного покрова и продолжается до накопления максимальных запасов воды в нём;
- 2) период таяния устойчивого снежного покрова, охватывающий время от накопления максимальных запасов воды в нём до его разрушения;
- 3) период от начала таяния устойчивого снежного покрова до его окончательного схода.

Первый общий период снеготаяния, отмеченный выше, охватывает последнюю фазу зимы – «предвесенье». В 63% случаев СП в поле достигает максимальной высоты в эту фазу. При длинной фазе снеготаяния максимальное накопление снега смещается на неё (в 17% случаев). Особенностью исследуемого периода является высокая вероятность (20%) достижения максимальной высоты в центральную фазу зимы, что не фиксировалось в период 1935–1970 гг. и объясняется повышением её

температурного режима. В среднем максимальной высоты СП в поле достигает 70 см.

В эту фазу наблюдается более быстрый рост снежного покрова от декады к декаде в юго-восточной части области по сравнению с западной. Это объясняется смещением траекторий циклонов к востоку от 84-го меридиана. Из года в год максимальная высота снежного покрова может значительно изменяться. При средней многолетней высоте СП в поле 70 см наибольшая высота составила 88 см (в зиму 1996/97 г.), а наименьшая – 40 см (1969/70 г.).

Наблюдается синхронность процесса накопления снега в разных природных зонах юга области, особенно в экстремальные по снежности годы. Так, малоснежная и необычайно суровая зима была отмечена на всех станциях юга в 1967/68 г. В зимы с неустойчивым термическим режимом и безъядерные, когда активно проявляется циклоническая деятельность, в силу избыточного увлажнения формируются большой высоты СП, как, например, в 1990/91 г. (115 см).

В зависимости от максимальной величины снежного покрова выделяют среднеснежные, малоснежные и многоснежные зимы [131]. Их повторяемость в период с 1968 по 1997 г. в Томске была следующая: среднеснежные зимы преобладают (73,4%), а многоснежные и малоснежные представлены с равной частотой (по 13,3%).

В фазу «предвесень» дни становятся значительно длиннее. И хотя большую часть суток в эту фазу температура воздуха имеет отрицательное значение, дневные положительные температуры приводят к началу снеготаяния и поступлению первых порций талой воды на поверхность почвы, находящейся в мерзлом состоянии. Температура поступившей воды немногим более 0 °С, поэтому, проникнув в почву на незначительную глубину и отдав ей запас тепла, талая вода замерзает, приводя к формированию внутрипочвенной ледяной прослойки. В первую половину фазы «предвесень» происходит таяние устойчивого снежного покрова в лесостепи и подтайге. В ясные солнечные дни начинается радиационный прогрев верхних горизонтов снежной толщи, что приводит к образованию так называемой радиационной корочки [256]. Это период значительного ослабления темпов роста высоты снежного покрова, достижения его наибольшей мощности и максимальных запасов влаги в нем. В среднем снеготаяние начинается под действием радиации при среднесуточных температурах воздуха –7 ... –5 °С и средней температуре в час дня –4 ... –1 °С.

Самым активным периодом рельефообразующей роли снега является первая фаза весны и последняя фаза ХСЧГ – «**снеготаяние**». С марта

до апреля суммарная радиация увеличивается и становится важным фактором уплотнения и таяния снежного покрова, а также прогревания почвы. Этой фазе соответствует второй период процесса снеготаяния по Н.В. Рутковской [251]. Обычно после достижения максимальной высоты снега в течение недели или декады происходит его уплотнение, слеживание, кратковременное подтаивание и частичное или полное пропитывание водой и, тем самым, создаются предпосылки для эродирующего влияния талой воды на почву.

Наибольшие значения плотности снежного покрова наблюдались в третьей декаде марта – до 0,31 г/см³ в Томске. Максимальная плотность снега в декаду его наибольшей высоты фиксировалась в Томске в 1989, 1993, 1997 гг. В годы, когда плотность снега высока, создаются благоприятные условия для развития эрозии. Чем меньше плотность снега, тем термоизоляционные свойства снежного покрова лучше, т.е. снег лучше предохраняет почву от охлаждения и промерзания.

С плотностью СП связана другая важная его характеристика – запасы воды в снеге. Как показали наши исследования [239], наибольшее уплотнение снега и накопление максимальных запасов воды в нём наблюдаются в фазу «предвесень» – 67% случаев, а в фазу «снеготаяние» – 33%. По сравнению с другими южными районами области наибольшие запасы воды накапливаются в Томске (табл. 3.3) и Томском районе, что совпадает с результатами исследования Н.В. Рутковской [256], проведенными для периода 1935–1970 гг.

Т а б л и ц а 3.3

Запасы воды в снежном покрове в декаду его максимальной высоты на юге Томской области в 1967–1997 гг. [239]

Метеостанция	Запасы воды в снежном покрове, мм; год		
	средние	максимальные	минимальные
Бакчар	109,4	142,3; 1988	67,2; 1996
Первомайское	87,8	149; 1997	44; 1989
Томск	188	319; 1991	127,6; 1996
Кожевниково	112,6	225,6; 1990	41,4; 1989

По сравнению с предыдущим временным периодом (1936–1970 гг.) наблюдается увеличение высоты СП на 5 см, а также запасов воды в снеге на 40–55 мм. Размах колебаний предельных значений запасов воды в Томске возрос до 68 мм. Это говорит о большей опасности СП в развитии эрозионных процессов. Как показали более поздние полевые исследования,

проведённые на полях Лучановского участка, запасы воды могут сильно варьировать на пашне со сложным микрорельефом, достигая в суффозионных западинах 710 мм [130]. Таяние снега в сугробах, особенно на лесных опушках, а также в западинах и оврагах запаздывает по сравнению с таянием на открытых участках на 10–12 дней и более. Затянутость сроков таяния снежного покрова обуславливает уменьшение интенсивности эрозионных процессов. Однако даже самые незначительные по величине потоки воды при этих условиях способны производить эрозию и смыв почвы со склонов.

После уплотнения и пропитывания водой снега начинается его таяние. Таяние может происходить не только в результате непосредственного воздействия солнечных лучей, но и под влиянием тёплого воздуха, приходящего из более южных районов. Роль второго фактора в условиях Томской области преобладает [254].

Ночью в подавляющем большинстве вёсен с наступлением отрицательных температур воздух сток прекращается. Основной смыв почвы происходит с появлением проталин. Только с момента освобождения почвы от снега начинаются оттаивание её с поверхности и интенсивный смыв талыми водами, поступающими с верхней части склонов [224].

Высота СП уменьшается с 83 до 50 см в начале фазы «снеготаяние» до нуля в её конце. Процесс разрушения в 76% случаев приходится на эту фазу, но из-за отклонений погодных условий от среднеголетних значений может сместиться на фазы «послезимье» (14% случаев) и «предлетье» (10% случаев).

В среднем, согласно многолетним наблюдениям, разрушение устойчивого СП приходится на 17 апреля, а окончательный его сход происходит неделей позже (см. табл. 3.2). Это раньше, чем в период 1935–1970 гг., на 10–15 дней [254, 256]. Отклонения от среднего многолетнего срока в ту и другую сторону достигают 12–18 дней. В частности, очень поздно сход снежного покрова на территории Томской области происходил в 1905, 1948, 1992 гг. и очень рано – в 1932, 1989, 1995 гг. Раннее разрушение устойчивого снежного покрова (с 3 по 10 апреля) наблюдается в мало- или среднеснежные зимы при ранней и теплой весне, а позднее (с 15 до 25 мая) – в многоснежные зимы при поздней или затяжной и холодной весне.

Продолжительность таяния устойчивого снежного покрова (от наступления максимальных запасов до его разрушения) зависит от погодных условий фазы «снеготаяние» и составляет половину общего периода трансформации снежной толщи (от достижения максимальной высоты, накопления максимальных запасов до разрушения и схода снежного покрова) (табл. 3.4).

**Продолжительность трансформации снежного покрова
на юге Томской области за период 1967–1997 гг. [239]**

Метеостанция	Средняя продолжительность периода, дни			Общая продолжительность периода, количество дней/год		
	уплотнения СП	таяния устойчивого СП	схода СП	средняя	максимальная	минимальная
Бакчар	26	35	12	73	120; 1992	35; 1971, 1974
Первомайское	34	32	11	77	126; 1975	34; 1974
Томск	37	35	11	73	123; 1992	32; 1974
Кожевниково	29	34	9	72	122; 1992	36; 1974

Как видно из табл. 3.4, в отдельные годы продолжительность таяния устойчивого снежного покрова может быть в 1,6–1,7 раза больше, чем средняя, или, наоборот, в 2–2,3 раза меньше. Для нашей весны характерны возвраты холодов, вызванные вторжением арктических воздушных масс. Поэтому периоды с интенсивным и дружным таянием снега за 30 лет были редки, хотя наблюдались на всей территории юга области одновременно, например, в 1974 г. Обращает на себя внимание факт участвовавшего дружного снеготаяния в последнее десятилетие, наблюдающееся с интервалом через год.

В условиях континентального климата юго-востока Западно-Сибирской равнины часто отмечаются одновременное разрушение устойчивого покрова и его окончательный сход. Такие вёсны составляют до 62% на юге Томской области. Одновременно на всей изучаемой территории эти процессы наблюдались в весны 1941, 1951, 1987 и 1997 гг.

Не менее важными характеристиками, определяющими развитие эрозии, являются глубина промерзания почв и продолжительность их оттаивания. Средняя многолетняя глубина промерзания почвы в Томске составляет 77 см при максимальном значении 146 см (1968 г.) и минимальном – 9 см (1993 г.). Продолжительность оттаивания почвы в среднем – 35 дней, но очень долго оттаивала почва в 1970 г. (59 дней) и очень быстро – в 1991 г. (17 дней). В результате наших исследований подтвердилась закономерность уменьшения глубины промерзания почвы с ростом высоты СП: коэффициент корреляции составил $-0,56$. Другая зависимость – глубины промерзания от суммы температур за ХЧСГ: коэффициент корреляции составил $-0,52$. Но темпы схода выше на открытых участках, т.е. влияют условия радиационного режима и экспозиция склонов.

В холодно-снежную часть года необходимо изучение и ветрового режима, так как в это время наблюдается прямая зависимость между скоростью ветра и плотностью снега, что является важным эродирующим показателем [235]. Перемещение снега происходит при скоростях ветра около 10 км/ч (2,8 м/с), а массовый снегоперенос начинается при скорости ветра на высоте 20 см над поверхностью в 5–6 м/с [58, 274].

В окрестностях с. Богашево наши полевые наблюдения за скоростью ветра ручным анемометром АРИ-49 во время снегосъемок показали, что максимум из средних значений скоростей ветра составил 10–14 м/с, а на высоте 1 м над поверхностью пашни наблюдаются порывы ветра до 12–23 м/с [87]. Такой скорости достаточно не только для перемещения снега, но и почвы. В фазу снеготаяние почвы находятся, как правило, в мерзлом состоянии, однако в середине дня (с 12.00 до 17.00 ч), когда температуры воздуха в приземном слое наиболее высоки и особенно неустойчиво состояние атмосферы, почва на открытых участках начинает таять, а гребни пашни обсыхают. При сильных ветрах в снегоперенос вовлекаются частицы мёрзлой почвы диаметром до 2–3 мм с выпуклых и ровных участков пашни, где снег сметается в первую очередь. Эти частицы движутся по поверхности снега скачкообразно в виде волн на высоте до 20–30 см и переотлагаются на разных расстояниях от места дефляции почвы. Вблизи источника дефляции (на расстоянии от 1–5 до 20–30 м) на поверхности снега образуются «корочки» – прослойки почвы мощностью до 13–20 мм. Выдутые с обнаженной поверхности почвы частицы уносятся на разные расстояния от очага эрозии и при ослаблении ветровых струй у лесополос, колков, возвышенностей пашни отлагаются на поверхности снега, образуя снего-эоловую рябь и эффект «чёрных зим». В пределах южного склона Лучановского стационара площадью около 10 га такая рябь покрывает до 70% поверхности снега при мощности почвенных отложений на снегу от первых долей миллиметра до 30 мм.

Это явление за период наблюдений (1989–2002 гг.) отмечалось ежегодно. Например, в 1989 г. на южном склоне стационара снег с куполов пашни сошел 31 марта, почва обсохла. Скорости ветра на высоте 1 м над поверхностью пашни достигали 25 м/с при средних значениях 5 м/с. После свежевыпавшего снега ветровая деятельность усилилась, купола пашни вновь обнажились, и частицы почвы вовлекались в снегоперенос, отлагаясь на пониженных участках. За период с 31 марта по 8 апреля с куполов пашни было снесено от 240 до 420 кг почвы с 1 га [86, 87]. Ветра больших градаций в эту фазу фиксируются ежегодно, в том числе в настоящее время. Например, 31 марта 2017 г. ветер на АМСГ Томск достиг значения 27 м/с, а 8 мая 2017 г. – 25 м/с [61].

Таким образом, фаза «снеготаяние» является первой фазой года, когда реально возникает разрушение почвенного покрова талыми водами и ветром, хотя эрозионный потенциал закладывается в предыдущие фазы годового цикла. Величина стока и величина выдувания зависят от погодных условий данной фазы и её продолжительности. Чем короче фаза и теплее (при ясной погоде и быстром нарастании температур воздуха), тем сильнее проявляется плоскостной смыв, как, например, наблюдалось в 1991 и 1995 гг. В эти годы продолжительность фазы была примерно в три раза короче средних многолетних значений при температурном фоне выше нормы.

В целом наибольшая опасность эродирующего воздействия талых вод наблюдается во второй и, особенно, в третий периоды снеготаяния из-за неравномерности распределения снега по орографическим причинам, различной интенсивности его таяния по площади и во времени. Запасы воды в снеге к началу таяния (объем действующего фактора) и скорость таяния (интенсивность действия) являются наиболее важными и точными показателями процесса снеготаяния. Развитию ветровой эрозии, наоборот, способствует длинная по продолжительности фаза, которая бывает в случае холодного или близкого к норме термического режима.

§§§ 3.1.2.2. Эрозионно опасные фазы ВЧГЦ

«Послезимье» – первая фаза ВЧГЦ и центральная фаза весны (прил. 1). В среднем многолетнем выводе она начинается 12 апреля (см. табл. 2.13), т.е. на 6 дней раньше по сравнению с предыдущими периодами.

«Послезимье» – самая короткая (средняя продолжительность фазы 11 ± 2 дней) и неустойчивая фаза весны (коэффициент вариации более 0,8). По этим причинам фаза в структуре весны Томска выпадает в 43% случаев, например так было в 1983, 1984, 1997 гг. Длительная фаза «послезимье» бывает в холодные или близкие к норме по термическому режиму весны при нормальном или раннем их начале. Максимальная продолжительность фазы – 42 дня в 1993 г.

Радиационный баланс в эту фазу становится положительными и составляет $1,6 \text{ ккал/см}^2$. Снежный покров занимает уже менее половины видимой поверхности, а в конце фазы состояние подстилающей поверхности характеризуется окончательным его сходом (см. табл. 3.2). Полный сход СП в период 1935–1970 гг. происходил именно в эту фазу [254], в то время как в рассматриваемое нами 30-летие вероятность наступления данного процесса была практически одинакова в любую из таких фаз, как «сне-

готаяние» (33%), «послезимье» (30%) и «предлетье» (37%). Анализ структурных единиц годового цикла показал, что окончательный сход СП приходится на фазу «снеготаяние» (в случае её большой продолжительности и выпадающей или короткой фазе «послезимье») или на фазу «предлетье» (в случае короткой (6–7 дней) или выпадающей фазе «послезимье»). Такие временные различия приводят к многовариантности проявления эрозионных процессов.

В отдельные годы весной после разрушения устойчивого снежного покрова образуется один или два временных снежных покрова, реже – больше (семь раз формировался временный СП в 1993 г.). Его образование вызвано вторжением холодного арктического воздуха в тылу серии циклонов и связано с холодным фронтом последнего циклона [253, 256]. Температурные условия, при которых формируется временный СП, характеризуются отрицательными минимальными и почти всегда положительными максимальными температурами при средних суточных температурах, близких к нулю. По нашим данным, снег в среднем лежит 2–3 дня при средней высоте 2–3 см. Но снегопады, приносимые циклонами, бывают сильными, как, например, в 1978 или 1989 гг., отложившими 6 см снега.

За рассмотренный период времени наибольшая повторяемость временных СП отмечалась в подтайге в последнюю декаду апреля (25% случаев) и первую пентаду мая (12% случаев). В исключительных случаях временный СП появляется даже в фазу «умеренно-прохладное лето», как, например, в Томске 25 мая 1981 г., 6 июня 1989 г., 7 июня 1997 г. Дополнительное увлажнение в виде временных СП и их бурное таяние негативно отражаются на состоянии почвенного покрова, приводя в многоснежные и среднеснежные годы к появлению повторных ручейков в местах схода устойчивого СП, ухудшению водно-физических свойств почвы и усилению выноса питательных веществ.

Освободившаяся от снега в фазу «послезимье» почва быстро прогревается солнцем, и на большей части территории пахотный слой оттаивает до глубины 10 см. Как показали полевые наблюдения на Томь-Яйском междуречье за период 1988–2002 гг., выпуклые участки пашни на склонах южной экспозиции в фазу «послезимье» уже освобождены от снега. Создаются чрезвычайно благоприятные условия для развития ветровой эрозии по нескольким причинам: контрасту дневной и ночной температур, слабому увлажнению и высоким скоростям ветра. Эрозионно опасной для почв с суглинистым механическим составом является скорость от 5–6 до 9–12 м/с [11]. Зная, что ветер вблизи земной поверхности характеризуется турбулентностью (порывистостью), которая свя-

зана со средней скоростью параболической зависимостью [27], можно определить воздействие ветра на почву. Так, при средней скорости ветра 13 м/с эрозионное воздействие усиливается в 17 раз по сравнению со скоростью 4 м/с.

Нами была рассчитана повторяемость случаев скорости ветра разных градаций. Оказалось, что в фазу «послезимье» в 54,6% случаев преобладают скорости ветра более 6 м/с, в том числе с ветром более 8 м/с – 23,7%, более 10 м/с – 10,5%, более 15 м/с – 3,4%. В целом сочетание небольшого количества осадков (а для юга Томской области фаза «послезимье» – наиболее «сухая» (см. табл. 2.19) фаза ВЧГЦ) и значительных скоростей ветра (выше 6 м/с) способствует развитию ветровой эрозии (прил. 2) на сухих почвах от лёгкого до тяжёлого механического состава. Такая обстановка наблюдалась, например, в 1983 и 1993 гг.

В конце апреля (см. табл. 2.13) начинается фаза «предлетье» (прил. 1). Происходят окончательный сход СП (см. табл. 3.2) и оттаивание почв (в 74% случаев). Для юга Томской области фаза «*предлетье*» – наиболее «ветренная» из фаз ВЧГЦ. В «сухие» по режиму увлажнения фазы создаются опасные условия для развития ветровой эрозии.

Малое количество осадков и низкая относительная влажность воздуха (менее 50% и даже 30%) связаны с южными циклонами, приходящими на территорию юга Томской области. В среднем дней с относительной влажностью воздуха менее 30% за предлетье бывает 5–6, но в 1994 г. их было 12, поэтому сложились условия для формирования пыльных бурь и даже суховеев [256]. Эрозионно опасные характеристики этой фазы для развития дефляции, полное сочетание которых наблюдалось в 1981 г., приведены в прил. 2.

После схода снега и оттаивания почв, последние остаются беззащитными перед дождевыми осадками. На «предлетье» приходится 45% от общего количества весенних осадков. Для активизации водной эрозии в первую фазу вегетационного периода года (см. рис. 3.1) необходимо общее количество выпадающих осадков выше нормы. Кроме того, эрозионноопасными в этот период считаются осадки определённых градаций, особенно дожди слёем более 3 мм, доля которых в структуре осадков составляет 67%. Ещё опаснее ливневые осадки (10 мм и более). Хотя ливни имеют небольшую частоту повторяемости в эту фазу, их эрозионная опасность велика для почвы, незащищённой или слабо защищённой растительностью, учитывая средний слой ливня 15,8 мм (см. табл. 3.4). Бывают случаи выпадения ливней два дня подряд: 26 и 27 мая 1978 г. выпало 57,2 мм осадков (93%) весеннего количества, нанеся огромный ущерб пахотным угодьям.

Сходной по эрозионной опасности с предыдущей фазой считается фаза «умеренно-прохладное лето». При этом растёт вероятность развития водной эрозии (из-за увеличения влагосодержания воздушных масс) и несколько уменьшается вероятность ветровой эрозии.

Фаза «умеренно-тёплое лето» – самая влажная в году (см. табл. 2.29): на неё приходится от 20 до 33% от годовой суммы осадков (в среднем 149–163 мм осадков, а в 2001–2011 г. – 188 мм [280]), а также наибольшее число дней с осадками и число случаев со средним и максимальным выпадением ливневых осадков (табл. 3.5).

