

**ТАВРИЧЕСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени В.И. ВЕРНАДСКОГО**

На правах рукописи

ПАРУБЕЦ ОЛЬГА ВИКТОРОВНА

УДК 911.52:53:572.021 (477.75) "19-20"(043.5)

**ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ
ТРАНСФОРМАЦИИ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ В КРЫМУ
В XX – НАЧ. XXI ВВ.**

Специальность 25.00.23 – физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

**Диссертация на соискание научной степени
кандидата географических наук**

Научный руководитель
Боков Владимир Александрович,
доктор географических наук,
профессор

Симферополь – 2014

СОДЕРЖАНИЕ

| | стр. |
|---|------|
| ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| РАЗДЕЛ 1. ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ | 11 |
| 1.1. Определение понятий «природно-антропогенные факторы» и «физико-географические процессы» | 11 |
| 1.2. Классификация физико-географических процессов | 16 |
| 1.3. История изучения физико-географических процессов | 20 |
| Выводы по разделу | 25 |
| РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ | 27 |
| Выводы по разделу | 32 |
| РАЗДЕЛ 3. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ | 34 |
| 3.1. Физико-географическая характеристика территории Крыма | 34 |
| 3.2. Изменения и колебания климата | 42 |
| 3.2.1. Факторы изменения климата | 43 |
| 3.2.2. Динамика типов циркуляции по Б.Л. Дзержевскому | 46 |
| 3.2.3. Колебания климата в Крыму за 110 лет | 51 |
| Выводы по разделу | 67 |
| РАЗДЕЛ 4. АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ | 68 |
| 4.1. Периодизация системы хозяйства Крыма в XX–XXI вв. | 68 |
| 4.2. Динамика структуры земельного баланса Крыма | 77 |

| | |
|--|-----|
| Выводы по разделу | 79 |
| РАЗДЕЛ 5. ТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА | 82 |
| 5.1. Изменение климата, вызванное антропогенными факторами | 82 |
| 5.1.1. Изменение климата, связанное с орошением | 82 |
| 5.1.2. Процессы радиационного обмена, тепло- и влагообмена | 92 |
| 5.1.3. Заморозки, засухи | 95 |
| 5.2. Изменение речного стока | 102 |
| 5.2.1. Влияние антропогенных факторов на изменение стока в бассейне р. Салгир | 102 |
| 5.3. Трансформация экзогенных геоморфологических процессов | 114 |
| 5.3.1. Сокращение пляжей, абразионные процессы | 114 |
| 5.3.2. Оползни | 122 |
| 5.3.3. Осыпи | 129 |
| 5.3.4. Скальные обвалы | 131 |
| 5.3.5. Сели | 133 |
| Выводы по разделу | 137 |
| ВЫВОДЫ | 140 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 142 |

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

| | |
|--------|---|
| АРК | Автономная Республика Крым |
| вв. | веках |
| ВОВ | Великая Отечественная война |
| г. | год |
| г. | гора |
| др. | другое |
| кв. км | квадратный километр |
| км | километр |
| куб. м | кубический метр |
| м | метр |
| мм | миллиметр |
| НАН | Национальная академия наук Украины |
| р. | река |
| рис. | рисунок |
| стр. | страницы |
| тыс. | тысяч |
| табл. | таблица |
| ТНУ | Таврический национальный университет имени В.И. Вернадского |
| ЭЦМ | элементарные циркуляционные механизмы |
| ЮБК | Южный берег Крыма |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В XX веке, особенно в последние десятилетия, возросшее техногенное воздействие привело к росту количества природных стихийных бедствий. Нередко имеют место резонансные колебания, интерференционные эффекты, цепные реакции, действуют положительные обратные связи. Это часто приводит к резкому усилению процессов и к проявлению чрезвычайных ситуаций.

О том, что хозяйственная деятельность человека стала активным геологическим фактором, было подчеркнуто в 20–30-е годы В.И. Вернадским [29], хотя еще раньше о значении антропогенных факторов в преобразовании лика Земли говорили Дж. Марш [104], А.И. Воейков [30], В.В. Докучаев [60]. Во второй половине XX века этой проблеме были посвящены многочисленные работы: сделаны эмпирические и теоретические обобщения А.М. Рябчиковым [151, 106], Е.В. Милановой [106], Р.К. Баландиным, В.П. Бондаревым [11], Э.П. Романовой [149], А.Ю. Ретеюмом [147, 148], Г.Н. Голубевым [40], С.П. Горшковым и А.В. Кушлиным [43] и др.

В Крымском регионе физико-географические процессы имеют свою специфику, связанную с особым сочетанием геологического строения, геоморфологических и климатических условий, палеогеографической истории, трансгрессиями и регрессиями морей, изменением очертания береговой линии, а также хозяйственной деятельности.

В Крыму детально изучены экзогенные геоморфологические процессы (карст, оползни, сели, абразия, водная эрозия и др.), речной сток. Слабее изучены процессы, связанные с теплооборотом и влагооборотом, а также сопряжение всех перечисленных процессов, зависимость от ландшафтных условий, от природных и техногенных факторов, взаимозависимость процессов. Таким образом, изучение закономерностей изменения и взаимодействия комплекса физико-географических процессов под влиянием,

как антропогенной составляющей, так и природных факторов является достаточно актуальным исследованием.

Физико-географические процессы уже нельзя называть чисто природными процессами. Необходимо учитывать преобразования в системе хозяйствования Крыма, приведшие к изменениям в структуре землепользования полуострова, что, в свою очередь, наложило отпечаток на трансформацию физико-географических процессов.

В связи с этим под физико-географическими процессами понимается смена состояний геокомпонентов и геосистем разных рангов, обусловленная совокупным действием внешних природных и антропогенных факторов, а также внутренних факторов, связанных с составом и структурой геосистем.

В диссертации рассматриваются преимущественно элементарные физико-географические процессы, которые допускают параметризацию и относительно просты для причинно-следственного анализа.

Цель исследования – проанализировать природно-антропогенные факторы трансформации физико-географических процессов на территории Крымского полуострова в XX – XXI вв.

Задачи исследования:

1. Рассмотрена история изучения физико-географических процессов.
2. Изучена динамика климатических изменений в Крыму, выявлены тренды и циклы температуры воздуха и сумм атмосферных осадков с конца XIX до начала XXI вв. Установлена связь климатических колебаний в Крыму с элементарными циркуляционными механизмами по Б.Л. Дзердзеевскому.
3. Выделены периоды развития хозяйства в Крымском регионе в XX – начале XXI вв. В соответствии с ними показаны динамика структуры земельного баланса и характер изменения физико-географических процессов.
4. Показано влияние изменения характера землепользования на трансформацию теплового и водного баланса.
5. Раскрыты закономерности влияния орошения на температуру воздуха и атмосферные осадки в орошаемых районах Крыма.

6. Раскрыты факторы активизации экзогенных геоморфологических процессов в Крыму.

Объектом исследования являются природные и антропогенные факторы формирования физико-географических процессов.

Предмет исследования – закономерности пространственно-временной трансформации физико-географических процессов на территории полуострова, обусловленные сочетанием природных и антропогенных факторов.

Научная новизна:

1. Уточнено определение понятия «физико-географические процессы», под которыми понимается смена состояний геокомпонентов и геосистем разных рангов, обусловленная совокупным действием внешних природных и антропогенных факторов, а также внутренних факторов, связанных с составом и структурой геосистем.

2. Впервые проанализирована динамика климата Крымского региона за период с 1881 года по 2013 годы и составлен прогноз для среднегодовой температуры воздуха с 2014 по 2023 годы.

3. Впервые выявлены и проанализированы наиболее существенные социально-экономические факторы, оказывающие значительное влияние на физико-географические процессы в Крыму в XX – начале XXI вв.

4. Произведена оценка влияния орошения на летние температуры воздуха в Присивашье.

5. Выявлено влияние изменения структуры землепользования на составляющие теплового и водного баланса в регионе.

6. Показана роль метеорологических факторов и антропогенной деятельности в динамике экзогенных геоморфологических процессов.

Методология и методы исследования. Концептуальной основой исследования выступают работы А.А. Григорьева [45, 46, 47, 48, 49], в которых сформулировано понятие о физико-географических процессах, закон интенсивности физико-географического процесса, работы

М.И. Будыко [23], Д.Л. Арманда [7, 8], С.Д. Муравейского [109], И.И. Мамай [102, 103], В.С. Преображенского [142], Г.Е. Гришанкова [52], А.Ю. Ретеюма [147, 148], А.В. Позднякова и И.Г. Черванева [136], К.Н. Дьяконова и Ю.Г. Пузаченко [64], В.М. Петлина [131], А.В. Холопцева [167] и др.

В работе использованы: метод адаптивного баланса влияний [161], метод статистического сравнения, дисперсионный анализ, сравнительный метод, метод множественной регрессии с применением в качестве аргументов глобальных и региональных факторов.

Составление карт осуществлялось при помощи программы ArcGis.

Исходные материалы. Исходными материалами для написания диссертационной работы послужили фондовые материалы научной библиотеки Крымского республиканского краеведческого музея «Таврида», архива Крымского агротехнологического университета, фондовые и архивные материалы Государственного архива АРК, Центральной геофизической обсерватории (г. Киев), Симферопольского управления статистики АРК, Крымского научно-исследовательского центра института гидротехники и мелиорации НААН, Республиканского комитета АРК по лесному и охотничьему хозяйству, Республиканского комитета АРК по водохозяйственному строительству и орошаемому земледелию, Республиканского комитета по земельным ресурсам, Салгирского межрайонного управления водного хозяйства, Республиканского комитета по экологии и природным ресурсам.

Были использованы данные климатических и гидрологических справочников, электронные ресурсы сайтов European Climate Assessment & Dataset [177] и Погода в 243 странах мира [134], а также материалы наблюдений на Карадагском ландшафтно-экологическом стационаре, полученные в ходе экспедиций кафедры геоэкологии ТНУ имени В.И. Вернадского.

Практическое значение работы. Материалы диссертации используются в учебном процессе при проведении практических работ в

рамках курсов «Устойчивое развитие» и «Экологическое картографирование» на географическом факультете Таврического национального университета имени В.И. Вернадского (акт о внедрении от 10.10.2014.), при выполнении плановых научно-исследовательских работ Крымским научным центром НАН Украины (акт о внедрении от 07.09.2014, № 14/24).