Таблица 3.5

**Число дней с осадками и характеристика ливней
за отдельные фазы ВЧГЦ в 1967–1997 гг., Томск**

Фаза ВЧГЦ	Число дней с осадками	Количество осадков, мм			Ливни			
					Число случаев		Слой за один ливень, мм	
		среднее	максимальное	минимальное	среднее	максимальное (год)	средний	максимальный (дата)
Предлетье	9	35,7	84,4 (1984)	1,3 (1990)	0,7	3 (1973, 1978)	15,8	27,3 (1997)
Умеренно-прохладное лето	11	45,1	100,5 (1974)	1,4 (1992)	1	4 (1974, 1985)	14,2	27,3 (1974)
Умеренно-тёплое лето	27	142,9			3,9	8 (1996)	19,6	53,7 (30.06.1987) 42,8 (2.08.1988)
Спад лета	11	49,5			1	6 (1988)	19,6	80,5 (16.08.1988)

Несмотря на различия климатических и фенологических признаков двух последних фаз лета – «умеренно-тёплое лето» и «спад лета» (прил. 2), в эрозионном отношении они имеют схожие черты, что позволило рассмотреть их вместе. Главная черта фаз – максимальное развитие листовой поверхности у зерновых культур, имеющих наибольшее проективное покрытие почвы. Данные особенности состояния подстилающей поверхности позволяют сделать вывод о том, что эрозионное воздействие на почвы пашни (за исключением паров) в эти фазы могут оказывать только ливневые осадки. Фазы «умеренно-тёплое лето» и «спад лета» отличаются наибольшим средним и максимальным слоем воды за один ли-

вень (см. табл. 3.4). В соответствии с исследованиями Л.И. Трифионовой [296] осадки слоем более 10 мм за сутки принимались нами за ливневые, причем они подразделены на крупные ливни (20–30 мм) и выдающиеся (более 30 мм).

Анализ осадков, выпавших за фазы «умеренно-тёплое лето» и «спад лета», показал, что в виде ливней выпадает 37–46% осадков от общего их количества за лето, доля их в виде ливней слоем выше 10 мм составила 29–33%, доля крупных ливней – 8–12% [239]. В целом за эти две фазы бывает пять дней с ливневыми осадками, причем крупные ливни повторяются в Томске ежегодно, а выдающиеся – раз в 1,5 года. В среднем за лето в виде ливней выпадало 46–51% осадков, а число дней с такими осадками достигало 6–7. Экстремальными в этом отношении были два года – 1987 г., когда таких дней зафиксировано в Томске 10, и 1996 г. – 12 дней.

Наши наблюдения свидетельствуют о том, что подобные ливни формируют большой объем поверхностного стока и производят большой смыв почвы. Для примера охарактеризуем выдающиеся ливни летнего сезона 1987 г., изучаемые на полустационаре «Лучаново» (район г. Томска). 30 июня 1987 г. за один ливень продолжительностью 5,5 ч выпало 53,7 мм осадков. Второй ливень шёл 1 июля в течение 4 ч, за которые выпало 20,6 мм. Совместное воздействие этих двух ливней оказалось очень разрушительным – с выпуклого склона длиной 50–100 м крутизной 3–11° снесено только в 145 струйчатых размывах 4–5 м³/га почвы. Там же, но на прямом склоне длиной 400–500 м и крутизной 3–8°, занятом посадками картофеля и рапса, обнаружено много струйчатых размывов и промоин. Длина наиболее крупной из них составила 200 м при ширине от 0,3 до 1,5 м и средней глубине 0,4 м. Общий объем снесенного материала составил 40–100 м³/га [84]. Согласно шкале М.Н. Заславского [96], интенсивность эрозии почв, вызываемая ливнями, изменяется от слабой (0,5–1,0 т/га) до сильной (более 10 т/га), особенно под пропашными культурами и на парах.

Ливневые осадки в фазы «умеренно-тёплое лето» и «спад лета» опасны не только из-за большого количества осадков, но и из-за их интенсивности. Фазы «умеренно-тёплое лето» и «спад лета» отличаются самой высокой средней интенсивностью осадков (0,16 и 0,11 мм/мин соответственно) при наибольшей повторяемости дождей интенсивностью, равной 0,03–0,05 мм/мин (23 и 30% случаев за фазы) [296]. Только для умеренно-тёплого лета характерны дожди с интенсивностью более 0,4 мм/мин, их вероятность составляет 13,5%.

Среди ливней тёплого периода наибольшей эрозионной опасностью обладают ливни, следующие за продолжительными дождями, успевшими

хорошо промочить почву с поверхности. Нами установлено, что подобная ситуация происходит во влажные и очень влажные по режиму увлажнения летние сезоны в целом. Частота таких совпадений составила в фазу «умеренно-тёплое лето» 20% случаев за период 1967–1997 гг. В целом, в отдельные дни может выпадать почти месячная норма осадков (см. табл. 3.4). Так, в июле 2011 г. в г. Томск выпало 155–170 мм осадков, или 240–270% нормы, а основной вклад внесли два ливня: в ночь с 12 на 13 июля выпало 47 мм осадков за 12 ч (или 65% месячной нормы), а 27 июля за 1 ч 22 мин – 21 мм осадков (или 75% декадной нормы) [259]. Ливни, как и затяжные дожди, способствуют подъёму уровня воды в реках, подтоплению селитебных зон, наносят ущерб не только сельскому, но и городскому хозяйству.

Например, сильнейший ливень 27 июля 2011 г. привёл к подтоплению в Томске 286 домов, особенно в Ленинском (200 домов) и Октябрьском (56 домов) районах города. Кроме того, пострадали подъезды и кровли домов. В нескольких районах города был повреждён асфальт, смыто покрытие из щебня, подготовленное для укладки дорожного полотна, пострадали бордюры, размыта Эуштинская дамба на Томи, было затруднено передвижение по городу из-за поднявшегося уровня воды, вода подтопила дома и уничтожила урожай на приусадебных участках. Отключения электроэнергии в Томске во время ливня в основном были связаны с повреждением сети или перебоями в работе трех подстанций в южной (район Басандайки), северо-западной (микрорайон Черемошники) и западной (Тимирязевское и Дзержинское) частях города [44, 46]. Согласно Постановлению [192], этот ливень не должен был представлять опасности, но на самом деле привел к тяжёлым последствиям и миллионному ущербу.

Во всём мире в настоящее время отмечается устойчивая тенденция увеличения материальных потерь и уязвимости общества из-за усиливающегося воздействия опасных природных явлений [25, 200]. Возможность эффективной борьбы с опасными природными процессами заключается в знании не только их генезиса, но и характера развития. В связи с этим в условиях наблюдающегося изменения климата немаловажное значение приобретает мониторинг опасных явлений погоды как одна из важнейших его характеристик.

Следующие структурные единицы, эрозионным признаком которых также является режим увлажнения (прил. 2), – две последние фазы ВЧГЦ («становление осени» и «поздняя осень»). Исследованиями установлено [225], что размер весеннего стока зависит от увлажнения предшествующей осени. Сильно увлажненный осенью пахотный слой при замерзании

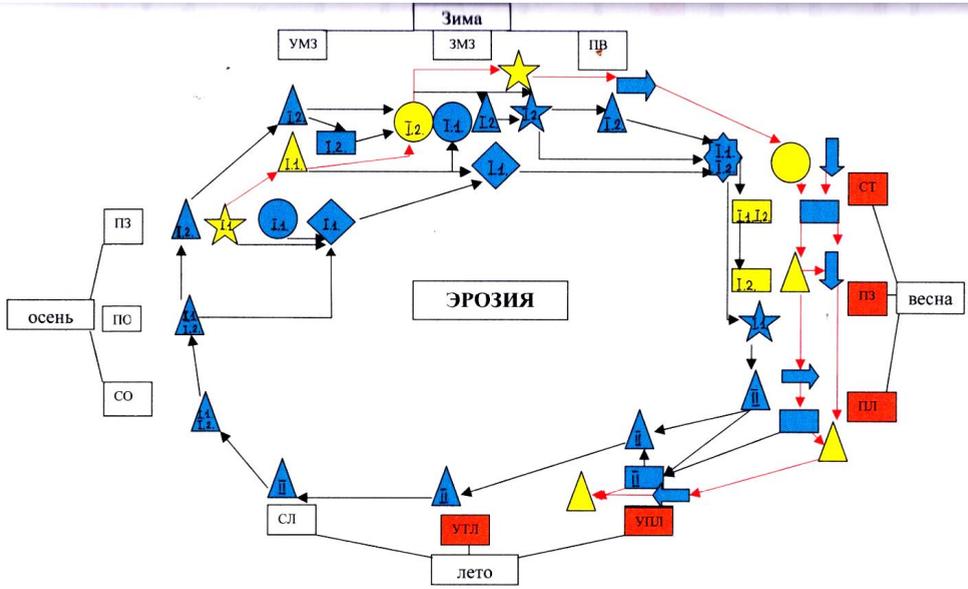
формирует внутрпочвенную ледяную прослойку, которая практически не пропускает талые воды и способствует высокому поверхностному стоку на склонах, увеличивая шансы для развития эрозии. Среднее количество осадков за фазы примерно одинаковое (35,3 и 31,8 мм соответственно), но меньшее, чем у летних фаз (см. табл. 3.4). Однако в отдельные годы выпадало за фазу «становление осени» осадков в 2,6–8 раз больше среднемноголетнего значения, а в фазу «поздняя осень» – в 1,9–3,1 раза. Учитывая тесную связь между общим количеством запасов влаги в почве с ритмикой и циклами атмосферного увлажнения, среди которых более четко выделяются 5–6- и 11–12-летние циклы [6, 41], возможно проводить мероприятия, предупреждающие эрозию. Таким образом, самой важным эрозионно опасным критерием фаз осени является количество осадков выше нормы.

§§ 3.1.3. Модель эрозионного потенциала климата

Анализ климатических условий всех структурных единиц года позволил выделить 39 эрозионно опасных показателей для водной и 16 – для ветровой эрозии (прил. 2).

Очевидно, что максимальное эрозионное воздействие возможно при наибольшем наборе этих показателей. В Томске максимальный набор признаков для водной эрозии составил 14 и пришёлся на 1995/96 г., для ветровой – шесть критериев, наблюдавшихся в 1981 г. Но важен не только набор эрозионно опасных показателей, но и их сочетание, изучение которых позволило разработать нам модель эрозионного потенциала климата (ЭПК) (рис. 3.2).

Модель ЭПК построена на основе принципов системной динамики Дж. Форрестера [316] и отражает влияние наиболее важных климатических показателей на развитие эрозии почв. В качестве уровней, на которых строится структура системы, выбраны сезоны года и их фазы. Климатические показатели являются переменными, их характеристики (изменения) – темпом, в целом создающим цепи взаимной связи. Темпы (интенсивность) переменных (больше или меньше нормы) определялись по методике, описанной выше. Знание координат точки отсчёта, характеризующих состояние системы в данный момент времени, позволяет определить состояние системы в последующие моменты. Представленная модель, в соответствии с классификацией П. Хаггета [180], является образно-знаковой идеальной моделью, аналоговой по степени абстрагирования от действительности и конструктивно-систематизирующей по функции.



Условные обозначения и сокращения к модели:

Фазы сезонов:

лето: упл – умеренно прохладное лето, утл – умеренно-теплое лето, сл – спад лета;
 осень: со – становление осени, по – поздняя осень, пз – предзимье;
 зима: умз – умеренно-морозная зима, змз – значительно-морозная зима, пв – предвесенье;
 весна: ст – снеготаяние, пз – послезимье, пл – предлетье.

ПЗ – наиболее опасные фазы по проявлению эрозии почв

Переменные:

осадки температура продолжительность снежный покров ветер промерзание почв запасы воды



Интенсивность переменных:

Blue square больше нормы **Yellow square** меньше нормы

Направление связей при развитии эрозии:

Black arrow водной **Red arrow** ветровой

Рис. 3.2. Модель эрозионного потенциала климата на основе сезонной ритмики [238]

Созданная модель допускает параллельное развитие разных видов эрозии (водной и ветровой), но они отличаются темпами переменных. Естественно, что эти сценарии не развиваются точно в виде предложенных вариантов в течение одного года. При этом сочетание эрозионно опасных климатических факторов может уменьшаться или дополняться. Эта модель подтверждает наличие мультипликативного эффекта климатического фактора в развитии эрозии в течение годового цикла.

Возможно несколько сценариев развития эрозионных процессов: от действия талых вод, от действия дождевых вод, от действия ветра [239].

I. Предпосылки возникновения *первого сценария* начинают создаваться осенью предшествующего года и развиваются по двум вариантам.

Вариант I.1. При выпадении фазы «предзимье» и резком наступлении низких температур воздуха при условии сильного увлажнения фаз «становление осени» и «поздняя осень» и отсутствии или маломощного СП происходит сильное промерзание почв. Большие «суммы холода» в фазу «значительно-морозная зима» даже при среднеснежной зиме увеличивают глубину промерзания почв. Эти условия в фазу «снеготаяние» при средних и максимальных запасах воды в снеге и короткой по продолжительности фазе создадут ситуацию большого стока воды и смыва почв по неотаившему нижнему слою. При этом наличие временных СП в фазу «последнее зимье» усилит эрозионное воздействие талых вод.

Вариант I.2. Фаза «предзимье» не выпадает, но отличается большой продолжительностью, при этом происходит активная циклоническая деятельность, сопровождающаяся быстрым накоплением снежной толщи. Если зима такого года или её центральная фаза будет отличаться высоким температурным фоном, то к фазе «предвесенье» сформируется СП максимальной высоты, плотности и запасов воды в нём. Величина стока будет большой в случае ясной солнечной погоды при короткой или нормальной по продолжительности фазе «снеготаяние».

II. Развитие *второго сценария* возможно при очень влажных и влажных фазах ВЧГЦ (от «предлетье» – до «спад лета» включительно). В случае сильного увлажнения и лета в целом создаются наиболее благоприятные условия для водной эрозии. Так, при прочих равных условиях увеличение слоя осадков в 2,2 раза приводит к повышению стока в 2,5 раза и возрастанию смыва почвы в три раза. Играет роль и продолжительность первых двух фаз ВЧГЦ – чем они длиннее, тем сильнее интенсивность эрозионных процессов.

III. Предпосылки развития эрозии от действия ветра (третий сценарий) могут возникнуть ещё в фазу «предзимье», так как маломощный СП (т.е. осадки ниже нормы) при значительных скоростях ветра приводит к обнажению почв на выпуклых склонах рельефа. Малое количество осадков в фазы «умеренно-морозная зима» и «значительно-морозная зима», тёплый термический режим зимы (безъядерная зима или зима НТР), высокие скорости ветра в фазу «предвесенье» создают ситуацию, оптимальную для развития дефляции. При термическом режиме фаз «снеготаяние» и «последнее зимье» выше нормы и длинной их продолжительности наблюда-

ются иссушение почв и снос частиц с возвышенных участков. Отсутствие или незначительное количество осадков (меньше нормы) в эти фазы усугубляет ситуацию. В длинные по продолжительности фазы «предлетье» и «умеренно-прохладное лето» отсутствие или слабое развитие растительности создаст благоприятные условия для дефляционных процессов.

Рассмотренные выше сценарии могут сменять друг друга – I.1 на II, или I.2 на II, или I.1 на III. Естественно, что эти сценарии не развиваются идеально в виде предложенных вариантов в течение одного года, а наблюдаются в разные годы. При этом сочетание эрозионно опасных климатических факторов может изменяться – уменьшаться или дополняться. Созданная модель ЭПК и проведенная оценка имеют теоретический и прикладной характер. Её можно использовать для прогнозирования развития эрозионных процессов, зная тенденции климатических изменений.

Таким образом, в ходе проведённых исследований при изучении эрозионных процессов были сформулированы следующие важные положения [239].

1. Комплексно-генетический подход к изучению климата является основой для объективного выявления особенностей и взаимосвязей между отдельными компонентами ландшафта конкретной территории, поэтому он позволил осуществить статический и динамический подходы к исследованию эрозионных процессов.

2. Структурные и климатические изменения естественных сезонов года и фаз годового цикла имеют разную тенденцию пространственно-временной динамики, что находит отражение в неравномерности развития эрозионных процессов.

3. Эрозионные процессы на территории г. Томска развиваются ежегодно, отличаясь во времени степенью интенсивности в зависимости от типа года, сезонов и фаз по аномальности их структуры, термического и ветрового режимов, а также влагообеспеченности.

4. На исследуемой территории имеются условия для развития и водной, и ветровой эрозии, проявление которых не совпадает по времени, а наблюдается чередование периодов их активизации как в течение года, так и по годам. При этом эрозионные процессы разного генезиса тесно связаны между собой – смытые почвы более подвержены дефляции, чем не смытые.

5. Почв, абсолютно устойчивых к эрозии, практически нет, а интенсивность её проявления зависит как от длительности, так и от постоянства действия разных климатических факторов. Однако эрозионный потенциал задаётся преимущественно режимом увлажнения – это фактор прямого воздействия, остальные – косвенного.

6. Дифференциация годового цикла на структурные единицы с целью потенциальной оценки возможности развития водной и ветровой эрозии позволила выявить эрозионно опасные ритмы и установить, что предпосылки для её развития создаются в течение всего годового цикла, а само развитие и проявление происходят, в основном, на протяжении пяти фаз («снеготаяние», «предлетье», «умеренно-прохладное лето», «умеренно-тёплое лето», «послезимье»). При этом развитие водной и ветровой эрозии вызывается разными сочетаниями гидротермических условий перечисленных фаз.

7. Наибольшая потенциальная опасность характерна для г. Томска и Томского районов, поэтому мероприятия по защите почв от эрозии должны быть локально-зональными с учётом сезонных ритмов природы.

К сожалению, в настоящее время в России деградация почвенного покрова от развития всех видов эрозии продолжается, приводя к снижению агропотенциала сельскохозяйственных угодий. Это проявляется ежегодной потерей питательных веществ и 10–15 т/га плодородной почвы, что способствует снижению урожайности сельскохозяйственных культур до 25–30% на слабосмытых и до 30–60% – на сильносмытых почвах. По результатам выборочного обследования [19, 83] дефляционные почвы выявлены на 21%, а в Сибирском федеральном округе – на 29,8% от общей площади обследованной пашни. Соответственно, распространение водной эрозии наблюдается на 24%, а в Сибирском федеральном округе – на 12,5%.

Эти факты свидетельствуют о сохранении актуальности исследования проблемы эрозии, как на сельскохозяйственных угодьях, так и, как отмечалось в §§§ 1.2.2.1, на урбанизированных территориях. Учитывая максимальную зависимость сельского хозяйства от погодных и климатических условий (по сравнению с другими отраслями материального производства), мониторинг эрозионной ситуации в условиях изменяющегося климата должен быть неотъемлемой частью государственной и региональной аграрной политики.

§ 3.2. Сезоны года: здоровье и отдых

Экологические проблемы современности, которые наиболее ярко выражены в крупных городах, и их значение для обеспечения жизнедеятельности и здоровья жителей определяют необходимость комплексного научного исследования факторов внешней среды, в том числе и метеорологических.

Известно, что от климата сильно зависят как условия проживания человека, влияющие на его здоровье, так и условия для отдыха и рекреации в связи с особой значимостью для живых организмов физиологической комфортности метеопараметров. Влияние климата на жизнь и любую деятельность разнообразно, и оно может быть прямым и косвенным. *Прямое* воздействие климатических условий на здоровье человека и восстановление его сил оценивается по широкому кругу показателей – эффективным, эквивалентно-эффективным и радиационно-эквивалентным температурам, классам погод, индексам изменчивости погод и т.д. [153, 250].

Косвенное воздействие климатических условий проявляется в пространственно-временной ритмичности биоты, которая зависит от климатических условий и может ограничивать возможности жизни и рекреации. При этом важным принципом изучения влияния климата на человека считается сезонный подход [250]. Мы разделяем эту точку зрения, применяя к объективной оценке климатических показателей, способствующих здоровому образу жизни и интенсивному развитию рекреации, подход с позиций сезонной ритмики.

§§ 3.2.1. Сезонно-климатические факторы заболеваемости населения Томска

Фраза А. Шопенгауэра «здоровье до того перевешивает все остальные блага жизни, что поистине здоровый нищий счастливее больного короля» [13] со всей очевидностью подчеркивает, что здоровье во все времена было и будет главной ценностью для человека.

Проблема влияния факторов природной среды, особенно погоды и климата, на здоровье людей остаётся весьма актуальной и не вызывает сомнений [249, 329]. С одной стороны, главной причиной возросшего интереса в последние десятилетия XX в. к этой проблеме считают ускорившееся изменение современного климата, воздействие которого на организм требует одновременного учёта многих климатических параметров (солнечной радиации, температуры, влажности и давления воздуха, ветра и т.д.). От них зависят глубина и частота дыхания, скорость кровообращения, снабжение кислородом клеток и тканей организма, углеводный, солевой, липидный, водный обмены, мышечный тонус, нередко психоэмоциональное состояние и др. [269].