Результаты диссертационной работы также могут быть использованы как дополнительный материал к лекциям по следующим дисциплинам: «Природа и экология Крыма», «Территориальное планирование».

Результаты диссертации могут послужить основой для разработки мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций, связанных с опасными гидрометеорологическими явлениями.

Связь с научными программами, планами, темами. Исследования по теме диссертационной работы явились составной частью научно-исследовательских работ кафедры геоэкологии Таврического национального университета имени В.И. Вернадского: «Прогнозирование экогеодинамических процессов на территории Крымского полуострова в XX веке в связи с изменением климата» (№ госрегистрации 0108U000758) (2008–2009), «Трансформация структуры водного баланса на территории Крыма в XX в. – начале XXI в. и ее оптимизация» (№ госрегистрации 0110U002247) (2010–2011), «Ландшафтно-географические основы обеспечения экологической безопасности Крымского региона на базе современных методов контроля и обработки наземной и космической информации» (№ госрегистрации 0111U000918), а также международного проекта кафедры геоэкологии Таврического национального университета имени В.И. Вернадского: «Совершенствование образования в сфере экологического менеджмента» (Контракт № 144746-TEMPUS-2008-RU-JPCR) (2009–2012).

Личный вклад автора в работу. Основные положения, изложенные в диссертации, были сформулированы автором самостоятельно. Автору принадлежат периодизация системы хозяйствования, анализ климатических

колебания в Крыму с 1881 по 2013 годы, прогноз температуры воздуха в Крыму с 2013 по 2023 годы, расчеты, касающиеся подтверждения факта влияния орошения на температуру воздуха орошаемых районов Крыма, карты структуры земельного баланса в пределах бассейна р. Салгир.

Апробация работы. Результаты работы докладывались на Всеукраинских конференциях с международным участием «Молодые ученые – географической науке» (Киев, 2009, 2010); научных конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов «Дни науки ТНУ имени В.И. Вернадского» (Симферополь, 2010, 2011); IV Всеукраинской научной конференции с международным участием для молодых ученых «Актуальні проблеми дослідження довкілля» (Сумы, 2011), а также на летней школе «Ecosystem vulnerability to climate change: methods for assessment, observations, and forecast» (Будапешт, 2011).

Публикация результатов. По теме диссертации опубликовано 24 работы, из них 8 – в научных специализированных изданиях, утвержденных ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация включает введение, 5 глав, выводы. Список используемых литературных источников составляет 182 издания. Общий объем работы 159 страниц. Работа содержит 41 рисунок, 29 таблиц, 12 формул.

Благодарность. Автор благодарит И.Е. Тимченко за консультации по вопросам применения метода адаптивного баланса влияний, А.В. Холопцева за помощь в составлении прогностической модели для среднегодовых температур воздуха в Крыму и Н.К. Кононову за консультации по вопросам проявления элементарных циркуляционных механизмов, выделенных Б.Л. Дзердзеевским.

РАЗДЕЛ 1

ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. Определение понятий «природно-антропогенные факторы» и «физико-географические процессы»

Под факторами понимаются те явления и объекты, которые выступают причинами проявления других явлений и объектов. Обычно первые предшествуют вторым, то есть между ними устанавливается временная причинно-следственная связь [111, 165].

В качестве природных факторов трансформации физико-географических процессов можно рассматривать тектонические процессы и структуры, литологию, крупные формы рельефа, климатические колебания. Они находятся как бы за пределами физико-географических комплексов, действуют извне по отношению к последним. Уже в пределах физико-географических комплексов процессы формируются при участии микрорельефа, почвенного покрова, растительности, поверхностных и подземных вод, которые являются составной частью комплексов и поэтому факторами могут быть названы лишь условно. Среди внешних факторов наибольшее значение в пределах рассматриваемого периода времени представляет изменение климата. В связи с этим в работе наибольшее внимание было уделено этому фактору.

Под антропогенными факторами мы понимаем воздействия, оказываемые человеком и его деятельностью: распашка, орошение, строительство водохранилищ, вырубка и посадка лесополос и лесных насаждений, рост площади населенных пунктов, строительство дорог и т.д. Произведена периодизация их проявлений в связи с социально-экономическими этапами развития хозяйства Крыма на протяжении XX – XXI вв. (см. раздел 4).

Понятие «процессы» (от лат. *processus* – продвижение) имеет очень широкий спектр употребления. В общем смысле под процессом понимается последовательная смена состояний, стадий развития объекта или явления во времени. В зависимости от области науки или практики, которой принадлежит процесс, рассматривают физические, химические, биологические, социальные, психические, политические, экономические, информационные и другие виды процессов [21].

В географии под физико-географическими процессами понимается последовательное изменение природных явлений в географической оболочке и ландшафтах, сопровождающееся передачей или обменом вещества, энергии и информации, приводящее к изменениям тех или иных характеристик состояния ландшафта. К физико-географическим процессам относятся: геоморфологические, гидрологические, климатические, биологические, ландшафтные процессы [174].

В целом можно сказать, что в географии процессами называют любые изменения географических явлений и объектов. В географии исследователи не имеют дело с непрерывно идущими процессами на уровне секунд, молекул, атомов. Разнообразие явлений в ландшафте, большой разброс пространственных и временных масштабов явлений определил специфические подходы к их изучению, регистрации, измерениям. Фиксация состояния явлений и объектов происходит, как правило, через довольно длительные промежутки времени – месяц, год, 5 лет и т.д. По этим временным срезам судят об изменениях явлений и объектов.

Одним из первых на роль процессов в ландшафте еще в конце XIX века обратил внимание У.М. Дейвис [176], разработавший учение о географических циклах, вложив в это понятие представление о стадийном развитии рельефа земной поверхности в форме триады «структура – процесс – стадия».

Наиболее фундаментально вопрос о процессах в географии рассмотрел А.А. Григорьев в 30–50-е годы XX века. Он ввел понятие «физико-

географические процессы» [46] и попытался сформулировать закон интенсивности физико-географического процесса [47, 48, 49]. Смысл указанного закона по А.А. Григорьеву заключается в том, что «интенсивность всех видов внешнего физико-географического процесса суши и связанные с нею особенности структуры этого процесса зависят от тепловой энергии, присущей данной территории, и от соотношения ее с влагой». Максимальная интенсивность процесса при данном количестве тепла наблюдается при оптимальном соотношении тепла и влаги, когда годовое количество осадков несколько превышает величину испаряемости. При этом условии все слагаемые физико-географического процесса развиваются наиболее интенсивно.

В Краткой географической энциклопедии [93] Д.Л. Арманд дает следующее определение понятия «физико-географические процессы» – природные процессы, протекающие в географической оболочке и заключающиеся в изменении количества вещества и энергии, формы и других свойств компонентов ландшафта или его территориальных единиц. Примерами физико-географических процессов могут служить: атмосферная циркуляция, влагооборот, процесс рельефообразования под влиянием эндо- и экзогенных сил, почвообразовательный процесс, сезонные и вековые изменения растительности и животного мира, а также более сложные процессы взаимодействия между компонентами ландшафта. Интенсивность физико-географических процессов постоянно меняется, происходит их ускорение или замедление. В ходе физико-географического процесса происходит передача вещества и энергии от одних тел к другим, слагающаяся в цепь причин и последствий, приводящая к развитию или затуханию процесса.

А.А. Григорьев раскрывал сущность процесса в соответствии с укоренившимся покомпонентным подходом, т. е. рассматривал его как совокупность традиционно-компонентных составляющих, или звеньев: климатического, гидрологического, геоморфологического и др.

Идеи А.А. Григорьева были развиты в работах М.И. Будыко [23], Д.Л. Арманда [6, 7, 8], С.Д.Муравейского [109], Ю.Г. Симонова [154].

М.И. Будыко пришел к заключению, что «единственной характеристикой, определяющей условия интенсивности физико-географического процесса», является параметр R/Lr , где R – средний годовой радиационный баланс, L – скрытая теплота парообразования, r – среднее годовое количество осадков. Впоследствии этот параметр получил известность как радиационный индекс сухости [23].

Д.Л. Арманд писал, что процессы представляют собой, как бы, упругие связи, протягивающиеся между всеми элементами ландшафта [8]. Он считал, что интенсивность физико-географических процессов ограничена: запасом потенциальной энергии участвующих в процессах масс; количеством и годовым ходом поступления тепловой энергии. Количественными характеристиками процессов, протекающих в геосистемах, выступают баланс вещества и энергии. В условиях естественного ландшафта для этого могут служить такие показатели, как коэффициент использования солнечной энергии, продуктивность биомассы, интенсивность размножения, в неживой природе – интенсивность денудации и т.п. Структура геосистем определяет весь ход развития процессов. Большая часть саморазвивающихся систем характеризуется положительными обратными связями, вследствие чего процесс развития сам себя усиливает. Но затем возникают отрицательные обратные связи, которые тормозят процесс и приводят к его затуханию или даже направляют в обратную сторону.

С.Д. Муравейский главными физико-географическими факторами, формирующими природные комплексы, как географическое целое, считал климат, сток и рельеф [109].

А.Г. Исаченко предложил в качестве звеньев интегрального физико-географического процесса считать не компонентные процессы, а потоки субстанции, «пронизывающие» разные компоненты: энергообмен,

влагооборот, биогенный и абиогенный круговороты веществ в конкретных геосистемах того или иного уровня [74].

Обзор исследованиям процессов в западной географии дал К. Грегори [179]. Он анализирует процессы, имеющие место в отдельных физико-географических компонентах. Особое внимание уделено геоморфологическим процессам. Последние детально рассматривались также в советской и российской географии.

Во второй половине XX – начале XXI веков все большее влияние на трансформацию процессов в географической оболочке стали оказывать антропогенные факторы. Произошел рост производства, что способствовало увеличению объемов отходов. Интенсификация сельского хозяйства, главным образом, в 60–80 годы привела к распашке больших земельных площадей, увеличению орошаемых угодий. К 2009 году площадь населенных пунктов увеличилась в два раза по сравнению с 50-ми годами. Произошло сложное переплетение социально-экономических, природных и техногенных явлений. Поэтому физико-географические процессы уже нельзя назвать чисто природными процессами, необходимо учитывать преобразования в системе хозяйствования.