С другой стороны, в характере проблем здоровья населения происходят заметные изменения, которые можно было предвидеть лишь отчасти, но их темпы оказались совершенно неожиданными. Так, старение

населения и последствия плохо управляемой урбанизации и глобализации способствуют как ускорению темпов распространения, так и увеличивают бремя хронических и неинфекционных заболеваний [82] во всех регионах мира, в том числе и в России.

Известно, что климатические условия оказывают существенное влияние на течение хронических болезней, повторяемость и интенсивность которых в течение года неравномерны. Общепринято считать, например, весну и осень периодами обострения заболеваний желудочно-кишечного тракта и опорно-двигательного аппарата. Поэтому целью нашего исследования было установление взаимосвязи между обращаемостью больных с обострением заболеваний и климатическими сезонами года, рассмотренными в границах естественных климатических сезонов года (в отличие от стандартной медицинской статистики), и на её основе осуществление выбора сроков профилактики хронических болезней [341].

В качестве исходного материала собраны и проанализированы климатические характеристики (среднесуточные, минимальные, максимальные температуры воздуха; осадки; влажность) за период 1967–1997 гг. по метеостанции Томск, а также выбраны данные об обращаемости больных в связи с обострением хронических и простудных заболеваний по журналам учёта вызова больных за 1992–1997 гг. [341]. В ходе анализа исходного материала выявлена структура сезонов года и их фаз; проведена типизация сезонов и фаз с использованием статистического анализа по трём характеристикам: продолжительности (нормальные, длинные, короткие), тепловому режиму (теплые, нормальные, холодные) и режиму увлажнения (влажные, нормальные, сухие); осуществлено объединение болезней в четыре группы (заболевания сердечно-сосудистой системы, инфекционные (острые респираторные вирусные инфекции, включая грипп, и бронхолёгочные заболевания), желудочно-кишечного тракта, опорно-двигательного аппарата); рассчитаны индексы обращаемости больных. Выбор заболеваний этих групп болезней обусловлен тем, что первые две группы являются самыми распространёнными и главными причинами смертности, а заболевания опорно-двигательного аппарата – ведущим фактором инвалидизации и наиболее частой причиной нетрудоспособности в России и мире.

В результате данного исследования установлено, что наблюдаются значительные колебания в обращаемости хронических больных за медицинской помощью по годам и выявлены различия сезонной динамики обращаемости выделенных групп больных в зависимости от климатических типов года. Так, установлена взаимосвязь между тёплыми по термическому режи-

му годами и увеличением обострений трёх групп заболеваний (за исключением заболеваний опорно-двигательного аппарата). Принимая во внимание, что тёплые года по термическому режиму повторяются один раз в два года, целесообразно учитывать это в профилактических целях.

Таким образом, проведение мониторинга климатических режимов естественных сезонов года городских территорий, во-первых, даёт возможность дальнейшего изучения зависимости заболеваний от структуры и типов естественных сезонов года; во-вторых, позволяет скорректировать начало мероприятий для различных групп заболеваний в целях более оптимального выбора сроков предупреждения хронических болезней; в-третьих, повышает оперативность и эффективность лечебных мероприятий, снижая ошибки принимаемых решений; в-четвёртых, позволяет оценивать среду жизнеобитания человека через состояние его физического здоровья [236].

Безусловно, при оценке комфортности климата территории района необходимо проведение комплексной биометеорологической характеристики, которая, с одной стороны, выступает в качестве оцениваемого показателя, характеризующего особенности природной среды, а с другой – как возможное предостережение для здоровья людей и принятие профилактических мер некоторых заболеваний. Профилактика заболеваний – одна из сложных задач государственной политики в области здравоохранения. Основой профилактики является обеспечение санитарно-эпидемиологического благополучия населения – состояния здоровья населения и среды обитания человека. В таком случае должно отсутствовать вредное воздействие факторов среды обитания на человека и обеспечиваются благоприятные условия его жизнедеятельности.

Особую тревогу вызывают некоторые инфекционные болезни, распространённые в нашем регионе. К сожалению, территория Томской области была и остается природным очагом клещевых инфекций с высоким эпидемическим потенциалом по сравнению с другими регионами России [336, 337]. Из всей областной заболеваемости 80–93% приходится на жителей г. Томска и Томского района, в том числе на г. Томск 69–72% [285, 337]. В связи с этим мы предприняли попытку изучения влияния сезонных ритмов климата на изменение количества иксодовых клещей через обращаемость и заболеваемость населения клещевыми инфекциями в областном центре и Томском районе Томской области. Исходным материалом для работы послужили данные об обращаемости и заболеваемости клещевым энцефалитом (КЭ) и болезнью Лайма (БЛ) – самыми распространёнными из клещевых инфекций в нашем регионе – за период 1982–2005 гг. [123, 243].

Ежегодно на пункты серопрфилактики области обращается по поводу присасывания клещей 16,5–29 тыс. человек, в том числе 11–21 тыс. – в Томске [285]. Вырос показатель заболеваемости КЭ: с 4 случаев на 100 тыс. населения в 1944 г. до 40,9 в 2003 г. (по России, соответственно, 4 и 4,4 случая). Томский район и г. Томск входят в пятерку административных единиц Томской области с наиболее высоким уровнем заболеваемости КЭ. Она составила в 2005 г., соответственно, 51,3 и 40,1 случаев на 100 тыс. населения [124]. Летальность от этой болезни колеблется в пределах 0,19–0,67% [143]. Болезнь Лайма (или клещевой боррелиоз) стала диагностироваться в области только с 1997 г., но заболеваемость быстро растёт и превышает среднероссийские показатели в 10–13 раз [285]. Кроме того, вирус КЭ носит 2–3% клещей, а зараженность их боррелией значительно выше – порядка 40–60% [114, 285]. При этом известно, что клещ может быть одновременно переносчиком и КЭ и БЛ – в 30% случаев заболевшие заражены сразу двумя этими болезнями [187].

Как все живые организмы, иксодовые клещи приурочены к тем территориям, в пределах которых имеются условия, обеспечивающие существование популяции. К абиотическим условиям относятся обеспеченность теплом и влагой, а к биотическим – наличие, численность и разнообразие животных-прокормителей. Установлено [285], что клещи просыпаются от зимней спячки при переходе среднесуточных температур через +0,3...+1 °С, что соответствует режиму фазы «послезимье» (прил. 1). Пик их деятельности приходится на период с температурами от +5 до +15 °С, что соответствует фазам «предлетье» и «умеренно-прохладное лето». Наиболее благоприятна при этом для клещей влажность воздуха 60–80%. Обследования территории показали, что в июне (разгар эпидсезона) на километр маршрута приходится 60–150 клещей, в начале сентября – 0,5 клеща [113]. Уменьшение активности клещей происходит при снижении температур воздуха до +1...+3 °С, поэтому последние случаи присасывания клещей приходятся на фазу «поздняя осень». Таким образом, эпидемиологический сезон охватывает всю ВЧГЦ.

Дополнительный анализ сведений о числе жителей, обратившихся на пункты серопрфилактики, и рядов данных о длительности эпидемиологического сезона, климатических показателях структурных единиц ВЧГЦ позволил установить значимые взаимосвязи между ними. Так, длина клещевого сезона имеет высокие значения коэффициента корреляции с продолжительностью ВЧГЦ (+0,8) и суммарной продолжительностью двух её фаз («предлетье» и «умеренно-прохладное лето») (+0,74), а также с суммами осадков за указанные отрезки времени (+0,8 и +0,7 соответ-

ственно) и почти функциональную (+0,94) между числом укушенных и продолжительностью залегания снежного покрова. Средняя связь отмечается между продолжительностью ВЧГЦ и количеством укушенных (+0,55) и заболевших (+0,42) жителей.

Также были выявлены основные тенденции многолетнего хода показателей гидротермического режима структурных единиц годового цикла за период 1937–1997 гг. Истинность сравнений проверялась с помощью критериев значимости, которые оказались во всех случаях $P < 0,05$, что признаёт сравнения достоверными. К наиболее значимым для распространения клещевой инфекции можно отнести и временные характеристики, в частности смещение дат начала ВЧГЦ и фазы «послезимье» на более ранние сроки, а дат их окончания – на поздние (см. табл. 2.16, 2.42), что приводит к увеличению эпидемиологического периода и, естественно, имеет негативное значение для рекреационной деятельности. Как показал анализ, продолжительность периода активности клещей в рассмотренном ряду лет существенно менялась (от 140 дней в 1982 г. до 191 в 2001 г.). При этом самое раннее присасывание клеща было зафиксировано 11 марта 2003 г., а позднее – 1 мая 1983 г. Также выяснилось, что инфицированные клещи стали лучше переносить зимы из-за тенденции к их заметному потеплению, проявлять большую активность и чаще нападать на своих жертв [114].

Общая картина по месту заражения следующая: большинство больных заражается на отдыхе и дачных участках (33,0 и 28,9% соответственно), при сборе даров природы, на рыбалке и при заготовке леса (15,1%), по месту жительства (9,2%), на кладбище (1,8%) и пр. Таким образом, около 65–70% из числа обратившихся на пункты серопрфилактики подцепили клеща в городе [124, 143, 336], поэтому появился термин «городской энцефалит». Прокормителями клещей на территории Томской области являются 37 видов птиц и 24 вида мелких млекопитающих, в том числе полевая и домовая мышь, а также серая крыса. В последние годы наблюдается постепенное увеличение их числа – основных прокормителей иксодовых клещей (в природе цикличность роста популяции – 3–4 года). Особенно это касается крыс – синантропных животных, обитающих на городских свалках!

Обеспокоенность вызывает новый факт: в 2018 г. был обнаружен новый гибридный вид, получившийся в результате скрещивания таёжного клеща и клеща Павловского и способный стать источниками появления новых штаммов клещевых инфекций. По мнению учёных [47], гибридизация животных чаще всего происходит в ситуации, когда в природе встречаются два вида, сильно различающихся по численности. Тот, кто присут-

ствуется в меньшинстве, старается поддержать свою популяцию за счёт представителей родственного вида. К трансформации характеристик возбудителя может приводить и появление новых животных-прокормителей, на которых паразитирует клещ. Есть предположение, что ими могут быть летучие мыши, которые входят в состав городских териокомплексов, нередко контактируют с человеком и другими животными, а особенности их экологии предполагают занос возбудителей, ранее в городе не отмеченных.

Таким образом, существенным фактором, подрывающим здоровье и лимитирующим рекреационную деятельность в Томске и его окрестностях, по-прежнему остаётся высокая опасность клещевых инфекций. На протяжении последних лет уровень заболеваемости в регионе по КЭ вырос в 8–18 раз, а по БЛ – в 9–35 раз [243]. Несмотря на снижение заболеваемости клещевыми инфекциями в 2010–2018 гг. [337], эпидемическая ситуация среди населения Томска остается напряжённой.

Снизить риск получения клещевых инфекций можно на основе учёта природных факторов, влияющих на количество популяции клещей, в частности климатических условий с позиций сезонной ритмики. Использование при этом данных о тенденциях климатических изменений естественных сезонов и фаз года позволит выработать стратегию развития профилактики заболеваемости и организованной рекреационной деятельности, а также разработать мероприятия по созданию рекреационных зон в изучаемом районе.

§§ 3.2.2. Сезонные ритмы как фактор организации рекреационной деятельности

Рекреация и туризм в последние годы получили в России новый импульс для развития. Этому способствовали две причины. Первая из них связана с реализацией экономической политики, проявляющейся в возможности расширения экономической специализации субъектов РФ и увеличении доходов в региональный бюджет. Вторая причина обусловлена продвижением среди населения здорового образа жизни, который является инструментом реализации государственной политики в сфере охраны здоровья, совпавшей с личностно-индивидуальными предпочтениями граждан, заботящихся о своём здоровье.

В 2017 г. утверждён паспорт приоритетного проекта «Формирование здорового образа жизни» на период 2017–2025 гг., ключевой целью которого является увеличение доли граждан, приверженных здоровому образу жизни, до 50% к 2020 г. и до 60% – к 2025 г. [302]. К факторам,

определяющим здоровый образ жизни, относят следующие: режим труда и отдыха, рациональное питание, здоровый сон, активная мышечная деятельность, закаливание организма, профилактика вредных привычек, знание требований санитарии и гигиены, учёт экологии окружающей среды, культура межличностного общения, сексуального поведения, психофизическая регуляция [22, 33].

Деятельность человека, связанная с организацией отдыха, досуга в выходные дни, туризма и здравоохранения, немыслима без анализа климатических условий и оценки окружающей среды, поскольку именно они определяют пространственную организацию, временные ограничения и специфику отдыха [51, 126].

Отдых (рекреация) – это любая деятельность, направленная на восстановление сил человека, которая может осуществляться как на территории его постоянного проживания, так и за её пределами [65]. В отдыхе нуждаются люди всех возрастов, профессиональных, этнических и социальных когорт. Мы подразумеваем под полезной рекреацией отдых на открытом воздухе, причём физически активный. Только в таком случае отдых будет верным и эффективным путём к высокой работоспособности, творческой активности, физическому совершенству и долголетию. В противном случае, по утверждению специалистов Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), малоподвижный образ жизни и низкая физическая активность – самые распространенные факторы плохого состояния здоровья, приводящего к смерти. В 2002 г. они стали причиной 1,9 млн смертей в мире, а в 2012 г. – 3,2 млн. Так, ВОЗ обеспокоена недостатком физической активности современного человека. По рекомендации её экспертов, нормой для взрослых считается уровень физической активности не меньше 150 мин умеренной или 75 мин интенсивной аэробной нагрузки в неделю или же их эквивалентного сочетания [343].

По назначению рекреационная деятельность может выполнять восстановительные функции (рекреационно-лечебные и рекреационно-оздоровительные занятия) и функции развития (рекреационно-спортивные и рекреационно-познавательные занятия) [290]. Обобщение материалов о сезонных ритмах для рекреационных целей позволило сделать вывод, что во все сезоны года можно проводить рекреационно-лечебные и рекреационно-оздоровительные занятия.

В Сибири, где более продолжительным является холодный период года, большой интерес представляют зимние виды спорта и развлечений, которые возможны при наличии отрицательных температур воздуха, снежного покрова и льда. Город Томск – один из студенческих городов

страны. В его возрастной структуре населения высока доля молодёжи, среди которой растёт популярность как традиционных зимних развлечений (бег на лыжах и коньках, фигурное катание, тюбинг), так и достаточно экстремальных видов (буерный спорт, виндсерфинг и спидвей на льду, скиджоринг, сноукайтинг и др.). В связи с этим актуальным является исследование динамики временных и температурных условий зимнего сезона года при тенденции глобального изменения климата с целью обоснования перспектив развития зимней рекреации [314].

Естественно, что смещение дат начала зимнего сезона на более поздние сроки (см. табл. 2.3), а его конца на более ранние сокращает продолжительность зимней рекреации (см. рис. 2.7). Выбор видов зимней рекреационной деятельности зависит, в первую очередь, от температурных условий сезонов и фаз. Например, в течение фазы «умеренно-морозная зима» преобладают погоды морозной группы, но не исключаются и оттепели [127, 257]. В эту фазу, как и в другие фазы зимы, возможны следующие рекреационные развлечения: катание на лыжах, санках, коньках, лошадях, лыжный туризм, пешеходные прогулки, экскурсии, охота, подледная рыбалка. А фаза «значительно-морозная зима» является наименее благоприятной для занятия лыжными видами спорта, так как лучшими для них признаны погодные условия без оттепелей, но не очень суровые со среднесуточной температурой воздуха $-5...-15$ °C [71]. Такие температурные условия наблюдаются на исследуемой территории в первую («умеренно-морозная зима») и последнюю («предвесенье») фазы зимы.

В ходе нашего исследования установлено, что зимний сезон может различаться по структуре (§§§ 2.3.1.3), в соответствии с этим меняются и временные характеристики, и гидротермические показатели. В рассмотренный нами 80-летний период преобладали трёхфазные зимы (см. табл. 2.13), но для рекреации наиболее благоприятны безъядерные зимы и зимы с неустойчивым термическим режимом из-за меньших «сумм холода» (более высоких температур воздуха) и бóльшей снежности. Данные типы зим во втором и третьем периодах стали повторяться чаще (см. рис. 2.11). Это позволяет считать, что с 1970-х гг. в подтайге Западно-Сибирской равнины (по метеостанции Томск) условия для зимней рекреации в целом становятся более комфортными [314].

ВЧГЦ совпадает по продолжительности с так называемым общерекреационным туристским сезоном [269]. В вегетационную часть годового цикла увеличиваются выбор и продолжительность занятий на свежем воздухе, особенно в летнее время.

Летний сезон на исследуемой территории длится в среднем 126 дней (см. табл. 2.23), т.е. 34,5% годового цикла. Летом в Томске наибольшую по-

вторяемость имеет малооблачная погода с большой продолжительностью солнечного сияния. При такой погоде наблюдается правильный суточный ход всех метеорологических величин, что благоприятно сказывается на здоровье и самочувствии людей. В летний сезон преобладающими должны быть мероприятия на открытом воздухе – принятие солнечных и воздушных ванн, пешие прогулки и экскурсии, купание. Различные типы структуры летнего сезона года могут быть менее или более благоприятными для проведения рекреационных мероприятий.

Например, благоприятным к пляжно-купальному отдыху был летний сезон 1984 г., который состоял из одной фазы – «умеренно-тёплое лето», по термическому режиму был теплее обычного, хотя по продолжительности – коротким из-за позднего начала и раннего конца. Центральная фаза лета – «умеренно-тёплое лето» – является основной фазой летнего сезона и характеризуется наиболее устойчивыми и высоким температурами как воздуха, так и воды, а также наибольшими полуденными значениями суммарной ультрафиолетовой радиации. Именно в это время создаются оптимальные условия для купания, которыми считаются дни с температурой воды выше 17 °С, а воздуха – выше 20 °С [71]. Это время считается благоприятным для катания на водных лыжах, занятий парусным спортом, для теплоходных экскурсий и прогулок на лодках.

Хотя устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +20 °С на исследуемой территории не наблюдается, тем не менее, таких дней насчитывается до 30. К числу ограничивающих факторов для отдыха следует отнести опасность теплового перегрева, большое количество гнуса и клещей. В фазу «спад лета» занимаются сбором грибов, шишек, актуальными остаются пешие прогулки на природе или конные, различные спортивные виды деятельности, а также познавательные путешествия и походы. Отрадно, что заметное увеличение летнего сезона в целом (см. табл. 2.23) удлиняет время летней рекреации.

В переходные сезоны (весна и осень) погода очень неустойчива, что необходимо учитывать при планировании оздоровительных и общеукрепляющих мероприятий на открытом воздухе. В эти сезоны года наблюдается чередование полей атмосферного давления и погод зимнего и летнего типов, поэтому для них возможны как зимние виды рекреации, так и летние. Преобладание тех или иных, в свою очередь, будет зависеть от погодных условий конкретной структурной единицы сезона и особенностей циркуляции в рассматриваемом году. При выпадении фаз весны она становится, либо продолжением зимнего сезона из-за низких температур, в таком случае есть возможность продлить зимние виды отдыха, либо, в

связи с ранним наступлением положительных температур, позволяет начать занятия летней рекреацией в более ранний период.

Например, в весеннюю фазу «снеготаяние» прекращаются устойчивые морозы, но снежный покров еще не разрушен, поэтому характерны зимние виды отдыха – лыжный спорт, зимние лечебно-оздоровительные занятия. Для пеших прогулок наиболее подходит фаза «последзимье», в начале которой среднесуточные температуры воздуха переходят через +3 °С, т.е. днем уже достаточно тепло и часто бывают солнечные дни, что особенно важно для жителей умеренного пояса после зимнего «ультрафиолетового голодания». А в последнюю фазу весны («предлетье») и первую фазу осени преобладающими являются летние виды рекреации, так как среднесуточная температура воздуха изменяется от +5 до +10 °С, а дневная температура нередко повышается до 15 °С и более.

Осенний сезон, как и весенний, или дает возможность продлить летнюю рекреацию, или из-за низких температур и большого количества осадков становится преддверием зимнего сезона. При условии сухой, тёплой и солнечной погоды в эти фазы можно осуществлять большой перечень видов рекреационной деятельности. Фаза «поздняя осень» больше всего подходит для пеших прогулок, так как температура воздуха еще положительная и нередко бывают солнечные дни. А в «предзимье» становятся возможными занятия уже зимними видами рекреации [309, 339].

Здоровье – это состояние полного физического, духовного и социального благополучия, а не только отсутствие болезни и физических дефектов [300]. Эксперты ВОЗ считают, что связь между физической активностью и психологическим благополучием человека, например, зависит даже не от уровня физической активности, а от ощущений человека в процессе активности и после неё. А значит, физическую активность нужно преподносить как увлекательную и интересную деятельность. Ими придуман новый тезис для людей, у которых просто нет времени на «обязательную норму» 150 мин в неделю: даже немного физической активности лучше, чем ничего. А главная идея, которая должна быть привлекательна для всех, состоит в том, что физическая активность делает жизнь полноценной [169].