С учетом этого обстоятельства в данной работе **под физико-географическими процессами понимается** смена состояний геокомпонентов и геосистем разных рангов, обусловленная совокупным действием внешних природных и антропогенных факторов, а также внутренних факторов, связанных с составом и структурой геосистем.

В диссертации рассматриваются преимущественно элементарные физико-географические процессы, которые допускают параметризацию и относительно просты для причинно-следственного анализа.

1.2. Классификация физико-географических процессов

Большую трудность представляет то, что географические системы (ландшафты и др.) интегрируют крайне разнородные объектов: горные породы, воду, воздух, почвы, растительность, животный мир, человека вместе с продуктами его деятельности [21]. Поэтому ограничить выбор рассматриваемых в диссертации физико-географических процессов осуществить достаточно сложно. Обратимся к классификации процессов.

Классификация физико-географических процессов проводится по многим основаниям деления.

1. По средам:

- в воздухе;
- в воде;
- в почве и грунте.

Хотя есть процессы, которые одновременно охватывают разные среды, например: дефляция (охватывает почво-грунты и воздух), водная эрозия (охватывает воду и почво-грунты) и т.д.

2. По пространственному рисунку процессы могут иметь:

- сплошное распространение;
- пятнистое;
- точечное;
- линейное;
- древовидное.

3. По характеру проявления во времени:

- постоянные;
- эпизодические;
- ритмические;
- циклические.

4. По типам потоков:

- процессы радиационного обмена: приход солнечной радиации, отражение, поглощение, излучение;

- процессы теплообмена: затраты тепла на испарение, турбулентный поток тепла, потоки тепла в почве;
- процессы влагообмена: поверхностный сток, атмосферные осадки, испарение, инфильтрация в почвенном слое, подземный сток, поверхностный сток;
- процессы переноса минерального вещества – экзогенные геоморфологические процессы: сели, дефляция, абразия, оползнеобразование, осыпные процессы, русловая эрозия (донная и боковая), склоновая эрозия, аккумуляция твердого материала (в том числе заиление водохранилищ, заполнение рыхлым материалом днищ долин), плоскостная эрозия (смыв почвы с полей), крип и др.;
- биоценоотические: сукцессии, трофические взаимодействия, формирование биомассы и др.

Специфика географических исследований такова, что исследователь имеет возможность фиксировать не весь спектр процессов в пространстве и времени, а лишь отдельные фазы и отрезки процессов.

В последние десятилетия все чаще говорят о возрастающем антропогенном влиянии деятельности социума. Любой физико-географический процесс можно рассматривать как результат природных и антропогенных факторов. На развитие или затухание тех или иных процессов в разные годы влияли как колебание климата, так и усиление или спад хозяйственной деятельности, что также связано с историческими, социальными и политическими аспектами [21].

В.А. Боковым предложена классификация физико-географических процессов по степени сложности и проявления антропогенных (социально-хозяйственных) факторов. Наряду с чисто природными процессами здесь представлены природно-антропогенные процессы (табл. 1.1).

1. Первичные (элементарные) процессы имеют физико-механическую, химическую и/или биологическую природу: испарение, растворение газов в воде, фотосинтез. Они образуют элементарные единицы для географического синтеза [1].

2. Второй уровень физико-географических процессов: первичные формы переплетаются и образуют более сложные процессы: сток, эрозия, заболачивание и др. На этом же уровне находятся такие процессы как засуха, заморозки.

3. Третий уровень соответствует объединению процессов в еще более сложные группы: влагооборот, теплооборот, биогеоцикл, почвообразовательный процесс. По мнению И.А. Авессаломовой, К.Н. Дьяконова и др. [1] эти процессы приближаются к смыслу, который вкладывал А.А. Григорьев, говоря об интегральных физико-географических процессах.

4. Однако есть еще более сложные процессы, которые включают преобразование ландшафтов и геосистем в целом. Речь идет о процессах смены состояний: А.А. Крауклис [94], Н.Л. Беручашвили [12], И.И. Мамай [103], экотонизации ландшафтов: В.С. Залетаев [70], Т.В. Бобра [14, 15, 16] и др. Таким образом, процессы динамики территориальных систем в целом следует отнести к четвертой группе.

5. Можно также выделить пятую группу процессов, связанных с экономико-географическими явлениями: процессы урбанизации, формирования энерго-производственных комплексов. В этих процессах ведущее значение приобретают социально-экономические явления, переплетенные с физико-географическими процессами.

Между названными группами процессов есть много промежуточных. Поэтому границы между элементарными и комплексными процессами довольно условны.

Таблица 1.1

Классификация физико-географических процессов по степени сложности и проявления антропогенных (социально-хозяйственных) факторов [21]

| Уровни проявления социально-хозяйственных факторов | Уровни сложности | | | |
|--|---|---|---|---|
| | Элементарные | Комплексные | Сложные | Очень сложные |
| Социально-хозяйственные факторы не влияют на процессы (физико-географические процессы в чистом виде) | физическое испарение, выветривание, осыпи, пучение грунта, тепловые потоки в почве, оползание и оплывание грунта, метелевый перенос снега, солифлюкция, крип, делювиальный снос и др. | транспирация, сток, заболачивание, карст, абразия, аллювиальный, оползни, паводки, сели, снежные лавины, русловая, аккумуляция, и др. | почвообразовательный процесс, биологический круговорот, засухи, заморозки, энергообмен, влагооборот, биогенный и абиогенный круговороты веществ и др. | смена состояния ландшафта, экотонизация и др. |
| Слабое проявление | Те же процессы, но с некоторым участием антропогенных факторов | | | |
| Умеренное проявление | Те же процессы, но с активным участием антропогенных факторов | | | |
| Сильное проявление | Те же процессы, но с доминирующим участием антропогенных факторов + посадки леса, террасирование склонов, рубка леса, деструктивные и аккумулятивные процессы вдоль магистральных мелиоративных каналов, подтопление, деструктивные и аккумулятивные процессы в районах открытой добычи полезных ископаемых, карстовые процессы на урбанизированных территориях, загрязнение природных сред, формирование техногенных ландшафтов, процессы природопользования | | | |

Процессы на одном уровне могут выступать факторами на другом уровне. Например, циркуляционные процессы могут рассматриваться физико-географическими процессами на уровне географических поясов и

зон. Они влияют на радиационный и температурный режимы, облачность, атмосферные осадки. Последние, в свою очередь, выступают факторами по отношению к речному стоку и другим процессам влагооборота в ландшафтах. Процессы тепло- и влагооборота в ландшафтах выступают факторами почвообразования и биопродуктивности.

Орошение является, с одной стороны, процессом, поскольку это искусственное увлажнение почвы. Одновременно орошение является фактором, способствующим изменению режима температуры воздуха и атмосферных осадков.

Таким образом, факторы и процессы сплетены в ландшафтных системах в сложную цепь причин и следствий.

1.3. История изучения физико-географических процессов в Крыму

В Крымском регионе физико-географические процессы имеют свою специфику, связанную с особым сочетанием геологического строения, геоморфологических и климатических условий, палеогеографической истории, трансгрессиями и регрессиями морей, изменением очертания береговой линии.

Многочисленные исследования посвящены изучению геолого-геоморфологических процессов: М.В. Муратов [110], В.Н. Дублянский [61, 62, 63, 92], А.Н. Олиферов [114, 115, 117, 121], А.В. Лущик [102], А.А. Ключкин [78, 79, 80, 81, 82], Б.А. Вахрушев [24, 92], А.Б. Климчук [76], Г.Н. Амеличев [4, 92], В.В. Юдин [170, 171, 172] и др. В последние десятилетия усилились исследования, посвященные береговой зоне и дну Черного и Азовского морей: Ю.Г. Юровский [173], В.А. Емельянов, А.А. Пасынков и др. [35], А.И. Шеко [144] и др.

В течение XX века, особенно во второй половине, значительное внимание было уделено экзогенным геоморфологическим процессам, которые непосредственно формируются в пределах ландшафтных

комплексов. История их исследования проанализирована в книге [162]. В 1930 году в Крыму была создана первая в мире Кучук-Койская оползневая станция. Изучение селевых потоков в Крыму началось с середины прошлого века Б.М. Гольдиным. Интенсивные разрушительные сели в середине 50-х годов XX века в бассейнах рек Шелен, Ворон и Ай-Серез [114, 115, 117] стимулировали изучение этих процессов. Сотрудниками Института минеральных ресурсов (Б.Н. Иванов, Б.М. Гольдин, В.И. Суловский, В.И. Зубков, А.Н. Олиферов, А.А. Ключкин, В.Е. Новиков и др.) были начаты наблюдения в бассейне реки Ай-Серез. На реках Ускут, Арпат, Шелен, Ворон и Ай-Серез были открыты гидрологические посты, а в Белогорске – Крымская селестоковая станция. Итоги работ были обобщены А.Н. Олиферовым [121]. Им были проанализированы причины возникновения и особенности происхождения селей, методы их прогнозирования, меры борьбы с эрозией и селевыми паводками в регионе.

А.Н. Олиферовым и А.В. Давыдовым [118] была создана информационно-поисковая система «Сели Украины». Информационные массивы, использованные для компьютерной обработки, были представлены в виде базы данных, в которой имеются сведения о прохождении около 350 селевых потоков. Для управления базой данных разработана система управления «Диалог». Программное обеспечение представлено стандартной программой frames.exe, которая разработана для просмотра табличного материала. Кроме того, система содержит карту селеопасности Крыма и Карпат.

А.И. Шеко [144] рассмотрел методы прогноза экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье. И.Ф. Ерыш и В.Н. Саломатин [66, 67] рассмотрели вопросы распределения и формирования оползней и других геодинамических процессов Горного Крыма.