Таким образом, здоровый образ жизни является наиболее эффективным средством и методом обеспечения здоровья, первичной профилактики болезней и удовлетворения жизненно важной потребности в здоровье. При этом в значительной степени многие виды рекреации и схемы лечения связаны с климатическими условиями конкретного региона, зависят от особенностей соответствующего времени года и согласуются с естественным, а не календарным, климатическим ритмом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Множество достойных упоминания авторитетов были убеждены, что по мере течения времени погода и климат меняются.

Луций Колумелла, I в. н. э.

Проблема глобального изменения климата, влияющая на развитие природных и антропогенных геосистем, стоит в ряду наиболее важных фундаментальных научных и экологических задач текущего столетия, имеющих экономическое значение. Подтверждением сказанному служит повестка Всемирного экономического форума в Давосе в 2020 г., на которой впервые в истории все пять обсуждаемых долгосрочных рисков были экологические – экстремальные погодные условия, неспособность компаний адаптироваться к изменениям климата, антропогенный ущерб окружающей среде, утрата биоразнообразия и различные стихийные бедствия [176]. По оценкам Всемирного экономического форума, половина мирового валового внутреннего продукта (44 трлн долл.) зависит от стабильности экосистем Земли. Это так много, что вся современная экономическая система уже под угрозой [154].

На территории России из-за значительных природно-обусловленных различий климата его изменения имеют значительные пространственные отличия, в связи с этим изучение региональных особенностей происходящих процессов становится все более актуальным. В полной мере это относится и к урболандшафтам.

Городская территория представляет особую географическую систему, характеризующуюся своеобразием географического положения, экзогенных и эндогенных процессов, почв, растительного и животного мира, вод и природно-ресурсного потенциала, отвечающую потребностям жителей (биологическим, трудовым, экономическим, социальным). Природные особенности оказывают влияние на планировочные решения застройки, формирование благоприятных местных климатических условий, эстетически выразительной городской среды и определяют комплекс новых свойств городской территории, созданных в процессе градостроительства [163]. Для гармоничного развития крупного города, полноценной реализации программ территориального роста и внутренней оптимизации го-

родской среды необходимо учитывать влияние всех групп факторов, изменяющих ландшафтно-экологическую ситуацию, в том числе климата.

В данной работе были рассмотрены природные особенности г. Томска, проанализированы современные представления об изменении климата, изучена многолетняя динамика климатических режимов естественных (а некалендарных) сезонов года, установлены тенденции их развития. Кроме этого, показан прикладной аспект изучения сезонных ритмов на примере исследования их влияния на развитие эрозии почв (эколого-экономический аспект) и организацию рекреационной деятельности (социальный аспект).

Томск расположен в чувствительной к изменениям климата пограничной зоне подтайги между двумя ландшафтными провинциями (таежной и лесостепной), и результаты последнего (потепления климата) здесь прослеживаются в увеличении видового разнообразия биоты, в активизации опасных экзогенных процессов и метеорологических явлений, в большей комфортности зимних условий и многом другом.

Сделать вывод об изменении климата в подтайге юго-восточной части ЗСР после 1970 г. в сторону потепления нам уже позволил сравнительный анализ среднегодовых, среднемесячных и среднесуточных температур приземного слоя воздуха на ст. Томск, рассчитанных в границах трех периодов, выделенных внутри 80-летнего ряда (с 1936 по 2015 г.). Он показал, что, хотя и с разной интенсивностью, но отмечается рост значений всех показателей термического режима (особенно во второй временной отрезок – с 1971 по 2006 г.). Причем повышение температур характерно в течение всего года, но наиболее значительным оно оказалось в ноябре, декабре, марте и августе. Следует отметить, что если во второй период, в сравнении с первым, процесс потепления происходил в основном за счет холодного времени года, то в третий, в сравнении со вторым, стал увеличиваться вклад температур тёплого периода на фоне глобальных перемен климата.

О происходящем потеплении климата в Томске говорят также и результаты сопоставления среднегодовых значений среднесуточных температур, рассчитанных за каждое десятилетие ещё более длительного отрезка времени (с 1880 по 2019 г.). Сопоставление показало, что размах колебания полученных значений составил $2,68\text{ }^{\circ}\text{C}$ (от $-1,17\text{ }^{\circ}\text{C}$ первого десятилетия до $+1,51\text{ }^{\circ}\text{C}$ последнего) и что с 1971 г. отмечается более быстрый рост средних за десятилетия температур, а с 1981 г. их значения становятся положительными.

Происходящие региональные изменения температурных условий оказали влияние на естественный сезонный ход природных условий в Томске.

При анализе многолетних изменений климатических характеристик естественных сезонных ритмов, по данным метеостанции Томск, рассчитанных за три периода (1936–1970 гг., 1971–2006 гг., 2001–2015 гг.), были выявлены их временная динамика и тенденции развития.

Наиболее значимыми являются следующие изменения:

- сместились даты начала зимы и осени на более поздние сроки, а даты конца зимы, весны (и её крайних двух фаз) и лета – на более ранние;
- сократилась (на 9,5%) продолжительность зимы и еще более (на 15%) её центральной фазы (холодного ядра) по сравнению с периодом 1936–1970 гг.;
- осталась основным сезоном годового цикла зима, хотя её продолжительность уменьшилась за 80 лет со 144 до 130 дней;
- увеличилась продолжительность лета (с 114 до 126 дней), как и его центральной фазы (с 62 до 81 дней);
- практически не изменилась продолжительность переходных сезонов, несмотря на заметные смещения дат их начала и конца, при этом внутри осеннего сезона в два раза увеличилась продолжительность центральной фазы при сокращении последней, в весеннем сезоне соотношение длительности фаз осталось прежним;
- увеличилась на 17 дней продолжительность вегетационной части годового цикла (ВЧГЦ), в результате ее доля в структуре годового цикла от первого к третьему периоду выросла на 4,7% (с 48,5 до 53,2%), а холодно-снежной (ХСЧГЦ) пропорционально уменьшилась;
- не является с 1970-х гг. в Томске доминирующей по продолжительности ХСЧГЦ, так как её продолжительность в настоящее время составляет 171 день, тогда как вегетационной части – 194 дня.

Динамика временных характеристик сопровождалась изменениями гидротермического режима структурных единиц годового цикла. Наиболее значимые изменения следующие:

- суммы накопленных отрицательных температур за зиму и ХСЧГЦ уменьшились примерно на 30–33%, а средние суточные температуры повысились, соответственно, на 2,8 и 1,8 °С (в значительной степени за счет центральной фазы зимы);
- суммы накопленных положительных температур за лето увеличились, одновременно повысилась на 2,8 °С средняя суточная температура за сезон (в основном за счет повышения температуры центральной фазы сезона);
- суммы положительных температур за ВЧГЦ увеличились незначительно (на 166,2 °С), как и уровень среднесуточных температур (на 0,2 °С) за эту часть года;

– удельный вес нормальных по температурному режиму весенних и осенних сезонов уменьшается с начала 1970-х гг., при этом холодные вёсны стали отмечаться чаще, чем тёплые (из-за смещения дат начала весеннего сезона в сторону более ранних сроков и дат конца у осени – на более поздние);

– суммы накопленных температур за осень уменьшились, как и уровень средних суточных температур (на 2,0 °С), особенно за счёт последней фазы; чаще всего холодный тип осени наблюдается в годы с большой продолжительностью сезона за счёт поздних сроков его окончания;

– количество осадков весной увеличилось на 45%, особенно в фазу «снеготаяние» (более чем в два раза); от которой в значительной степени зависят условия формирования весеннего половодья, особенности развития русловых и поверхностных эрозионных процессов;

– среднесезонная сумма осадков за осень выросла как в целом за сезон (на 25%), так и в каждую его структурную единицу, особенно в фазу «предзимье» (на 42%);

– суммы осадков за зимний сезон также увеличиваются, и их рост стал отмечаться уже с конца 1950-х гг.;

– сумма осадков в целом за летний сезон практически не изменилась, но внутри сезона они увеличились в его центральную фазу и уменьшились в первую;

– количество осадков за ХСЧГЦ увеличилось более существенно (на 36%), чем за ВЧГЦ (на 4%), и доля осадков за холодный период в годовой сумме выросла от 31,5% первого периода до 39% второго;

– выраженная тенденция смещения начала зимы (начала устойчивых морозов и устойчивого формирования снежного покрова) на более поздние сроки во втором периоде свидетельствует о стабильном повышении температуры воздуха в ноябре, что подтверждается также полученными нами выводами при изучении динамики среднемесячных значений температуры воздуха.

Проведенный нами анализ показал, что в целом в структуре годового цикла преобладают нормальные по гидротермическому режиму фазы, сезоны, но не каждый год сезоны имеет полный набор структурных единиц (фаз). Иногда фазы выпадают, т.е. изменение температур происходит резко, а не плавно. В такие сезоны, когда нарушается их зональная структура, появляются аномальные и экстремально аномальные погодные отклонения (очень холодные, очень сухие и т.д.). Как правило, они негативно сказываются на ходе природных процессов, например геоморфологических (эрозия, дефляция и др.), а также социальных (рекреация, обострение заболеваний и т.д.).

Следует отметить, что накопленный нами банк данных о ежегодной структуре сезонов года и их климатических показателях (временных и гидротермических характеристиках) за период с 1936 по 2015 г. позволил рассмотреть варианты типов структуры, разработать для каждого из них модели климатических режимов, установить их повторяемость и временную динамику.

В результате было установлено, что естественные сезоны года в зависимости от типа структуры могут существенно отличаться по временным характеристикам, гидротермическому режиму и, в целом, погодным условиям. Тем не менее следует сказать, что при всем многообразии типов структуры сезонов года, наибольшую повторяемость имеют трёхфазные типы. Динамические изменения в повторяемости установленных типов структуры в каждом сезоне имеют свои особенности, что детально было показано выше. В данном случае лишь подчеркнем тенденцию зимнего сезона, зримо говорящую о его потеплении. Это увеличение в сравниваемые периоды повторяемости (с 19 до 34%) так называемых мягких зим – безъядерных и зим с неустойчивым термическим режимом. Указанные типы зим по термическому режиму чаще всего бывают либо близки к среднему многолетнему уровню, либо его выше (примерно на 3–4 °С), отражая своими величинами тенденцию к уменьшению суровости холодного сезона. Это позволят уверенно говорить о том, что с 1970-х гг. на юго-востоке Западно-Сибирской равнины наблюдается потепление климата. На данном этапе он стал менее континентальным и более комфортным для жизнедеятельности.

Проведенное исследование свидетельствует о том, что материалы о естественной сезонной ритмике климата углубляют знания об условиях функционирования урболандшафтов и дают возможность более объективно составить представления о важнейших тенденциях развития естественных процессов. Это важно не только с теоретической точки зрения, но и с практической, так как позволяет адаптировать отдельные отрасли экономики и жизнь человека к изменяющимся природным условиям.

CONCLUSIONS

When analyzing long-term changes of natural seasonal rhythms characteristics according to the data calculated in three periods (1936-1970, 1971-2006, 2001-2015), their temporal dynamics and development trends were revealed. The most significant are the following changes:

- the dates of the beginning of winter and autumn have shifted to a later date (and its two extreme phases), and the dates of the end of winter, spring (and its two extreme phases) and summer - to earlier;

- the duration of winter has decreased (by 9,5%) and its central phase - even more (by 15%) in comparison with the period 1936-1970;

- winter remained the main season of the annual cycle, although its duration decreased over 80 years from 144 to 130 days;

- the duration of summer has increased (from 114 to 126 days), as well as its central phase (from 62 to 81 days);

- the duration of the transitional seasons remained practically unchanged, however, within the autumn season, the duration of the central phase doubled while the latter decreased, in the spring season the ratio of the duration of the phases remained the same;

- the duration of the vegetative part of the annual cycle increased by 17 days, as a result, its share in the structure of the annual cycle from the first to the third period increased by 4.7% (from 48.5 to 53.2%), and the cold-snow part decreased proportionally;

- the cold-snow part is no longer the dominant part of the annual cycle in Tomsk since the 1970s, because its duration is currently 171 days, while the vegetative part is 194 days.

The dynamics of temporal characteristics was accompanied by changes in the hydrothermal regime of the structural units of the annual cycle:

- the sums of accumulated negative temperatures over the winter and cold-snow part decreased by about 30-33%, and the average daily temperatures increased by 2,8 and 1,8 °C, respectively (largely due to the central phase of winter);

- the sum of accumulated positive temperatures over the summer increased, (mainly due to an increase in the temperature of the central phase of the season);

- the sum of positive temperatures during the vegetative part increased insignificantly (by 166.2 °C), as well as the level of average daily temperatures (by 0,2 °C) for this part of the year;

- the proportion of normal in terms of temperature spring and autumn seasons has been decreasing since the beginning of the 1970s, while cold springs began to be observed more often than warm ones;
- the sums of accumulated temperatures for autumn decreased, as did the level of average daily temperatures (by 2.0 °C), especially due to the last phase;
- the amount of precipitation in spring increased by 45%, especially during the snowmelt phase (more than doubled), which affects the conditions for the formation of spring floods, features of the development of channel and surface erosion processes;
- the average long-term amount of precipitation for the fall increased, both in general for the season (by 25%), and in each of its structural units, especially in the pre-winter phase (by 42%);
- the amount of precipitation during the winter season has been also increasing since the late 1950s;
- the amount of precipitation for the summer season practically did not change, but within the season they increased in its central phase and decreased in the first one;
- the amount of precipitation for the cold-snow part annual cycle increased more significantly (by 36%) than for the vegetative part (by 4%), and the share of precipitation during the cold period in the annual amount increased from 31.5% of the first period to 39% of the second;
- a shift of the beginning of winter to a later date in the second period indicates a stable increase in air temperature in November.

As a result of the study, it was found that the natural seasons of the year, depending on the type of structure, can differ significantly in terms of time characteristics, hydrothermal regime and, in general, weather conditions.

Three-phase types of seasons have the highest frequency of occurrence, while normal phases and seasons prevail in the hydrothermal regime, but not every year of the seasons has a complete set of structural units (phases). Sometimes the phases drop out, i.e. the temperature change occurs sharply, not smoothly. In such seasons, when their zonal structure is disturbed, abnormal and extremely abnormal weather deviations appear.

Usually they negatively affect the course of natural processes, for example, geomorphological (erosion, deflation, etc.), as well as social (recreation, exacerbation of diseases, etc.).

We can confidently say that since the 1970s, climate warming has been observed in the southeast of the West Siberian Plain, and at this stage it has become less continental and more comfortable for life.

The study suggests that materials on the natural seasonal rhythm of the climate deepen knowledge about the conditions of functioning of urban landscapes and make it possible to more objectively form an idea of the most important trends in the development of natural processes. This is important, not only from a theoretical point of view, but also from a practical point of view, since allows you to adapt individual sectors of the economy and human life to changing natural conditions.

ЛИТЕРАТУРА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. 2019 год завершает десятилетие исключительной глобальной жары и погодных явлений со значительными воздействиями и последствиями // ВМО. URL: <https://public.wmo.int/ru/media/%D0%BF%D1%> (дата публикации: 03.12.2019).
2. 21-я климатическая конференция ООН в Париже // Росгидромет. URL: <http://www.meteorf.ru/activity/international/rkik/> (дата обращения: 06.06.2016).
3. 44 часа в полете: птицы возвращаются в Томск после зимовки // Городской портал Томск.Ру. URL: <https://www.tomsk.ru/news/view/141733> (дата публикации: 05.04.2019).
4. Аврунев, Е.И. Исследование факторов стоимости земель урбанизированных территорий / Е.И. Аврунев, М.В. Козина, В.К. Попов // Вестник СГУГиТ. 2018. Т. 23, № 2. С. 130–142.
5. Агафонова, С.А. Река Томь: морфология русла и заторы льда (в пределах Томской области) / С.А. Агафонова, К.М. Беркович, С.Н. Рулёва, В.В. Сурков, Н.Л. Фролова // Двадцать седьмое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов (г. Ижевск, 8–12 октября 2012 г.) : доклады и краткие сообщения. Ижевск : Удмурт. ун-т, 2012. С. 4–12.
6. Азьмука, Т.И. Климат почв Среднего Приобья / Т.И. Азьмука. Новосибирск : Наука, 1986. 115 с.
7. Алтынов, А.Е. Представление пространственных данных о лесном фонде в геоинформационной модели региональной природно-хозяйственной системы / А.Е. Алтынов, С.С. Карпухин, А.Н. Черненко // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве : докл. V Всерос. конф., посвящ. пам. выдающихся ученых-лесоводов В.И. Сухих и Г.Н. Коровина (Москва, 22–24 апреля 2013 г.). М. : ЦЭПЛ РАН, 2013. С. 10–13.
8. Алексеев, А. Некоторые не любят погорячее / А. Алексеев // Коммерсант. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4120055> (дата публикации 13.10.2019).
9. Анисимова, О.А. Анализ изменений температуры воздуха на территории России и эмпирический прогноз на первую четверть XXI века / О.А. Анисимова, В.А. Лобанов, С.А. Ренева // Метеорология и гидрология. 2007. № 10. С. 20–29.
10. Антарктическое лето за 60 лет стало длиннее почти в два раза – ученые // Информационное агентство РИА. URL: <https://ria.ru/20130329/930013315.html>. (дата публикации: 29.03.2013).

11. Аристархова, Л.Б. Эоловые процессы и морфолитогенез / Л.Б. Аристархова // Динамическая геоморфология. М. : Изд-во МГУ, 1992. С. 323–334.
12. Арктический лёд у берегов России тает быстрее, чем в районе Аляски // Научно-популярный портал «XXII век. Открытия, ожидания, угрозы». URL: <https://22century.ru/global-threats/76885> (дата публикации: 29.04.2019).
13. Артур Шопенгауэр. Цитаты // Портал «Мир цитаты». URL: <http://www.mircitaty.com/schopenhauer.html>.
14. Бабкина, И.Б. Ихтиофауна бассейна нижней Томи: динамика и современное состояние : автореф. дис. ... канд. биол. наук / И.Б. Бабкина. Томск, 2015. 24 с.
15. Байдал, М.Х. Календарные особенности климата Алма-Ата / М.Х. Байдал. Алма-Ата : Казахстан, 1976. 36 с.
16. Бакшеева, Е.Н. Вековая изменчивость климата Барабинского округа в пределах Новосибирской области / Е.Н. Бакшеева // Теоретические и прикладные вопросы современной географии : материалы Всерос. молодежной школы-семинара 27–28 апреля 2005 г. ; под ред. Н.С. Евсеевой, Н.В. Осинцевой, З.Н. Квасниковой. Томск : Дельтаплан, 2005. С. 112–114.
17. Барашкова, Н.К. Переход температуры воздуха через 0 и 5 °С на юге Западной Сибири: режим, статистические характеристики и сопутствующие циркуляционные условия / Н.К. Барашкова, И.В. Кужевская, О.В. Носырева // Вестник Томского государственного университета. 2009. № 325. С. 191–195.
18. Барашкова, Н.К. Оценка современной климатической составляющей хозяйственного комплекса Томской области в холодный период года / Н.К. Барашкова, М.А. Волкова, И.В. Кужевская // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 351. С. 163–198.
19. Барышников, Г.Я. Формирование агросистем юга Западно-Сибирской равнины / Г.Я. Барышников, О.Н. Барышникова, О.Ю. Воронкова. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2018. 160 с.
20. Барышникова, О.Н. Разнообразие структуры сезонов годового цикла как фактор функционирования таежных ландшафтов / О.Н. Барышникова, Р.С. Неприятель // География и природопользование Сибири. 2013. № 16. С. 13–22.
21. Барышникова, О.Н. Многолетние изменения структуры климатических сезонов годового цикла по данным метеостанций Северной Евразии / О.Н. Барышникова, Л.Н. Окишева, Р.С. Неприятель, А.Г. Зяблицкая // Известия Алтайского государственного университета. 2014. № 3. С. 139–144.
22. Белова, О. Восемь простых правил здорового образа жизни / О. Белова // Интернет-портал «Кубанские новости». URL: <https://kubnews.ru/obshchestvo/2019/11/26/vosem-prostykh-pravil-zdorovogo-obraza-zhizni/> (дата публикации: 26.11.2019).

23. Беннет, Х.Х. Основы охраны почв : пер. с англ. / Х.Х. Беннет. М. : Иностран. лит., 1958. 412 с.
24. Беркович, К.М. Ледовый и русловой режим нижнего течения реки Томи / К.М. Беркович, Д.А. Вершинин, В.А. Земцов, С.Н. Рулева, В.В. Сурков, Н.Л. Фролова // Эрозионные и русловые процессы : сб. тр. / под ред. Р.С.Чалова. М. : Географ. фак-т МГУ, 2015. Вып. 6. С. 183–198.
25. Богомолова, Т.С. Социально-экономические риски от опасных гидрометеорологических явлений / Т.С. Богомолова, Т.В. Ромашова // Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Географические исследования Евразии: история и современность», посвященной 160-летию экспедиции П.П. Семенова на Тянь-Шань в рамках XII Большого географического фестиваля (СПбГУ, г. Санкт-Петербург, 8–10 апреля 2016 г.). М. : Перо, 2016. С. 734–737.
26. Бойко, В.П. Архитектура городов Томской губернии и сибирское купечество (XVII – начало XX века): Томск, Бийск, Барнаул, Кузнецк, Кольвань, Камень-на-Оби, Нарым, Мариинск, Новониколаевск / В.П. Бойко, Е.В. Ситникова, Н.В. Шагов [и др.]. ; под ред. В.П. Бойко. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2011. 479 с.
27. Большаков, С.О. О количественной характеристике порывистости ветра / С.О. Большаков // Метеорология и климатология. 1957. № 5. С. 6–68.
28. Будыко, М.И. Влияние человека на климат / М.И. Будыко. Л. : Гидрометеоиздат, 1972. 47 с.
29. Будыко, М.И. Климат в прошлом и будущем / М.И. Будыко. Л. : Гидрометеоиздат, 1980. 352 с.
30. Буторина, Т.Н. Естественные зоны года в Сибири / Т.Н. Буторина // Календари природы Сибири. Л., 1975. С. 7–28.
31. Бюллетень ВМО. Женева : Всемирная метеорологическая организация, 2016. Т. 65 (1). 64 с.
32. Бюллетень мониторинга изменений климата Земного шара. Приземная температура – 2015. Годовой обзор. М. : ИГКЭ Росгидромета и РАН, 2015. 30 с.
33. Вайнер, Э.Н. Валеология : учеб. для вузов / Э.Н. Вайнер. М. : Флинта: Наука, 2011. 448 с. URL: <http://znanium.com/catalog/product/495887>
34. В Гидрометцентре рассказали о шести временах года. URL: <https://pogoda.mail.ru/news/39325307/> (дата обращения: 01.11.2019).
35. Вейнберг Б.П. Несколько мыслей о границах времени года / Б.П. Вейнберг // Метеорологический вестник. 1929. № 1. С. 11–14.
36. Визе, В.Ю. Климат морей Северной Арктики / В.Ю. Визе. Л. : Изд-во Гидросевморпуть, 1970. 124 с.
37. Воейков, А.И. Новые данные о суточной амплитуде температуры, в особенности влияние на неё топографических условий / А.И. Воейков // Изве-

- ствия общества любителей естествознания, антропологии и этнографии при Московском университете. 1881. Т. 41, вып. 1. С. 31–49.
38. Войнич, А.Н. Бальнеологические ресурсы Томской области – характеристика и перспективы использования / А.Н. Войнич, Е.Ю. Дьякова // Физическая культура, здравоохранение и образование : материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти В.С. Пируского. Томск : Том. гос. ун-т, 2012. С. 228–231.
39. Волкова, М.А. Оценка изменчивости температурно-влажностного режима на территории Томской области и его влияние на радиальный прирост *Pinus sibirica du tour* : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / М.А. Волкова. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2000. 22 с.
40. Волкова, М.А. Климатология / М.А. Волкова, И.В. Кужевская, О.В. Носырева, В.И. Русанов, В.В. Севастьянов, Л.М. Севастьянова ; ред.: Г.О. Задде. Томск : Томский ЦНТИ, 2013. 232 с.
41. Воронина, Л.В. Тепловой режим почв солонцовых комплексов / Л.В. Воронина. Новосибирск : Наука, 1992. 144 с.
42. Воронина, Л.В. Климат и экология Новосибирской области / Л.В. Воронина, А.Г. Гриценко. Новосибирск : СГГА, 2011. 228 с.
43. Воронина, О.С. История градостроительного развития города Томска в XVII–XX вв. / О.С. Воронина // Вестник ТГАСУ. 2016. № 1. С. 91–106.
44. Временные ряды осреднённых аномалий средней годовой температуры у поверхности Земли для территории России и Земного шара, 1901–2018 гг. // Институт глобального климата и экологии имени академика Ю.А. Израэля. URL: <http://climatechange.igce.ru/> (дата обращения: 12.02.2020).
45. Врублевский, В.А. Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Кольвань-Томской складчатой зоны / В.А. Врублевский, М.П. Нагорский, А.Ф. Рубцов, Ю.Ю. Эрвье ; под ред. Б.М. Тюлюпо. Томск : Изд-во ТГУ, 1987. 96 с.
46. В Томске устраняют последствия ливня, затопившего почти 300 домов // Агентство «Интерфакс-Сибирь». URL: <http://www.interfax-russia.ru/Siberia/main.asp?id=248255> (дата обращения: 28.07.2011).
47. В Томске обнаружены «гибридные» клещи, которые могут стать источником новых клещевых инфекций // Филиал ФГУП «Всероссийская ГТРК» «Государственная телевизионная и радиовещательная компания “Томск”» (ГТРК «Томск»). URL: <https://www.tvtomsk.ru/news/58307-v-tomske-obnaruzheny-gibridnye-kleschi-kotorye-mogut-stat-istochnikom-novyh-shtammov-kleschevyh-infekcij.html> 9 (дата обращения: 16.04.2020).
48. В Томской области утвержден Перечень особо охраняемых природных территорий областного и местного значения // Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области. [Б. м., б. г.].

- URL: <https://depnature.tomsk.gov.ru/news/front/view/id/50492> (дата обращения: 02.03.2020).
49. Галахов, В.П. Влияние глобального потепления на ледниковый сток (по исследованиям в бассейне Актру: 1952–2012) / В.П. Галахов, С.Ю. Самойлова, А.А. Коломейцев, Е.В. Мардасова, А.А. Шевченко, Р.Т. Шереметов // Известия Русского географического общества. 2019. № 1 (52). С. 37–45.
 50. Галахов, Н.Н. Изучение структуры климатических сезонов года / Н.Н. Галахов. М. : Изд-во АН СССР, 1959. 213 с.
 51. Гармс, Е.О. Рекреационная оценка биоклимата трансграничной территории Алтая / Е.О. Гармс, М.Г. Сухова, Т.В. Ромашова // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 370. С. 148–155.
 52. Гвоздецкий, Н.А. Физическая география СССР. Азиатская часть / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. М. : Мысль, 1978. 492 с.
 53. Генеральный план. Положения о территориальном планировании. Приложение № 1 к решению Думы города Томска от 27.11.2007 № 687. Документ с изменениями, внесенными: Решением Думы города Томска от 26 декабря 2016 г. № 465 Решением Думы города Томска от 01 июля 2014 г. № 1049. Томск : Администрация ГО Томск. URL: <http://admin.tomsk.ru/pgs/2ut>
 54. География России / под ред. А.И. Алексеева : в 2 кн. Кн. 1 : Природа и население. 8 кл. М. : Дрофа, 2001. 320 с.
 55. Геологический разрез. URL: http://www.geokniga.org/maps/additional/O-45-XXXIQ_R_0.jpg (дата обращения: 05.03.2020).
 56. Геоморфологическое районирование. URL: <https://geographyofrussia.com/geomorfologicheskoe-rajonirovanie-rossii/> (дата обращения: 05.03.2020).
 57. Глава ВМО: тепловые волны и наводнения, которые раньше случались раз в столетие, становятся нормой // ООН. URL: <https://news.un.org/ru/story/2019/12/1368401> (дата обращения: 3.12.2019).
 58. Гляциологический словарь. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 528 с.
 59. Голованов, А.И. Ландшафтоведение / А.И. Голованов, Е.С. Кожанов, Ю.И. Сухарев. М. : Колос, 2005. 214 с.
 60. Горбатенко, В.П. Роль циркуляционных факторов в потепление климата Сибири / В.П. Горбатенко, И.И. Ипполитов, С.В. Логинов, Н.В. Поднебесных, Е.В. Харюткина // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 346. С. 174–180.
 61. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Томской области в 2017 году» / глав. ред. Ю.В. Лунева; редкол.: Ю.В. Лунева, Н.А. Чатурова ; сост. Н.А. Чатурова ; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». Томск : Дельтаплан, 2018. 158 с.

62. Градостроительный атлас города Томска // Администрация ГО Томск. URL: https://map.admtomsk.ru/portal_new/map/atlas_quest/app.html#page=home&mode=sem-map&bank=1&layers=56,a3,osm
63. Груза, Г.В. Обнаружение изменений климата: состояния, изменчивости и экстремальности климата / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова // Труды Всемирной конференции по изменению климата, г. Москва, 29 сентября – 3 октября 2003 г. М. : Паблик принт, 2004. С 101–110.
64. Груза, Г.В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова. Обнинск : ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012. 194 с.
65. Губа, Д.В. Лечебно-оздоровительный туризм: курорты и сервис / Д.В. Губа, Ю.С. Воронов. М. : Спорт, 2020. 280 с. URL: <https://www.litres.ru/denis-guba/lechebno-ozdorovitelnyy-turizm-kurorty-i-servis/chitat-onlayn/>.
66. Гудымович, С.С. Геологическое строение окрестностей г. Томска (территории прохождения геологической практики) : учеб. пособие / С.С. Гудымович, И.В. Рычкова, Э.Д. Рябчикова. Томск : Изд-во ТПУ, 2009. 84 с.
67. Густокашина, Н.Н. Многолетние изменения основных элементов климата на территории Предбайкалья / Н.Н. Густокашина. Иркутск : Издательство Института географии СО РАН, 2003. 107 с.
68. Густокашина, Н.Н. Изменение температурных экстремумов на территории Предбайкалья / Н.Н. Густокашина, Е.В. Максютова // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11 (спец. вып.). С. 83–87.
69. Давитая, Ф.Ф. Прогноз обеспеченности теплом и некоторые проблемы сезонного развития природы / Ф.Ф. Давитая. Л. : Гидрометеоиздат, 1964. 132 с.
70. Давыдова, М.И. Физическая география СССР / Э.М. Раковская, М.И. Давыдова. М. : Просвещение, 1990. 304 с.
71. Данилова, Н.А. Климат и отдых в нашей стране / Н.А. Данилова. М. : Мысль, 1980. 236 с.
72. Дебков, Н.М. Припоселковые кедровники юга Западно-Сибирской равнины: история и современное состояние, рекомендации по устойчивому управлению (на примере Томской области) / Н.М. Дебков ; общ. ред. Н.М. Шматков. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 52 с.
73. Дзердзеевский, Б.Л. Циркуляционные схемы сезонов года в северном полушарии / Б.Л. Дзердзеевский // Избранные труды: Общая циркуляция атмосферы и климата. М. : Наука, 1975. С. 132–148.
74. Диагностический анализ состояния окружающей среды Арктической зоны Российской Федерации: расшир. рез. / отв. ред. В.В. Гордеев и др. М. : Научный мир, 2011. 200 с.
75. Дмитриева, Н. Святые источники / Н. Дмитриева // Комсомольская правда. 2003. 27 июня. С. 8–9.

76. Добровидова, О. Умер популяризатор термина «глобальное потепление» Уоллес Брокер / О. Добровидова. URL: <https://nplus1.ru/news/2019/02/19/gip-broecker> (дата обращения: 19.02.2019).
77. Добыча гравия в Томи влияет на русло реки и на паводковую ситуацию // Агентство новостей ТВ2. URL: <https://tv2.today/TV2Old/Dobycha-graviya-v-tomi-vliyaet-na-ruslo-reki-i-na-pavodkovuyu-situaciyu#ixzz6D4XL1ckh> (дата обращения: 03.03.2015).
78. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2015 год. М. : Росгидромет, 2016. 68 с.
79. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2016 год. М. : Росгидромет, 2017. 70 с.
80. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М. : Росгидромет, 2019. 79 с.
81. Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. СПб. : Росгидромет, 2017. 106 с.
82. Доклад о состоянии здравоохранения в мире. 2008 // ВОЗ. URL: <https://www.who.int/whr/2008/overview/ru/index4.html> (дата обращения: 05.06.2020).
83. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2016 году. М. : РОСИНФОРМАГРОТЕХ, 2018. 240 с.
84. Евсева, Н.С. Эрозия почв на Томь-Яйском междуречье / Н.С. Евсева, Л.Б. Филандышева, Е.Г. Пашнева, Т.В. Ромашова, Н.В. Семёнова // География и природные ресурсы. 1990. № 4. С. 98–103.
85. Евсева, Н.С. География Томской области (Природные условия и ресурсы) / Н.С. Евсева. Томск : Изд-во Томского ун-та, 2001. 223 с.
86. Евсева, Н.С. Полевые исследования дефляции почв Томь-Яйского междуречья в холодный период / Н.С. Евсева, З.Н. Квасникова, Н.В. Осинцева // Экологический риск : материалы Второй Всерос. конф. Иркутск, 16–20 сентября 2001 г. Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. С. 256–258.
87. Евсева, Н.С. Ветровая эрозия почв в холодный период года на Томь-Яйском междуречье (Западная Сибирь) / Н.С. Евсева, З.Н. Квасникова, Т.В. Ромашова, Н.В. Осинцева // География и природные ресурсы. 2003. № 3. С. 101–105.
88. Евсева, Н.С. Современные процессы рельефообразования юго-востока Западно-Сибирской равнины : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / Н.С. Евсева. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2006. 43 с.
89. Евсева, Н.С. Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска (на примере юга Томской области) / Н.С. Евсева,

- Т.В. Ромашова // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 353. С. 199–204.
90. Елагин, И.Н. Сезонное развитие сосновых лесов / И.Н. Елагин. Новосибирск : Наука, 1976. 230 с.
91. Елисеев, А.В. Оценки изменений климата XX–XXI веков с использованием версии климатической модели ИФА РАН, включающей модель общей циркуляции океана / А.В. Елисеев, И.И. Мохов, К.Е. Мурышев // Метеорология и гидрология. 2011. № 2. С. 5–16.
92. Ермаков, Н.Б. Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Гемибореальные леса. Классификация и ординация / Н.Б. Ермаков. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2003. 232 с.
93. Зайцева, Н.А. Глобальное изменение климата / Н.А. Зайцева // Большая российская энциклопедия. 2016. URL: <https://bigenc.ru/physics/text/2364575> (дата обращения: 06.01.2020).
94. Закон Томской области от 28.11.2004 № 238-ОЗ п «О наделении муниципального образования «Город Томск» статусом городского округа» (с изменениями на 22 сентября 2017 г.). URL: <http://docs.cntd.ru/document/951810454> (дата обращения: 05.05.2019).
95. Залесов, В.Г. Город-сад в Томске / В.Г. Залесов, О.С. Воронина, Т.Б. Кожуркова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 4. С. 22–31.
96. Заславский, М.Н. Эрозиоведение / М.Н. Заславский. М. : Высшая школа, 1983. 320 с.
97. Зачем лоси приходят в Томск и как вести себя при встрече с сохатым // Региональное информационное агентство РИА. URL: <https://www.ria-tomsk.ru/article/20190618/losi-vihodyat-v-gorod-tomskaya-oblastj/> (дата обращения: 19.06.2019).
98. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2017 году // Всемирная метеорологическая организация. 2018. 40 с. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4457
99. Заявление ВМО о состоянии глобального климата в 2018 году. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2018. WMO : Geneva, Switzerland, 2019. № 1233. 44 p. URL: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=20799#.Xg6slUcza71; https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5789 (дата обращения: 05.05.2020).
100. Земцов, В.А. Изменение ритмов зимнего сезона и снежный покров в условиях меняющегося климата / В.А. Земцов, Л.Б. Филандышева // Экология северных территорий : материалы Междунар. конгресса. Новосибирск : Офсет, 2012. С. 23–28.

101. Изменение климата и Киотский протокол – реалии и практические возможности / А.О. Кокорин, И.Г. Грицевич, Г.В. Сафонов. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2004. 64 с.
102. Изменение климата. Новости ООН // ООН. URL: <https://news.un.org/ru/focus/izmenenie-klimata> (дата обращения: 05.10.2020).
103. Изменение климата: информационный бюллетень (декабрь 2018 г. – январь 2019 г.). М. : Росгидромет № 76, 46 с. URL: http://www.meteorf.ru/upload/iblock/fc8/Izmenenie_klimata_N76_DecJan_2018_19.pdf (дата обращения: 03.06.2020).
104. Изменение климата. ru // Российский информационно-новостной сайт, посвященный проблеме изменения климата. URL: <http://climatechange.ru/pode/117> (дата обращения: 05.01.2020).
105. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК, 2013 г. Физическая научная основа. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 80 с.
106. Израэль, Ю.А. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий / Ю.А. Израэль, Г.В. Груза, В.М. Катцов, В.П. Мелешко // Метеорология и гидрология. 2001. № 5. С. 5–21.
107. Информационный бюллетень о состоянии недр территории Сибирского федерального округа в 2018 году. Томск : Филиал «СРЦ ГМСН» ФГБУ «Гидроспецгеология», АО «Томскгеомониторинг», 2019. Вып. 15. 324 с.
108. Ипполитов, Н.Н. Структура и динамика метеорологических полей на азиатской территории России в период интенсивного глобального потепления 1975–2005 гг. / Н.Н. Ипполитов, М.В. Кабанов, С.В. Логинов, Е.В. Харюткина // Журнал Сибирского федерального университета. Биология (спец. вып. «Изменение климата и экосистемы»). 2008. № 1 (4). С. 323–344.
109. Исаченко, А.Г. Ландшафты / А.Г. Исаченко, А.А. Шляпников. М. : Мысль, 1989. 504 с.
110. История гидрометслужбы Западной Сибири // Департамент Росгидромета по СФО. ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». URL: <http://meteo-nso.ru/pages/108> (дата обращения: 18.03.2020).
111. История наводнений в Томске // Администрация ГО Томск. URL: <http://admin.tomsk.ru/pgs/2ut> (дата обращения: 10.01.2020).
112. Кайгородов, А.И. О временах года в связи с аналитическими и сравнительно-климатическими приемами их изучения / А.И. Кайгородов // Журнал геофизики и метеорологии. 1927. Т. 4, вып. 2. С. 189–208.
113. Калинина, Т. На каждые два километра – по одному клещу. 2001. 8 сентября / Т. Калинина // Томск: Томский вестник. Приложение «Выходной».
114. Калинина, Т. Эпидемия «икс» / Т. Калинина // Томский вестник. 2003. 26 марта.

115. Карлин, Л.Н. Изменение климата Земли: мифы и реальность / Л.Н. Карлин // Mypresentation. URL: https://mypresentation.ru/presentation/izmenenie_klimata_zemli_mify_i_realnost. (дата обращения: 01.04.2019).
116. Кароль, И.Л. Введение в динамику климата Земли / И.Л. Карлин. Л. : Гидрометеиздат, 1988. 215 с.
117. Каширо, М.А. Лимноландшафты г. Томска: структура, динамика, рекреационный потенциал : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / М.А. Каширо. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2013. 23 с.
118. Киотский протокол к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. Принята 01.12.1997 // ООН. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/kyoto.shtml (дата обращения: 05.05.2020).
119. Киотский протокол // Информационное агентство РИА. URL: <https://ria.ru/20150216/1047544621.html>. (дата обращения: 16.02.2015).
120. Киселев, А. Черета погодных аномалий – случайность или закономерность? / А. Киселев, И. Кароль // Природа, 2017. № 7. URL: https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434652/Chereda_pogodnykh_anomaliy_sluchaynost_ili_zakonomernost (дата обращения: 01.04.2018).
121. ООПТ Томской области // ОГБУ «Облкомприрода». URL: <http://green.tsu.ru/oopt/?cat=5>
122. Киншт, А.В. Экологические аспекты территориального зонирования. Проблемы преобразования среды жизнедеятельности / А.В. Киншт // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 6. С. 41–49.
123. Клещевые инфекции // Медицина и здоровье. 2010. № 3 (47). С. 5.
124. Клещевых инфекций может стать больше. Только цифры // Томские новости. 2006. 23 февр.
125. Климат в России уже век теплеет почти вдвое быстрее, чем во всем мире // Информационное агентство РИА. URL: <https://ria.ru/20130315/927440869.html#13635823232314&message;=resize&relto;=login&action;=removeClass&value;=registration> (дата обращения: 15.04.2014).
126. Климат и здоровье человека // Сайт ФБГУ «Приморское УГМС». URL: https://primopogoda.ru/articles/pogoda_i_zdorove/klimat_i_zdorove_cheloveka (дата обращения: 05.06.2020).
127. Климат Томска. Л. : Гидрометеиздат, 1982. 176 с.
128. Климат Томска. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/29430.htm> (дата обращения: 05.02.2020).
129. Климатическая шкатулка : пособие для школьников по теме «Изменение климата» / В. Бердин, Е. Грачёва, Ю. Добролюбова и др. М. : Программа развития ООН, 2018. 254 с.