А.А. Ключкин [78, 80, 81, 82] произвел детальный анализ экзогеодинамических процессов на территории Горного Крыма. Им были

организованы около 200 полустационаров, на которых фиксировались плоскостной снос, крип, обвально-осыпные, абразионные и оползневые процессы, биогенная денудация, линейная эрозия, карстовая денудация и другие виды процессов. На Карадагском ландшафтно-экологическом стационаре под его руководством в 1996 году были оборудованы стоковые площадки. Им были раскрыты теоретические и методические вопросы развития экзогеодинамического рельефа [82]. А.А. Ключкин детально рассмотрел природные экзогенные процессы на территории Крыма: выветривание, обвалы, осыпи, снежные лавины, оползание, оплывание, солифлюкцию, крип, делювиальный процесс, эрозию, водную аккумуляцию, селевую аккумуляцию, карст, суффозию, просадки, криогенное растрескивание, абразию, размыв, озерно-морскую аккумуляцию, дефляцию, корразию, эоловую аккумуляцию, плоскостной снос, обвально-осыпные, абразионные и оползневые процессы, биогенную денудацию, линейную эрозию, карстовую денудацию, перемещение и аккумуляцию наносов, фито- и зоогенные процессы и др. Наряду с этим он изучал экзогенные процессы природно-антропогенного характера – изменение земной поверхности при добыче полезных ископаемых, строительстве населенных пунктов, предприятий и дорог, террасировании склонов, пахоте. Им был рассчитан баланс вещества в условиях низкогорья и в береговой зоне.

Карстовые процессы в Крыму изучали В.Н. Дублянский [61, 62, 63, 92], Б.Н. Иванов [72], Б.А. Вахрушев [24, 92].

Процессы формирования водного баланса и стока изучали Б.М. Гольдин [37, 38], А.Н. Олиферов, З.В. Тимченко [120, 133, 160], Л.М. Соцкова [157, 158].

Большое внимание уделялось горно-лесной части полуострова, поскольку лес играет важнейшую роль в регулировании экологического состояния, определяет высокие качества окружающей среды на южном берегу и в предгорье. Изучение лесных сообществ горного Крыма, их зависимости от климатических, геоморфологических, гидрологических

условий проводилось в разные годы М.А. Кочкиным [91], П.П. Посоховым [141], И.П. Ведем [25, 26]. Под руководством И.П. Веда в шестидесятые и семидесятые годы проводились актинометрические и градиентные теплоробалансовые наблюдения в различных типах леса и в посадках сосны в различные сезоны года на надкрановом, крановом и подкрановом уровнях на луговых участках, на яйлах и ЮБК [25]. Выявлены различия в радиационном, тепловом, температурном режиме, режиме влажности воздуха и скорости ветра букового и соснового лесов, посадки сосны и лугового участка.

Процессы формирования лесных сообществ изучали В.Г. Мишнев [108], В.Г. Голубев [39], В.В. Корженевский [89], Я.П. Дидух [57], А.Ф. Поляков [140], Л.Я. Гаркуша [33, 34]. Наряду с раскрытием роли хозяйственной деятельности в изменении структуры и производительности леса, в этих исследованиях показана роль внутрибиоценотических взаимодействий.

С 1993 года проводятся наблюдения на Карадагской станции фонового экологического мониторинга (Карадагский заповедник). Станция на правах подразделения Карадагского филиала Института биологии южных морей НАН Украины была создана в 1988 году. В 1995 году был организован Карадагский ландшафтно-экологический стационар, на котором проводится большой комплекс наблюдений [98].

Значительное внимание было уделено процессам в почвенном покрове региона. Они особенно стали актуальными в связи с проведением в начале 70-х годов XX века Северо-Крымского канала и организацией масштабного орошения сельскохозяйственных земель. На орошаемых землях возникли процессы подтопления, вторичного засоления, слитизации, ирригационной эрозии, дегумификации. Наиболее полную сводку процессов, идущих в агроценозах, дала Н.А. Драган [58, 59].

Историко-ландшафтному анализу большое внимание уделил П.Д. Подгородецкий. Он разработал модель историко-физико-географического анализа [135].

Взаимодействия ландшафтных систем изучал Г.Е. Гришанков [51, 52]. Г.Е. Гришанков определил интенсивность геоморфологического и биоценотического взаимодействия между ландшафтными уровнями на территории Крыма.

Вопросы экотонизации ландшафтных систем – возникновение геоэктонов, формирующихся на контакте разных природных и антропогенных геосистем разных иерархических уровней рассмотрела Т.В. Бобра [14, 15, 16]. Проблемам структуры ландшафтов и влиянию антропогенной составляющей на естественные ландшафты посвящены работы А.И. Лычака [99, 100].

В.О. Смирнов изучал роль местоположений в дифференциации тепла и влаги в Горном Крыму [19], Р.В. Горбунов рассмотрел процессы формирования диссимметрии склоновых локальных ландшафтных комплексов Горного Крыма [41].

Анализ современных ландшафтов Крыма, представленный через единство природного, социального, экономического и экологического аспектов, дан в исследованиях Е.А. Позаченюк [137-139], в том числе в монографии «Современные ландшафты Крыма и сопредельных территорий», изданной под ее редакцией [139].

Обобщающее исследование территориального распределения современных процессов на территории Крыма было проведено Б.А. Вахрушевым, Г.Н. Амеличевым, Г.Н. Дублянским и др. в виде карты современных природных и природно-техногенных процессов в Атласе АРК [9].