130. Кнауб, Р.В. Рельеф как фактор развития эрозии почв / Р.В. Кнауб, Н.С. Евсеева, А.И. Петров, С.Ю. Краснощеков // Проблемы геологии и географии Сибири : материалы науч. конф., посвящ. 125-летию основания Томского государственного университета и 70-летию образования геолого-географического факультета. 2–4 апреля 2003 г. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2003. № 3 (IV). С. 58–60.
131. Коженкова, З.П. Климат Томской области и его формирование / З.П. Коженкова, Н.В. Рутковская // Вопросы географии Сибири. 1966. Вып. 6. С. 3–39.
132. Кокорин, А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК / А.О. Кокорин. М. : Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. 80 с.
133. Количество солнечных часов и дней в году по городам России. Инфографика. 11.11.2019, № 47 // Аргументы и факты. URL: https://aif.ru/society/nature/kolichestvo_solnechnyh_chasov_i_dney_v_godu_po_gorodam_rossii_infografika (дата обращения: 20.11.2019).
134. Колмогоров, В.Г. Кинематика земной поверхности Западной Сибири по результатам инструментальных методов / В.Г. Колмогоров // Геология и геофизика. 1997. Т. 38, № 9. С. 1538–1548.
135. Кондратенко, Т. Изменение климата в России / Т. Кондратенко. URL: <http://climaterussia.ru/klimat/izmenenie-klimata-v-rossii> (дата обращения: 25.10.2016).
136. Константинова, Д.А. Пороговые значения термодинамических характеристик атмосферы при различных конвективных явлениях / Д.А. Константинова, В.П. Горбатенко // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы : материалы XXII Междунар. симп. Томск : Изд-во ИОА СО РАН, 2016. С. 436–438.
137. Конусова, О.Л. Экологическая характеристика фауны пчёл южной тайги Томского Приобья / О.Л. Конусова, В.В. Янушкин // Сибирский экологический журнал. 2000. № 3. С. 283–286.
138. Короткова Е.М., Вершинин Д.А. Исследование процесса грядобразования на разветвленном участке р. Томи в связи с особенностями его водного и ледового режимов // Вестник Томского государственного университета. 2011. № 351. С. 175–180.
139. Косова, Л.С. Временные срезы как метод историко-географических исследований (на примере г. Томска) / Л.С. Косова // Историко-географические исследования Южной Сибири. Иркутск : Ин-т географии СО АН СССР, 1991. С. 108–119.
140. Котляков, В.М. Мир снега и льда / В.М. Котляков. М. : Наука, 1994. 286 с.

141. Кочедамов, В.И. Томский город и острог / В.И. Кочедамов // Первые русские города Сибири. М., 1979. С. 100–104. URL: <http://oldtomsk.narod.ru/citadel.htm> (дата обращения: 17.06.2019).
142. Кочугова, Е.А. Изменчивость зимних минимальных температур воздуха в Предбайкалье / Е.А. Кочугова // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2014. Т. 13. С. 98–110. URL: <http://isu.ru/izvestia> (дата обращения: 05.06.2016).
143. Кремень, С. Кто спасает томичей от клещей? / С. Кремень // Комсомольская правда. 2005. 28 апреля – 5 мая.
144. Кренке, А.Н. Районирование территории России по сочетанию климатических экстремумов – условий возникновения чрезвычайных ситуаций / А.Н. Кренке, М.М. Чернавская // Известия РАН. Сер. геогр. 2003. № 2. С. 17–25.
145. Крупные землетрясения в России в 2000–2012 годах // Информационное агентство РИА. URL: <https://ria.ru/20120226/575210182.html> (дата обращения: 26.02.2012).
146. Кузнецова, В.П. Сезонная динамика метеоусловий северных территорий (на примере Нижневартовского района) / В.П. Кузнецова, Г.Н. Гребенюк. URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer21/196.htm> (дата обращения: 06.06.2016).
147. Кузнецова, В.П. Фенологические процессы в условиях изменения климата северных территорий (на примере таёжной зоны Ханты-Мансийского автономного округа-Югры) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / В.П. Кузнецова. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2016. 22 с.
148. Куклина, Т.Э. Ассортимент древесных растений, используемых в озеленении г. Томска. / Т.Э. Куклина, И.Е. Мерзлякова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 4 (24). С. 47–66.
149. Кулистикова, Т. Погода становится нервной. Как глобальные изменения климата влияют на сельское хозяйство / Т. Кулистикова // Агроинвестор. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/32343-pogoda-stanovitsya-nervnoy/> (дата обращения: 04.09.2019).
150. Культиасов, И.М. Экология растений / И.М. Культиасов. М. : Изд-во МГУ, 1982. 373 с.
151. Курьина, И.В. Исследование климатических сезонов года и их влияния на живые компоненты болотного биогеоценоза (на примере олиготрофного болота подтаёжной подзоны Западно-Сибирской равнины) / И.В. Курьина, Л.Б. Филандышева, У.А. Бокова, Е.С. Сапьян, Н.В. Климова // Вестник Томского государственного университета. 2013. № 376. С. 182–191.
152. Кусков, А.И. Восстановление временных рядов в заданном спектральном диапазоне / А.И. Кусков // Седьмое Сибирское совещание по климато-

- экологическомумониторингу : материалы рос. конф. ; под ред. М.В. Кабанова. Томск, 8–10 октября 2007 г. Томск : Аграф-Пресс, 2005. С. 168–170.
153. Кусков, А.С. Рекреационная география / А.С. Кусков, В.Л. Голубева, Т.Н. Одинцова. М. : МПСИ; Флинта, 2005. 496 с.
154. Лабыкин, А. Бизнес уже платит за будущее планеты / А. Лабыкин, З. Мамедьяров // Эксперт. 2020. № 5 (1149). URL: https://expert.ru/expert/2020/05/biznes-uzhe-platit-za-buduschee-planetyi/?mindbox-click-id=42cc350e-9feb-413d-8740-a1b0ee7048c2&utm_source=mindbox&utm_medium=email&utm_campaign=13ePismoDekabr-yanvar2019-202Massovaya (дата обращения: 05.10.2020).
155. Ландшафты // Национальный атлас России / гл. ред. Национального атласа России А.В. Бородко ; гл. ред. тома В.М. Котляков. М., 2008. Т. 2. 495 с. URL: <http://xn--80aaaa1bhncclcci1cl5c4ep.xn--plai/cd2/398-399/398-399.html> (дата обращения: 06.06.2016).
156. Ландшафты Томь-Яйского междуречья. URL: <http://blog.kob.tomsk.ru/wiki/index.php/> (дата обращения: 05.05.2020).
157. Латышева, И.В. Современные изменения климата на территории Иркутской области / И.В. Латышева, Е.П. Белоусова, С.В. Олемской, К.А. Лощенко // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2010. Т. 3, № 2. С. 110–125.
158. Лёд Арктики «помолодел». Сравнение ледовых полей 1984 и 2019 гг. URL: https://rubin65.livejournal.com/1190782.html?utm_source=3userpost (дата обращения: 05.06.2020).
159. Леса высокой природоохранной ценности России. URL: <http://hcvf.ru/ru/maps/hcvf-russia> (дата обращения: 05.06.2020).
160. Лесной план Томской области. Распоряжение Губернатора Томской области от 30.12.2008 № 410-р. Томск : Департамент развития предпринимательства и реального сектора экономики Томской области Администрация ТО, 2008. 65 с.
161. Литвинова, О.С. Структура фаз летнего сезона на юго-востоке Западной Сибири / О.С. Литвинова, Н.В. Гуляева // Географический вестник. 2016. Вып. 4 (39). С. 67–69.
162. Литвинова, О.С. Климатическая структура зимнего сезона на юго-востоке Западной Сибири / О.С. Литвинова // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2017. № 4 (11) октябрь – декабрь. URL: <http://e-journal.omgau.ru/images/issues/2017/4/00474.pdf> (дата обращения: 05.10.2018).
163. Лихачева, Э.А. Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи / Э.А. Лихачева и др. ; под ред. Э.А. Лихачевой. М. : Медиа-ПРЕСС, 2017. 176 с.

164. Лобжанидзе, А.А. География России: эколого-экономические аспекты / А.А. Лобжанидзе. М. : Просвещение, 1995. 96 с.
165. Лойко, С.В. Природные условия западного макросклона Томь-Яйского междуречья: материалы к полевой части Первой Всероссийской школы-конференции по лесной экологии «Современные проблемы и методы лесной экологии» (Томск, 25–30 августа 2013 г.). / С.В. Лойко, Л.И. Герасько, С.П. Кулижский. Томск : Издательский Дом ТГУ, 2013. 56 с.
166. Лоси опять ломаются в Томск // Сайт круглосуточных новостей «Байкал 24». URL: <https://baikal24.ru/text/03-07-2019/010/> (дата обращения: 03.07.2019).
167. Льготин, В.А. Методика оценки уровней воды реки Томь при ледовых заторах и заторах у г. Томска / В.А. Льготин, О.Г. Савичев // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318, № 1. С. 135–140.
168. Макаров, И.А. Глобальное изменение климата как вызов мировой экономике и экономической науке / И.А. Макаров // Экономический журнал ВШЭ. 2013. № 3. С. 479–496.
169. Маркина Н. Ощущения важнее здоровья. RL: https://www.gazeta.ru/health/2013/06/28_a_5394345.shtml (дата обращения: 28.06.2013).
170. Материалы к стратегическому прогнозу изменений климата Российской Федерации на период 2010–2015 гг. и их влияния на отрасли экономики России. М. : Росгидромет, 2005. 90 с.
171. МГЭИК, 2001 (IPCC): Изменения климата 2001. Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC). Резюме для лиц, определяющих политику. Т. 1: Научные аспекты. С. 109. Т. 2: Последствия, адаптация и уязвимость. С. 107; Т. 3: Смягчение последствий. С. 103. URL: www.ipcc.ch (дата обращения: 05.06.2002).
172. Миловидов, С.П. Птицы долин притоков реки Томи (Томская область) / С.П. Миловидов, О.Г. Нехорошев, Б.Д. Куранов // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 4 (32). С. 91–106.
173. Мильков, Ф.Н. Человек и ландшафты / Ф.Н. Мильков. М. : Мысль, 1973. 254 с.
174. Минин, А.А. Изменения в сроках наступления некоторых фенологических явлений у деревьев на Русской равнине за последние 30 лет / А.А. Минин // Ботанический журнал. 1998. Т. 86, № 6. С. 73–78.
175. Минин, А.А. Фенологические особенности состояния экосистем Русской равнины за последние десятилетия / А.А. Минин // Известия АН СССР. Сер. географич. 2000. № 3. С. 75–80.
176. Мир в огне: в Давосе боятся за планету // Эксперт. № 4 (1148). URL: <https://expert.ru/expert/2020/04/mir-v-ogne-v-davose-boyatsya-za-planetu/> (дата обращения: 05.06.2020).

177. Мирцхулава, Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии / Ц.Е. Мирцхулава. М. : Колос, 1970. 240 с.
178. Михаил Иванович Будыко // ВМО. URL: <https://public.wmo.int/en/about-us/awards/international-meteorological-organization-imo-prize/mikhail-ivanovich-budyko> (дата обращения: 11.02.2020).
179. Михайлов, А.А. Времена года / А.А. Михайлов // БСЭ : в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. М. : Сов. энциклопедия, 1971. Т. 5. С. 429–430.
180. Модели в географии / под ред. П. Хаггета, Дж. Чорли. М. : Прогресс, 1971. 381 с.
181. Монин, А.С. Введение в теорию климата / А.С. Монин. Л. : Гидрометеиздат, 1982. 246 с.
182. Монин, А.С. Новое о климате / А.С. Монин, А.А. Берестов // Вестник РАН. 2005. Т. 75, № 2. С. 126–138.
183. Мудрые мысли. Джордж Сантаяна. URL: http://www.epwr.ru/quotation/txt_168_2.php
184. Мультиановский, Б.П. Основные положения синоптического метода долгосрочных прогнозов погоды / Б.П. Мультиановский. М. : ЦУВ ГМС, 1933. Ч. 1. 139 с.
185. Назаров А.Д., Вертман Е.Г. Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска. Томск : ИНПЦ «Том-Аналитика» ТПУ, ОГУП «Томскинвестгеонефтегаз», 2004. 201 с.
186. Невидимова, О.Г. Энергетические ресурсы солнечной радиации и ветра на территории Томской области / О.Г. Невидимова, Е.П. Янкович // Успехи современного естествознания. 2015. № 11-1. С. 134–138. URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35688> (дата обращения: 24.07.2020).
187. Некратова, Р. Колыбельная клещу / Р. Некратова // Томский вестник. 1999. 12 окт.
188. Неприятель, Р.С. Методы определения структуры климатических сезонов годового цикла / Р.С. Неприятель, К.В. Марусин // Известия Алтайского государственного университета. 2012. № 3-2 (75). С. 100–104.
189. Несветаило, А.С. Тополь бальзамический в структуре зелёных насаждений города Томска / А.С. Несветаило // Теоретические и прикладные вопросы современной географии : материалы Всерос. молодёжной школы-семинара 27–28 апреля 2005 г. Томск : Дельтаплан, 2005. С. 276–278.
190. Новороцкий, П.В. Изменение климата в бассейне Амура / П.В. Новороцкий // Влияние изменения климата на экосистемы бассейна реки Амур. М. : WWF России, 2006. С. 22–42.
191. О корректировке Генерального плана и об утверждении Правил землепользования и застройки муниципального образования «Город Томск» (с изменениями на 27 декабря 2019 г.). Решение Думы Томской области от

- 27 ноября 2007 г. № 687 // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/951821725>
192. Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях на территории Томской области». Постановление Администрации Томской области № 123а от 17.08.2007 // Собрание законодательства Томской области. 31 августа 2007. № 8 (25). URL: http://tomsk.news-city.info/docs/sistemsd/dok_ieribo.htm (дата обращения: 05.06.2020).
193. Обзор деятельности Департамента Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды по Сибирскому федеральному округу в 2018 году. Новосибирск : Департамент Росгидромета по СФО, 2019. 34 с.
194. Общая характеристика. Паспорт муниципального образования г. Томск // Администрация ГО Томск. URL: http://web.archive.org/web/20140829115955/http://www.admin.tomsk.ru/pages/city_2_sprav_01 (дата обращения: 05.06.2020).
195. Окишева, Л.Н. Пространственно-временной анализ климатических условий сезонной ритмики геосистем Обь-Енисейского Севера : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Л.Н. Окишева. Новосибирск, 1984. 17 с.
196. Окишева, Л.Н. Структурная модель сезонной ритмики климата Обь-Енисейского Севера и ее обоснование / Л.Н. Окишева // Вопросы географии Сибири. 1983. Вып. 14. С. 26–43.
197. Окишева, Л.Н. Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири / Л.Н. Окишева, Л.Б. Филандышева ; под ред. П.А. Окишева. Томск : Издательский дом ТГУ, 2015. 328 с.
198. Ольховатенко, В.Е. Опасные природные и техноприродные процессы на территории г. Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем / В.Е. Ольховатенко, М.Г. Рутман, В.М. Лазарев. Томск : Печатная мануфактура, 2005. 152 с.
199. Ольховатенко, В.Е. Геологические проблемы Томской агломерации / М.Г. Рутман, В.Е. Ольховатенко. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2017. 88 с.
200. ООН: природные катастрофы за 20 лет унесли 1,35 млн жизней // Информационное агентство ТАСС. URL: <https://tass.ru/proisshestviya/3701371> (дата обращения: 13.10.2016).
201. Опасные природные явления // Официальный сайт ВМО. URL: http://www.wmo.int/pages/themes/hazards/index_ru.html (дата обращения: 06.09.2011).
202. Осинцева, Н.В. Физико-географические факторы развития овражной эрозии городских земель: на примере г. Томска : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Н.В. Осинцева. Томск, 2001. 176 с.

203. Осинцева, Н.В. Геоморфологические методы в решении проблемы места основания г. Томска / Н.В. Осинцева, М.П. Чёрная // Теоретические и прикладные вопросы современной географии : материалы Всероссийской молодёжной школы-семинара 27–28 апреля 2005 г. ; под ред. Н.С. Евсеевой, Н.В. Осинцевой, З.Н. Квасниковой. Томск: Дельтаплан, 2005. С. 26–36.
204. Отчет о состоянии климата в 2017 год // NOAA. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2017> (дата обращения: 25.06.2018).
205. Отчёт по учебной полевой ландшафтной практике студентов 02404 гр. Томск, 2016. 84 с.
206. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2008. Т. 1: Изменения климата. 226 с.
207. Очерки истории города Томска (1604–1964). Томск, 1964. 326 с.
208. Парижское соглашение // ООН. URL: https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_russian_.pdf (дата обращения: 05.06.2020).
209. Парначёв, В.П. О сейсмичности территории Томской области / В.П. Парначёв, Н.С. Евсеева // Алтайское (Чуйское) землетрясение: прогнозы, характеристики, последствия : материалы конф. Горно-Алтайск : ГАГУ, 2004. С. 151–155.
210. Парначёв, В.П. Сравнительный анализ сейсмичности Южного Израиля и юга Западной Сибири / В.П. Парначёв, В.С. Шейкман // Развитие научно-технического сотрудничества российских научных и научно-образовательных центров с учёными соотечественниками, работающими за рубежом. М. : ФГУ НИИ РИНКЦЭ, 2011. Вып. 1. С. 79–82.
211. Парначев, В.П. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска: Материалы к полевой геологической экскурсии : справочное пособие / В.П. Парначёв, С.В. Парначёв. Томск : Том. гос. ун-т, 2010. 144 с.
212. Переведенцев, Ю.П. Современные глобальные и региональные изменения климата / Ю.П. Переведенцев, Э.П. Наумов, К.М. Шанталинский // Географический вестник. 2006. № 6. С. 106–220.
213. Переведенцев, Ю.П. Теория климата : учеб. пособие / Ю.П. Переведенцев. Казань : Казан. гос. ун-т, 2009. 504 с.
214. Переведенцев, Ю.П. Неоднородность изменения температурного режима земли в XIX–XXI столетиях / Ю.П. Переведенцев, К.М. Шанталинский // Географический вестник. 2011. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neodnorodnost-izmeneniya-temperaturnogo-rezhima-zemli-v-xix-xxi-stoletiyah> (дата обращения: 02.02.2020).

215. Поднебесных, Н.В. Связь характеристик циклонов и антициклонов с изменениями температуры в зимний период над Сибирью / Н.В. Поднебесных, И.И. Ипполитов // Одиннадцатое сибирское совещание по климато-экологическому мониторингу : тез. докл. / под ред. М.В. Кабанова. Томск : ИМКЭС, 2015. С. 63–64.
216. Порфирьев, Б.Н. Глобальные климатические изменения: новые риски или факторы экономического роста России / Б.Н. Порфирьев // Труды Вольного экономического общества России. 2006. Т. 115, № 4. С. 14–38.
217. Последствия изменения климата: прогноз для регионов Сибири // «ЭКО-бюллетень ИнЭкА». Ноябрь–декабрь 2008. № 6. URL: <http://www.ine-ca.ru/?dr=bulletin/arhiv/0131&pg=004> (дата обращения: 05.06.2012).
218. Привалихина, С. Томские озёра / С. Привалихина // Томский вестник. 1997. 21 окт. С. 3.
219. Пресс-релиз Р.А. Ягудина. Сила природы // ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». URL: <http://meteo-nso.ru/pages/129> (дата публикации: 19.03.2012).
220. Приложение к закону Томской области «Об административно-территориальном устройстве Томской области (с изменениями на 13 апреля 2016 года)» от 22 декабря 2009 года № 271-ОЗ. URL: <http://docs.cntd.ru/document/951832361> (дата обращения: 05.06.2020).
221. Приложение к приказу Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 18.08.2014 № 367 с изменениями от 18 октября 2018 г. № 528 «Об утверждении перечня лесорастительных зон Российской Федерации и перечня лесных районов Российской Федерации». URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?rnd=> (дата обращения: 05.06.2020).
222. Природа Новосибирской области : учеб. пособие для вузов по специальности «География» / Т.А. Горелова, Н.В. Гуляева, В.М. Кравцов, Ю.В. Кравцов ; программист С.В. Синькевич. Новосибирск : НГПУ, 2010. URL: <http://iesen.nspu.net/prigrod/1880.html> (дата обращения: 04.04.2019).
223. Прокопьев, Е.П. Современное состояние флоры и растительности Университетской рощи и возможные пути её реконструкции в будущем / Е.П. Прокопьев, Т.А. Рыбина, В.П. Амельченко, И.Е. Мерзлякова // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. № 2 (6). С. 29–41.
224. Путилин, А.Ф. Эрозия почв в лесостепи Западной Сибири / А.Ф. Путилин. Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2002. 184 с.
225. Путилин, А.Ф. Водная эрозия почв в лесостепной зоне юго-востока Западной Сибири : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / А.Ф. Путилин. [Место защиты: Институт почвоведения и агрохимии СО РАН]. Новосибирск, 1999. 33 с.
226. Пэрри, М. Основные выводы МГЭИК в отношении последствий изменения климата и адаптации / М. Пэрри, О. Канциани, Ж. Палютноф // Бюллетень ВМО. 2008. Т. 57. С. 78–85.

227. Разнообразие и динамика лесных экосистем России : в 2 кн. / под ред. А.С. Исаева. Товарищество научных изданий КМК, 2012. Кн. 1. 461 с.
228. Рамочная конвенция ООН об изменении климата. 9 мая 1992 г. // ООН. URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/climate_framework_conv.shtml (дата обращения: 05.02.2013).
229. Растительность России. URL: <https://geographyofrussia.com/rastitelnost/> (дата обращения: 05.07.2019).
230. Редькина, Н.В. Кровососущие комары (Diptera, Culicidae) антропогенных территорий юго-востока Западной Сибири на примере городов Томска и Стрежевого : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Редькина. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2008. 208 с.
231. Рейтинг инвестиционной привлекательности субъектов РФ на 01.02.2017. URL: <http://www.ra-national.ru/ru/taxonomy/term/90?type=rating> (дата обращения: 06.06.2016).
232. Репортаж о состоянии климата в 2018 году // NOAA. URL: <https://www.nci.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2018> (дата обращения: 05.07.2019).
233. Родоман, Б.Б. Времена года в Центральной России / Б.Б. Родоман // География в школе. 1993. № 2. С. 9–14.
234. Рожанец, М.И. Почвы и растительность окрестностей г. Томска: с картой почв и растительности в 2-верстном масштабе / М.И. Рожанец, С.Е. Рожанец-Кучеровская. Томск : [б. и.], 1928.
235. Ромашова, Т.В. Климатическая обусловленность дефляции почв юга Томской области / Т.В. Ромашова, Л.Б. Филандышева // Актуальные проблемы геологии и географии Сибири : материалы науч. конф., посвящ. 120-летию основания ТГУ. 1–4 апреля 1998 г. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 80–82.
236. Ромашова, Т.В. Медико-географические аспекты здоровья населения г. Томска / Т.В. Ромашова, Г.Е. Соколович, А.Е. Янковская // Контроль и реабилитация окружающей среды : материалы II Междунар. симп. 19–21 июля 2000 г., г. Томск / под общ. ред. М.В. Кабанова, Н.П. Солдаткина. Томск : Спектр, 2000. С. 199–201.
237. Ромашова, Т.В. Геоэкологическое значение мониторинга климатических сезонов года городских территорий (на примере г. Томска) / Т.В. Ромашова // VII научное совещание по прикладной географии : тез. докл., 22–23 мая 2001 г., г. Иркутск. Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. С. 174–176.
238. Ромашова, Т.В. Сезонные ритмы климата и их влияние на развитие эрозии почв (на примере юга Томской области) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Т.В. Ромашова. Томск, 2004. 22 с.

239. Ромашова, Т.В. Сезонные ритмы климата и их влияние на развитие эрозии почв (на примере юга Томской области) : дис. ... канд. геогр. наук / Т.В. Ромашова. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2004. 239 с.
240. Ромашова, Т.В. Климатические изменения на юге Томской области в глобальном контексте / Т.В. Ромашова // Актуальные проблемы экологии и природопользования Сибири в глобальном контексте : материалы междунар. форума-школы. Томск : Изд-во ТПУ, 2007. Ч. 2. С. 334–337.
241. Ромашова, Т.В. Оценка сезонных ритмов климата для рекреационной деятельности / Т.В. Ромашова // Возможности развития туризма Сибирского региона и сопредельных территорий : материалы науч.-учеб.-практ. конф. Томск : Том. гос. ун-т, 2007. С. 61–63.
242. Ромашова, Т.В. Геоэкологическое значение мониторинга климатических сезонов года (на примере г. Томска) / Т.В. Ромашова // Теоретические и прикладные вопросы современной географии : материалы Всерос. науч. конф. 20–22 апреля 2009 г. Томск : Том. гос. уни-т, 2009. С. 329–331.
243. Ромашова, Т.В. Экологическое значение сезонных ритмов климата для анализа природно-очаговых заболеваний / Т.В. Ромашова // Актуальные проблемы экологии и природопользования : сб. науч. тр. Всерос. науч.-практ. конф. 21–22 апреля 2011 г. М. : РУДН, 2011. Вып. 13. С. 314–319.
244. Ромашова, Т.В. Анализ динамики временных характеристик сезонов года в подтайге Западно-Сибирской равнины за период с 1936 по 2015 г. / Т.В. Ромашова, Л.Б. Филандышева, К.Д. Юркова // Геосферные исследования. 2017. № 3. С. 16–26.
245. Ромашова, Т.В. География в цифрах и фактах: тренинг эрудитов. Ч. 1: Физическая география : учеб.-метод. пособие / Т.В. Ромашова. Томск : Интегральный переплёт, 2018. 262 с.
246. Российская наука – об изменении климата (глобальном потеплении) // RenEn. 16.01.2018. URL: <http://renen.ru/russian-science-on-climate-change-global-warming/>
247. Рубинштейн, Е.С. Современное изменение климата / Е.С. Рубинштейн, Л.Г. Полозова. Л. : Гидрометеорологическое издательство Комитета по печати при Совете министров СССР, 1996. 268 с.
248. Рулёва, С.Н. Томь / С.Н. Рулёва // Вода России. URL: <https://water-rf.ru> (дата обращения: 20.12.2019).
249. Русанов, В.И. Методы исследования климата для медицинских целей / В.И. Русанов. Томск : Изд-во ТГУ, 1973. 198 с.
250. Русанов, В.И. Биоклимат Западно-Сибирской равнины / В.И. Русанов; под общей ред. М.В. Кабанова. Томск : Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2004. 208 с.

251. Рутковская, Н.В. Таяние и сход снежного покрова на юго-востоке Западно-Сибирской низменности / Н.В. Рутковская // Снежный покров, его распределение и роль в народном хозяйстве. М. : Изд-во АН СССР, 1962. С. 104–113.
252. Рутковская, Н.В. К вопросу о критериях выделения зимнего сезона года и его фаз на юго-востоке Западно-Сибирской равнины / Н.В. Рутковская // Комплексное использование водных ресурсов Сибири и Дальнего Востока и их охрана : материалы IV науч. совещания географов Сибири и Дальнего Востока. Омск : Зап.-Сиб. кн. изд-во, Омское отд-е, 1969. Вып. 4. С. 56–61.
253. Рутковская, Н.В. К вопросу типизации зимнего сезона года на юго-востоке Западно-Сибирской равнины в связи с изучением снежного покрова / Н.В. Рутковская // Проблемы гляциологии Алтая : тез. докл. науч. конф. Томск : Изд-во ТГУ, 1972. С. 35–37.
254. Рутковская, Н.В. Климатическая характеристика послезимья на юго-востоке Западно-Сибирской равнины / Н.В. Рутковская // Вопросы географии Сибири. Томск : Изд-во ТГУ, 1973. Вып. 7. С. 16–26.
255. Рутковская, Н.В. О сезонной структуре годового цикла лесной зоны Западно-Сибирской равнины на примере Томской области / Н.В. Рутковская // Проблемы гляциологии Алтая : материалы науч. конф., посвящ. 80-летию старейшего гляциолога М.В. Тронова. Томск, 1974. Вып. 2. С. 102–108.
256. Рутковская, Н.В. Климатическая характеристика сезонов года Томской области / Н.В. Рутковская. Томск : Изд-во ТГУ, 1979. 116 с.
257. Рутковская, Н.В. География Томской области // Сезонно-агроклиматические ресурсы : учеб. пособие / Н.В. Рутковская. Томск : Изд-во ТГУ, 1984. 159 с.
258. Рутман, М.Г. Закономерности развития опасных природных и техноприродных процессов на территории города Томска и их влияние на устойчивость природно-технических систем : дис. ... канд. технич. наук / М.Г. Рутман. [Место защиты: Том. гос.арх.-строит. ун-т]. Томск, 2003. 223 с.
259. Рюхтина, С.В. Холодный июль. Архив пресс-релизов / С.В. Рюхтина // Официальный сайт ГУ «Томский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». URL: <http://www.meteotomsk.ru/site> (дата обращения: 17.08.2011).
260. Седьмое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола. М. : Росгидромет, 2017. 348 с.
261. Селянинов, Г.Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г.Т. Селянинов // Мировой агроклиматический справочник. Л. ; М., 1937. С. 5–28.

262. Семенов, С.М. Современные глобальные изменения климата: российский аспект / С.М. Семенов // Общероссийская климатическая неделя. Круглый стол «Проблемы глобального климата – значимость для России». 24 мая 2017 г. М. : Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН Институт географии РАН. URL: http://www.meteorf.ru/upload/iblock/666/semenov_sm_Clim_week_2017.pdf
263. Семёнова, Н.М. Исследование и охрана радоновых источников в окрестностях г. Томска / Н.М. Семёнова, А.Д. Назаров, Н.Г. Сидорина, П.А. Тишин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2016. Т. 327, № 7. С. 22–34.
264. Сенников, В.А. Агроклиматические ресурсы юго-востока Западной Сибири и продуктивность зерновых культур / В.А. Сенников, А.П. Сляднев. Л. : Гидрометеиздат, 1972. 152 с.
265. Серяков, С.В. Природно-техногенные условия экологизации урбанизированных территорий на примере города Томска : дис. ... канд. геол.-минер. наук / С.В. Серяков. [Место защиты: Том. гос.арх.-строит. ун-т]. Томск, 2007. 145 с.
266. Сибирь может «взорваться» из-за изменения климата. URL: <http://climaterussia.ru/klimat/sibir-mozhet-vzorvatsya-iz-za-izmeneniya-klimata> (дата публикации: 29.03.2017).
267. Сидоренко, С.В. Аэрофотосъёмка с помощью беспилотных летательных аппаратов в Томске / С.В. Сидоренко, А.Д. Романцов. Томск, 2019. 32 с. URL: <http://climaterussia.ru/klimat/sibir-mozhet-vzorvatsya-iz-za-izmeneniya-klimata> (дата обращения 29.03.2017).
268. Сильвестров, С.И. Сравнительная оценка влияния на эрозию основных факторов / С.И. Сильвестров // Районирование территории СССР по основным факторам эрозии. М. : Наука, 1965. С. 58–88.
269. Синоптики отметили усиление признаков изменения климата // Информационное агентство РИА. URL: <https://ria.ru/20190922/1558978336.html> (дата обращения: 22.09.2019).
270. Славнин, В.Д. Томск сокровенный / В.Д. Славнин. Томск : Том. книж. изд-во, 1991. 328 с.
271. Слуцкий, В.И. История метеорологии в Томском университете : учеб. пособие для студ. / В.И. Слуцкий / под ред. В.А. Лойши. Томск : Изд-во Томского ЦНТИ, 1998. 112 с.
272. Смирнов, М. История развития синоптической метеорологии / М. Смирнов // Кировский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. URL: <http://pogoda43.ru/news/468/> (дата публикации: 29.08.2016).

273. Смирнова, Ю. Изменения в погоде происходят год от года / Ю. Смирнова // Наука и жизнь. 30.09.2013. URL: <https://www.nkj.ru/news/23187/> (дата обращения: 06.06.2016).
274. Снег : справочник / под ред. Д.М. Грея, Д.Х. Мэйла. Л. : Гидрометеоздат, 1986. 752 с.
275. Снежный покров // Национальный центр экологического прогнозирования NOAA. URL: ftp://ftp.cpc.ncep.noaa.gov/wd52dg/snow/snw_cvr_area/NH_AREA (дата обращения: 16.10.2019).
276. Соловьев, Л.Н. Биота и климат в XX столетии. Региональная фенология / Л.Н. Соловьев. М. : Пасьева, 2005. 288 с.
277. Сорока, А.С. Об изменении границ и типов структуры весеннего сезона года в лесостепной зоне юго-запада Западно-Сибирской равнины / А.С. Сорока, Л.Б. Филандышева // Процессы самоорганизации в эрозионно-русловых системах и динамики речных долин : материалы Всерос. конф. (с участием иностранных учёных), Томск, 3–15 июня 2012 г.: электрон. изд. Томск : ИМКЭС СО РАН, 2012. URL: <http://www.channel2012.ru>
278. Спасский, М.Ф. О климате Москвы / М.Ф. Спасский. М. : Универ. тип., 1847. 270 с.
279. СП 115.13330.2016 Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054202>
280. Спраговская, Д. Анализ гидротермического режима подтайги Томской области с позиций сезонной ритмики / Д. Спраговская, Т.В. Ромашова // Труды Томского государственного университета. Серия географическая: Современные проблемы географии и пути их решения : материалы Международ. науч.-практ. конф. с элементами школы-семинары для студентов, аспирантов и молодых учёных (6–9 ноября 2012 г.). Томск : Том. гос. ун-т, 2012. Т. 283. С. 94–96.
281. Статистический ежегодник. 2018 : стат. сб. Томск : Томкстат, 2018. 87 с.
282. Степанов, В.Н. Биологическая классификация сельскохозяйственных растений полевой культуры / В.Н. Степанов // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 1957. Вып. 2. С. 5–29.
283. Стихийные бедствия происходят чаще: статистика. URL: <https://realist.online/article/stihijnye-bedstviya-proishodyat-chashe-statistika>. (дата обращения: 5.09.2017).
284. Стратегия социально-экономического развития муниципального образования «Город Томск» до 2030 года // Администрация ГО Томск. URL: <http://www.admin.tomsk.ru/pgs/2ph>
285. Струкова, Ю. Количество зараженных клещей. Факты / Ю. Струкова // Томские новости. 2005. 23 июня.

286. Сулакшина, Г.А. Инженерно-геологическая характеристика лёссовых пород междуречья Томи и Чулыма / Г.А. Сулакшина // Физико-механические свойства и вопросы формирования лёссовых пород Сибири. М. : Наука, 1968. С. 76–94.
287. Таран, М.В. Озеро Песчаное и его окрестности как объект физико-географической практики / М.В. Таран, Н.С. Евсеева // Вопросы географии Сибири. Томск, 1997. Вып. 22. С. 157–161.
288. Тающая красота. Изменение климата и его последствия. М. : Фонд им. Генриха Бёлля, Российский региональный экологический центр, 2009. 28 с.
289. ТГУ: краснощекие суслики обосновались в Томской области. 11.05.2017 // Региональное информационное агентство «Томск» (РИА Томск). URL: <https://www.riatomsk.ru/article/20170511/tgu-krasnoschekie-susliki-obosnovalisj-v-tomskoj-oblasti/>
290. Теоретические основы рекреационной географии / под ред. В.С. Преображенского. М. : Наука, 1975. С. 74.
291. Ткачѳв, Б.П. Характеристика холодно-снежной части года бассейна реки Большой Юган в период 1990–2000 гг. / Б.П. Ткачѳв, В.В. Яркова // Вестник Югорского государственного университета. 2006. Вып. 4. С. 97–102.
292. Токаева, Ж.Т. География туризма Казахстана / Ж.Т. Токаева. Усть-Каменогорск : ВКГУ, 2010.
293. Томичи увидели бобра, гулявшего по Комсомольскому проспекту. 21.04.2015 // Городской портал Tomsk.ru. URL: <https://www.tomsk.ru/news/view/101616>
294. Томский острог // Краеведческий портал «Земля Томская». URL: <http://kraeved.lib.tomsk.ru/page/70/>
295. Точное время: сколько времени в странах и городах мира. URL: <https://time-in.ru/coordinates/tomsk>
296. Трифонова, Л.И. Климат / Л.И. Трифонова // География Томской области. / под ред А.А. Земцова. Томск : Изд-во ТГУ, 1988. С. 42–76.
297. Туристский паспорт муниципального образования «Томский район». Томск : Администрация Томского района Управление по культуре, спорту, молодежной политике и туризму, 2019. 98 с.
298. Уровень воды в реке Томь по гидропосту в г. Томск – водозабор сегодня. URL: <https://allrivers.info/gauge/tom-tomsk/> (дата обращения: 23.12.2019).
299. Ускорение таяния льдов Арктики и Антарктики. Изменение климата. URL: <https://geocenter.info/article/uskorenie-tajaniija-ldov-arktiki-i-antarktiki-izmenenie-klimata> (дата обращения: 13.10.2018).
300. Устав ВОЗ. 1946. 26 с. URL: <http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd47/RU/constitution-ru.pdf?ua=1>

301. Устав города Томска // Администрация ГО Томск. URL: <http://www.admin.tomsk.ru/pgs/2w> (дата обращения: 20.01.2020).
302. Утверждён паспорт приоритетного проекта «Формирование здорового образа жизни» // Сайт Правительства РФ. URL: <http://government.ru/projects/selection/641/28745/> (дата обращения: 07.08.2017).
303. ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» // ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС». URL: <http://meteo-nso.ru/pages/129> (дата обращения: 05.09.2019).
304. Филандышева, Л.Б. Климатические особенности вегетационной части годового цикла и его фаз на юго-западе Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Л.Б. Филандышева. [Место защиты: Ин-т геологии и геофизики СО СССР]. Томск, 1982. 220 с.
305. Филандышева, Л.Б. Анализ связей и прогноз агрометеорологических условий вегетационной части года в лесостепной зоне Омской области / Л.Б. Филандышева, Ю.И. Каменсков // Вопросы географии Сибири. 1983. Вып. 15. С. 72–77.
306. Филандышева, Л.Б. Сезонные ритмы природы Западно-Сибирской равнины / Л.Б. Филандышева, Л.Н. Окишева. Томск : Пеленг, 2002. 402 с.
307. Филандышева, Л.Б. Обоснование зональных структурных моделей сезонных ритмов годового цикла на юго-западе Западно-Сибирской равнины / Л.Б. Филандышева // Вопросы географии Сибири. 2009. Вып. 27. С. 148–156.
308. Филандышева, Л.Б. Анализ динамических вариантов структуры зимнего сезона года и их климатических характеристик на юго-западе Западно-Сибирской равнины / Л.Б. Филандышева // Вестник Томского государственного университета. 2012. № 364. С. 196–203.
309. Филандышева, Л.Б. О взаимосвязи сезонных ритмов климата с видами рекреационной деятельности (на примере юго-запада Западно-Сибирской равнины) / Л.Б. Филандышева, Л.С. Косова, Л.П. Льготина, Т.С. Бахнова // Охрана окружающей среды и природных ресурсов стран Большого Алтая: материалы междунар. науч.-практ. конф. Барнаул : Изд-во АлтГУ, 2013. С. 263–266.
310. Филандышева, Л.Б. Изучение ритмов зимнего сезона на юго-западе Западно-Сибирской равнины в свете глобальных изменений климата / Л.Б. Филандышева, А.С. Сорока // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2013. Т. 18, вып. 2. С. 710–714.
311. Филандышева, Л.Б. Особенности внутригодовой динамики термического режима природных зон Западно-Сибирской равнины / Л.Б. Филандышева, Е.С. Сапьян // Возможности развития туризма Сибирского региона и сопредельных территорий : материалы Междунар. науч. конф. и школы молодых ученых по измерению, моделированию и информационным систе-

- мам для изучения окружающей среды, 28 июня – 5 июля 2014 г. Томск : НЦГИ, 2014. С. 31–33.
312. Филандышева, Л.Б. Зональные особенности изменения климатического режима Западно-Сибирской равнины и его влияния на геосистемы / Л.Б. Филандышева, Н.С. Евсева, Т.Н. Жилина // География и природные ресурсы. 2015. № 4. С. 33–42.
313. Филандышева, Л.Б. Тенденции изменения сезонных ритмов климата и условий функционирования ландшафтов в подтайге Западно-Сибирской равнины / Л.Б. Филандышева, Т.В. Ромашова // Ландшафтная география в XXI веке : материалы Междунар. науч. конф. «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвящ. 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова», Симферополь, 11–14 сентября 2018 г. Симферополь : Изд-во тип. «Ариал», 2018. С. 189–192.
314. Филандышева, Л.Б. Анализ изменения климатических режимов типов структуры зимнего сезона года для целей развития зимних видов рекреации / Л.Б. Филандышева, Т.В. Ромашова, К.Д. Юркова // Сборник научных статей по результатам семнадцатой Международной научно-практической конференции, посвященной 140-летию ТГУ и 70-летию ТОО РГО, 30 октября–1 ноября 2018 г. Томск, 2018. С. 171–174.
315. Филандышева, Л.Б. Модели климатических режимов типов структуры зимнего сезона года и их динамика / Л.Б. Филандышева, Т.В. Ромашова // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели, прогнозы : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Воронеж, 3–5 октября 2019 г.) / под общ. ред. С.А. Куролапа, Л.М. Акимова, В.А. Дмитриевой. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2019. Т. 1. С. 295–302.
316. Форрестер, Д. Мировая динамика / Д. Форрестер. М. : Наука, 1978. 167 с.
317. Фриш, В.А. Сезонная динамика ландшафтов и многолетняя тенденция их развития (на примере Верхнего Поволжья) / В.А. Фриш, Э.В. Фриш // Известия Всесоюзного географического общества СССР. 1976. Вып. 2. С. 140–147.
318. Харламова, Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула / Н.Ф. Харламова, В.С. Ревякин, Б.А. Леконцев. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2005. 144 с.
319. Харламова, Н.Ф. Оценка и прогноз современных изменений климата Алтайского региона : автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Н.Ф. Харламова. [Место защиты: ФГБУН Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН)]. Барнаул, 2012.
320. Харламова, Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула / Н.Ф. Харламова. Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2013. 110 с.

321. Харламова, Н.Ф. Изучение климата: от А. Гумбольдта до современных прогнозов глобальных изменений. 2014 / Н.Ф. Харламова, И.Н. Ротанова. URL: http://case.asu.ru/files/form_312-25675.pdf (дата обращения: 05.06.2020).
322. Хитрово, В.Н. Климат / В.Н. Хитрово // Природа Орловского края. Орел, 1925. С. 43–44.
323. Хроника жизни Томской // Путь томича. URL: <http://tomich.tomin-tech.ru/hronika/77/> (дата обращения: 09.09.2020).
324. Чернокульский, А.В. Научные знания о глобальном изменении климата и его причинах / А.В. Чернокульский. URL: https://mgimo.ru/upload/2018/04/Chernokulsky_MGIMO_2018.pdf (дата обращения: 11.06.2020).
325. Черский, И.Д. Геологическое исследование Сибирского почтового тракта от озера Байкал до восточного склона хр. Уральского, а также путей, ведущих к Падунскому порогу на р. Ангаре и в г. Минусинск / И.Д. Черский // Записки Академии наук. 1889. Т. 59, кн. 2. С. 1–145.
326. Численность постоянного населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2020 года. М. : Росстат, 2020.
327. Чукреев, В.К. термические показатели для оценок сезонности и зональности / В.К. Чукреев // Известия Всесоюзного географического общества. 1970. Т. 102, вып. 4. С. 325–333.
328. Шакирова, А.Р. Геоэкологический анализ урбанизированных территорий (на примере г. Томска) : дис. ... канд. геогр. наук / А.Р. Шакирова. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2007. 229 с.
329. Шарыгин, М.Д. Среда жизнеобитания: структура, оценка, стабилизация. / М.Д. Шарыгин, Т.В. Субботина // География и окружающая среда / отв. ред. В.В. Дмитриев, Н.С. Касимов, С.М. Малхазова. СПб. : Наука, 2003. С. 114–122.
330. Шац, Н.В. Исследование факторов образования заторных явлений нижнего течения р. Томи) : магистерская диссертация по направлению подготовки: 05.04.04 – Гидрометеорология / Н.В. Шац. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2016. 81 с.
331. Шестюков, Б.Г. Пространственные и сезонные особенности изменений климата в период интенсивного глобального потепления : автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / Б.Г. Шерстюков. [Место защиты: Казан гос. ун-т]. Обнинск, 2007. 327 с.
332. Шигалев, А.А. Руководство для обработки фенологических прогнозов. / А.А. Шигалев. Л. : Гидрометеиздат, 1941. 60 с.
333. Шрайбер, В. Глобальное потепление: история в лицах и фактах / В. Шрайбер // Семь искусств. № 12. URL: <https://litbook.ru/article/11027/> (дата обращения: 26.12.2017).

334. Шульгина, В.С. Архитектурно-пространственная структура прибрежной территории города Томска / В.С. Шульгина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. Т. 21, № 5. С. 74–84.
335. Шульц, Г.Э. Общая фенология / Г.Э. Шульц. Л. : Наука, 1981. 187 с.
336. Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды Томской области в 2005 г. Томск : Томскоблстат, 2005.
337. Экологический мониторинг: Состояние окружающей среды Томской области в 2010 году / гл. ред. А.М. Адам ; редкол.: В.А. Коняшкин, С.Н. Воробьев, Ю.В. Лунева. Томск Графика DTP, 2011. 144 с.
338. Эксперты ВМО подтвердили последние температурные рекорды на планете: в Кувейте и Пакистане температура поднялась до 54 °С // ООН. URL: <https://news.un.org/ru/story/2019/06/1357631> (дата обращения: 18.06.2019).
339. Юркова, К.Д. Многолетние изменения сезонных ритмов климата в подтайге Томской области и их значение для рекреации : магистерская диссертация по направлению подготовки: 05.04.02 – География / К.Д. Юркова. [Место защиты: Нац. исслед. Том. гос. ун-т]. Томск, 2018. 13 с.
340. Якимова, А.М. Влияние городской застройки на изменение структуры естественных водоёмов на примере г. Томска / А.М. Якимова, И.В. Куликова // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 5. С. 78–87.
341. Янковская, А.Е. Мониторинг сезонов года и оптимизация выбора сроков вторичной профилактики хронических болезней / А.Е. Янковская, Г.Е. Соколович, Т.В. Ромашова // Мониторинг здоровья населения и окружающей среды. Технологии и информационные базы данных : тез. докл. IX Междунар. симпозиума, 28 апреля – 5 мая 2001 г., Греция, о. Крит). М., 2001. С. 155–157.
342. Ястремская, З.И. Особенности развития эрозионных процессов в Томской области / З.И. Ястремская // Вопросы географии Сибири. 1980. Вып. 13. С. 50–53.
343. Barretoa Philipe de Souto Why are we failing to promote physical activity globally? URL: <https://www.who.int/bulletin/volumes/91/6/13-120790.pdf>
344. Brohan, P. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: a new dataset from 1850 / P. Brohan, J.J. Kennedy, I. Harris, S.F.B. Tett, P.D. Jones // J. Geophysical Research. 2006. № 111. P. 1–35.
345. Bryner, J. Whoa! Alaska Is Hotter Than NYC. Here's Why / J. Bryner. URL: <https://www.livescience.com/65877-anchorage-alaska-record-breaking-heat.html> (дата публикации: 05.07.2019).

346. Can we make better graphs of global temperature history? URL: <http://www.realclimate.org/index.php/archives/2014/03/can-we-make-better-graphs-of-global-temperature-history/> 13.03.2014
347. Commission for climatologi: over eighty years of service. Geneva, Switzerland : World Meteorological Organization, 2011. № 1079. 60 p.
348. Filandysheva, L.B. Zonal features of climate regime of the West Siberian Plain and its influence on geosystems / L.B. Filandysheva, N.S. Evseeva, T.N. Zhilina // *Geography and Natural Resources*. 2015. V. 36, № 4. P. 341–349.
349. Filandysheva, L.B. Seasonal climatic rhythms on the West Siberian Plain / L.B. Filandysheva, L.N. Okisheva // *Polar Geography*. 1995. № 19(4). P. 267–276. DOI: 10.1080/10889379509377576
350. Filandysheva, L.B. Analysis of the Dynamics of Time Characteristics of Seasons of the Year in the Subtaiga Subzone (Hemiboreal Forests) of the West Siberian Plain Over the Period From 1936 to 2015 / L.B. Filandysheva, T.V. Romashova, X.D. Yurkova, E.S. Sapian // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018. Vol. 204. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/204/1/012010/meta> (дата обращения: 15.02.2019).
351. Fischer, E.M. Anthropogenic contribution to global occurrence of heavy precipitation and high-temperature extremes / E.M. Fischer, R. Knutti // *Nature climate change*. 2015. № 5. P. 560–564. URL: <http://www.nature.com/nclimate/journal/v5/n6/full/nclimate2617.html> (дата обращения: 28.02.2016).
352. GISS Surface Temperature. Analysis // NASA. URL: https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/graph_data/Hemispheric_Temperature_Change/graph.png В <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/#> (дата обращения: 02.01.2020).
353. Global Climate Indicators // BMO. URL: <https://gcos.wmo.int/en/global-climate-indicators>
354. Hansen, J. Perception of climate change. 11.09.2012 109 (37) / J. Hansen, M. Sato, R. Ruedy // *PNAS*. URL: <https://www.pnas.org/content/109/37/E2415.full>
355. IPCC, 2019: Summary for Policymakers. In: *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* / H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.). In press. 24.09.2019. 45 p. URL: https://report.ipcc.ch/srocc/pdf/SROCC_SPM_Approved.pdf
356. IPCC. Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers 2014. 32 p. URL: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf
357. Ivanov, V. Arctic Sea Ice Decline in the 2010s: The Increasing Role of the Ocean—Air Heat Exchange in the Late Summer / V. Ivanov, M. Varentsov,

- T. Matveeva, I. Repina, A. Artamonov, E. Khavina // Atmosphere. 2019. № 10 (4). 184 p. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/10/4/184/htm>
358. Ponomarenko, S. Western Siberian hemiboreal forests. 2017 / S. Ponomarenko. URL: <https://www.worldwildlife.org/ecoregions/pa0444>
359. Reporting on the State of the Climate in 2018. NOAA. URL: <https://www.ncei.noaa.gov/news/reporting-state-climate-2018>
360. Romanovsky, V.E. Permafrost thermal state in the polar Northern Hemisphere during the international polar year 2007–2009: a synthesis / V.E. Romanovsky, S.L. Smith, H.H. Christiansen. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ppp.689> (дата обращения: 08.06.2010).
361. Romashova, T.V. The role of climatic risks in erosion advancing in the south of Tomsk Region / T.V. Romashova // BioClimLand. 2013. № 2. P. 32–34.
362. Romashova, T.V. Regime vento come fattori di rischio naturale nel sud-est della Siberia occidentale / T.V. Romashova, N.S. Evseeva // Italian Science Review. 2014. № 1 (10). P. 235–238. URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/january/Romashova-Evseeva.pdf>
363. The Global Climate in 2015–2019. WMO: Geneva, Switzerland, 2019. 24 p. URL: https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21522#.XhQZskeza70/
364. Wallace, S. Broecker. Climatic Change: Are We on the Brink of a Pronounced Global Warming? / S. Wallace // Science. 08.08.1975. Vol. 189, is. 4201. P. 460–463. URL: <https://science.sciencemag.org/content/189/4201/460>
365. WMO Provisional Statement on the State of the Global Climate in 2019. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10108

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

**Признаки наступления естественно-климатических структурных единиц года в Томске по:
[30, 239, 256, 257, 282, 317, 332]**

Часть	Структурная единица	Климатический показатель				Абсолютная влажность, мб	Характер подстилающей поверхности	Фенологический индикатор
		Температура за сутки, °С						
		средняя	максимальная	минимальная				
ХСЧЦ	Зима	Умеренно-морозная	0	-5 -6	-	Установление устойчивого снежного покрова	Глубокий покой живой природы Оживление в природе – пение зимующих птиц, переход деревьев и кустарников в стадию вынужденного покоя	
		Значительно-морозная	-16 на спаде температур	-	-	Наибольшая отражательная способность поверхности, максимальное промерзание почв		
		Предвесенные	-16 на подьёме температур	-	-	Достижение максимальной высоты снежного покрова		
Весна	Снеготаяние	-8			Радиационный прогрев снежной толщи, пролитывание снега водой, достижение максимальной плотности, разрушение устойчивого СП, уменьшение альбедо до 60%			

Структурная единица		Климатический показатель				Характер подстилающей поверхности	Фенологический индикатор
		Температура за сутки, °С			Абсолютная влажность, мБ		
		средняя	максимальная	минимальная			
Часть	Сезон	Фаза					
		Послезимье	3	выше 0	ниже 0	Возможность временных СП	Возвращение птиц с юга, оттаивание почвы на глубину залегания корней, сокодвижение березы, возобновление вегетации озимых
ВЧГЦ		Предлетье	5	10	0	5–6	Начало вегетации трав, набухание почек древесных пород, пробуждение насекомых, пресмыкающихся и земноводных
		Умеренно-прохладное	10	15	5	7–8	Облиственные березы, цветение черемухи, последний заморозок в воздухе, появление всходов зерновых, интенсивный рост побегов, прилёт ласточек
ВЧГЦ	Лето		15 на ветви	20	10	10–13	Цветение шиповника, полностью формируются все ярусы травяного покрова, смыкание полога
		Умеренно-теплое	температуры				листья у деревьев и кустарников, созревание ягод

Структурная единица		Климатический показатель				Характер подстилающей поверхности	Фенологический индикатор		
		Температура за сутки, °С	Абсолютная влажность, мБ						
Часть	Сезон		Фаза	средняя	максимальная	минимальная	плотная влажность, мБ		
			Спад лета	15 на ветви спада	20	10	10–9	Увеличение альbedo подстилающей поверхности	Окончание активной вегетации (начало пожелтения листьев у березы), сев озимой ржи, уборка зерновых, окончание плодоношения деревьев
			Становление осени	10	15	6	9	Первый заморозок на почве	Начало листопада у листовых, кущение озимой ржи, достижение технической спелости капусты и картофеля, впадение в спячку насекомых, отмирание травянистой растительности
			Поздняя осень	5	10	2	6		Окончание листопада у летне-зеленых, массовый отлет птиц, прекращение выпаса скота
ХСЧЦ			Предзимье	0	1	-3		Быстрое выхолаживание поверхности, образование временных неустойчивых СП, увеличение альbedo в два раза	Прекращение вегетации растений и переход их в состояние покоя

Приложение 2

Эрозионно-опасные агроклиматические показатели и годы их проявления на территории г. Томска в период 1967–1997 гг. [239]

Структурная единица годового цикла	Эрозионно опасный агроклиматический показатель		Год проявления показателя
	Название	Типизация показателя по аномальности	
ХСЧГ	продолжительность	короче нормы	1994/95
		длиннее нормы	1982/83
	структура	4-фазная без фазы «предзимье»	
	продолжительность залегания СП	длиннее нормы	1984, 1973, 1975
		короче нормы	1969/70
	глубина промерзания почв	выше нормы	1968, 1969
	общая продолжительность трансформации СП	ниже нормы	1974
сумма осадков	выше нормы	1984/85	
Зима	продолжительность	короче нормы	1982/83, 1973/74
		длиннее нормы	1976/77, 1968/69
	структура	без центральной фазы	1982/83, 1988/89
	сумма температур	выше нормы	1982/83, 1988/89
		ниже нормы	1968/69
Предвесенье	высота СП	выше нормы	1990/91, 1991/92
		ниже нормы	1968/69
Снеготаяние	продолжительность	длиннее нормы	1982/83, 1974/75
		короче нормы	
		короче нормы минимальная	1978/79, 1994/95
	сумма температур	выше нормы	1969/70, 1978/79
	количество осадков	больше нормы	1978
		меньше нормы	1991, 1995
плотность снега	выше нормы	1989, 1993, 1997	
запасы воды в снеге	выше нормы	1991, 1997	
Послезимье	продолжительность	длиннее нормы	1993
		короче нормы	1983, 1984, 1997
	количество осадков	больше нормы	1968/69, 1988/89
		меньше нормы	1980/81, 1973/74
	временный СП	по количеству раз	1989
		большой высоты	1989
		продолжительность большая	1989, 1993
скорость ветра	выше 15 м/с	1993	

Структурная единица годового цикла	Эрозионно опасный агроклиматический показатель		Год проявления показателя
	Название	Типизация показателя по аномальности	
Предлетье	продолжительность	длиннее нормы	1971
	сумма температур	<u>выше нормы</u>	1997, 1981
	количество осадков	больше нормы	1984, 1971
		<u>меньше нормы</u>	1990, 1981, 1987
	количество ливней	больше нормы	1973, 1978, 1997
	скорость ветра	выше 15 м/с	1971
	количество дней с относительной влажностью воздуха менее 30%	больше нормы	1994
Лето	количество осадков	больше нормы	1987
		<u>меньше нормы</u>	1983
	количество дней с относительной влажностью воздуха менее 30%	больше нормы	1994, 1981, 1983
Умеренно-прохладное лето	продолжительность	длиннее нормы	1995
	сумма температур	<u>выше нормы</u>	1995, 1989
	количество осадков	больше нормы	1974, 1986, 1993
		<u>меньше нормы</u>	1992, 1977, 1983
	количество ливней	больше нормы	1972, 1974
	количество дней с осадками	больше нормы	1974
		<u>меньше нормы</u>	1992, 1991
скорость ветра	выше 15 м/с	1970, 1988, 1992	
количество дней с относительной влажностью воздуха менее 30%	больше нормы	1991	
Умеренно-теплое лето	количество осадков	больше нормы	1987, 1990, 1992
	количество ливней	больше нормы	1973, 1987, 1992
Спад лета	количество осадков	больше нормы	1970, 1997
	количество ливней	больше нормы	1969, 1970
Осень	структура	2-фазная без фазы «предзимье»	1975, 1988, 1993
Становление осени	количество осадков	больше нормы	1996, 1974, 1992
Поздняя осень	количество осадков	больше нормы	1994, 1981, 1987
Предзимье	количество осадков	больше нормы	1974, 1984
		<u>меньше нормы</u>	1990, 1996, 1968

Примечания. Подчеркиванием отмечены характеристики, способствующие развитию ветровой эрозии, остальные – водной; годы приведены в порядке уменьшения значения показателя; СП – снежный покров, ХСЧГ – холодно-снежная часть года, ВЧГЦ – вегетационная часть годового цикла.

Формирование пространственной структуры городского округа Томск
в XVII–XXI вв. по: [207, 270, 281, 323, 326]

Населённый пункт	Дата основания	Дата вхождения в состав Томска	Принадлежность к административному району города	Население в 2020 г., чел. / динамика	Причина возникновения	Специализация в настоящее время
Аникино	В конце XVII в.	1961	Кировский	*	Как хутор казаков-поселенцев для производства продовольствия и фуража. Деревня до 1961 г.	Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)
Держинское	1928 г.	2005	Кировский	≈ 2 914	Воспитательная колония для несовершеннолетних	Исправительный центр ФСИН с 2019 г. Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)
Заварзино	1626 г.	1997	Советский	*	Как сельское поселение – деревня, и как дачное место	Сельскохозяйственная (животноводство – племенной совхоз «Заварзино») и рекреационная (садоводческое общество, детские летние лагеря)
Каштак	В конце XVII в.	1957	Ленинский + Октябрьский	50–60 тыс.	Как ритуальное место (кладбище)	Селитебная и производственная
Киргизка	До 1920 г.	2005	Октябрьский	≈ 109	Как сельское поселение – деревня	Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)

Населённый пункт	Дата основания	Дата вхождения в состав Томска	Принадлежность к административному району города	Население в 2020 г., чел. / динамика	Причина возникновения	Специализация в настоящее время
Копылово	1955 г.	2005	Октябрьский	1	Строительство ветки Транссиба «Гайга – Белый Яр»	Железнодорожный разъезд, платформа
Кузовлево	1727 г.	1997	Октябрьский	*	Как сельское поселение – деревня. В XIX в. появились производства: винокуренный завод и мельница вдовы купца Пастухова (в 1899 г. оба предприятия приобретены «Торговым домом “Кухтерин и сыновья”»); мебельная фабрика купца Бударина	Пищевая промышленность: ООО ТПК «САВА»
Лоскутово	1580 г.	2005	Кировский	↘ 3 878		Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)
Родионово	Деревня до 1970 г., упразднена из-за оттока населения	1980-е	Октябрьский + Советский		Как сельское поселение – деревня	Рекреационная (дачный район)
Светлый	1979 г.	2005	Октябрьский	↗ 7 504	Сельское хозяйство	Сельскохозяйственная (животноводство – свинокомплекс и птицефабрика)

Населённый пункт	Дата основания	Дата вхождения в состав Томска	Принадлежность к административному району города	Население в 2020 г., чел. / динамика	Причина возникновения	Специализация в настоящее время
Спутник	1963 г.	1964	Октябрьский		Для проживания обслуживающего персонала учебного ядерного реактора НИИ ядерной физики Томского политехнического университета	Научная
Степановка	1846 г.	1950-е	Кировский	*	Как промышленно-аграрная купеческая заимка и специальное дачное поселение	Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)
Тимирязевское	1895 г.	2005	Кировский	~6 434	Как сельское поселение	Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)
Хромовка	1858 г.	1970-е	Сначала – Советский, сейчас – Октябрьский	*	Как летняя загородная заимка известного томского купца С. Хромова	Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)
Черемошники	В конце XIX в.	Начало 1900-х гг.	Ленинский	*	Как стихийный рабочий посёлок Речная пристань и железнодорожная станция. В начале XX века в южной части района возникло несколько промышленных предприятий, в числе которых мельницы Фуксмана и	Транспортная (речпорт) и промышленная (лесопереработка, пищевая, химическая)

Населённый пункт	Дата основания	Дата вхождения в состав Томска	Принадлежность к административному району города	Население в 2020 г., чел. / динамика	Причина возникновения	Специализация в настоящее время
Эушта	XVII в.	2005	Кировский	≈470	Кухтерина (1907 г.), фабрика по производству карандашной дощечки (1912 г.) и городская скотобойня Как сельское поселение	Селитебная и рекреационная (жилой и дачный район)

Примечание. * Отдельно численность не подсчитывалась.

Научное издание

**Лариса Борисовна ФИЛАНДЫШЕВА
Татьяна Владимировна РОМАШОВА
Ксения Демьяновна ЮРКОВА**

**ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
г. ТОМСКА И ДИНАМИКА СЕЗОННЫХ РИТМОВ
В УСЛОВИЯХ
ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

Редактор Ю.П. Готфрид
Оригинал-макет А.И. Лелююр
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

Подписано к печати 04.03.2021 г. Формат 70×100¹/₁₆.
Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.
Печ. л. 15,8. Усл. печ. л. 20,6.
Тираж 500 экз. Заказ № 4568

Отпечатано на оборудовании
Издательства Томского государственного университета
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36
Тел. 8+(382-2)–52-98-49
Сайт: <http://publish.tsu.ru>
E-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-979-2



9 785946 219792