Изучение вышеперечисленных работ позволило выявить многие важные закономерности и тенденции трансформации физико-географических

процессов в Крыму, а также собрать необходимую информацию для решения поставленных в диссертации задач.

Выводы по разделу

1. Уточнено определение понятия «физико-географические процессы», под которыми понимается смена состояний геокомпонентов и геосистем разных рангов, обусловленная совокупным действием внешних природных и антропогенных факторов, а также внутренних факторов, связанных с составом и структурой геосистем. В данном определении подчеркиваются различия в характере процессов на разных пространственных уровнях, указывается на роль как природных, так и антропогенных факторов, а также разграничивается роль внешних и внутренних (связанных со структурой самих геосистем) факторов. Такое определение пригодно для рассмотрения процессов на региональном уровне, на котором хорошо проявляются как внешние условия, так и те процессы, которые возникают в самих геосистемах и становятся факторами на нижележащих уровнях.

2. Дана классификация физико-географических процессов по разным основаниям деления.

3. Рассмотрена история изучения физико-географических процессов, в том числе в Крымском регионе. Физико-географические процессы на территории Крыма рассмотрены в многочисленных работах. Они и стали базой для комплексного анализа процессов, анализа их взаимодействий, возникновения сложного переплетения и формирования новых процессов в пределах ландшафтных комплексов.

4. Во второй половине XX – начале XXI вв. физико-географические процессы в Крыму приобрели все большую антропогенную составляющую. Тем самым физико-географические процессы уже нельзя называть чисто природными процессами. Необходимо учитывать преобразования в системе хозяйствования Крыма, приведшие к изменениям в структуре

землепользования полуострова, что, в свою очередь, наложило отпечаток на трансформацию физико-географических процессов.

В диссертации рассматриваются преимущественно элементарные физико-географические процессы, которые допускают параметризацию и относительно просты для причинно-следственного анализа.

РАЗДЕЛ 2

МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее важными аспектами данного исследования является анализ развертывания процессов во времени и выявление причин и факторов формирования процессов.

Концептуальной основой исследования выступают работы А.А. Григорьева [45, 46, 47, 48, 49], в которых сформулировано понятие о физико-географических процессах, закон интенсивности физико-географического процесса, работы М.И. Будыко [23], Д.Л. Арманда [7, 8], С.Д. Муравейского [109], И.И. Мамай [103], В.С. Преображенского [142], Г.Е. Гришанкова [52], А.Ю. Ретеюма [147, 148], А.В. Позднякова и И.Г. Черванева [136], К.Н. Дьяконова и Ю.Г. Пузаченко [64], В.М. Петлина [131] и др.

В науках о Земле разработано большое количество принципов и методов исследования, рассматривающих анализ динамики явлений во времени, их причинно-следственные связи и территориальную сопряженность: Ю.Г. Симонов [154], А.Д. Арманд [5], Дж. Ханвел [164], А.Ю. Ретеюм [147, 148], Н.Л. Беручашвили [12], Э.Г. Коломыц [84], В.К. Жучкова, Э.М. Раковская [69] и др.

Наиболее общим принципом исследования выступает системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, то есть рассмотрение объекта как системы.

Влияние орошения на изменение среднемесячных летних температур оценивалось при помощи монофакториального дисперсионного анализа, который основан на разложении общей дисперсии статистического комплекса на составляющие компоненты. С помощью F-критерия была определена доля общей вариации изучаемого (результативного) признака, обусловленную действием на него регулируемых факторов. Применялась

нулевая гипотеза (H_0), то есть делалось предположение о том, что никакого систематического действия регулируемых факторов на результативный признак не существует и наблюдаемые между групповыми средними различия случайны. Альтернативная (H_a) гипотеза подтверждала обратное, то есть то, что имеется определенное систематическое действие регулируемых факторов на результативный признак [96].

Метод ABC-моделирования, разработанный И.Е. Тимченко на базе метода системного анализа Дж. Форрестера [161], позволил выявить тенденции изменения температуры воздуха в результате развертывания цепи положительных и отрицательных обратных связей в ходе орошения.

При исследовании климатических колебаний были использованы метод скользящих средних, метод наименьших квадратов, метод множественной регрессии. Сглаживание временных рядов методом скользящих средних представляет некоторый фильтр, позволяющий сгладить волны коротких колебаний и выделить колебания с большей длиной волны. Достоинством метода скользящих средних является тот факт, что для волн синусоидального характера фаза периодических членов в осредненном ряду не меняется, если отнести осредненные члены к середине интервала осреднения.

Моделирование и прогнозирование среднегодовых температур воздуха осуществлялось с помощью метода множественной регрессии. А. В. Холопцев [166] предложил в качестве аргументов модели использовать временные ряды среднегодовых значений: средней концентрации в земной атмосфере диоксида углерода, чисел Вольфа, температур приземного слоя атмосферы на метеостанциях Крыма. Метод множественной регрессии применим для прогнозирования в случае, если имеются достаточные основания полагать, что характеристики статистических связей изучаемого процесса и его факторов с течением времени изменяются несущественно. Последнее позволяет рассчитать по предысториям данного процесса и его факторов коэффициенты соответствующего уравнения множественной регрессии, а также применять это уравнение как прогностическое [83]. В

качестве критериев, по которым оценивалась ошибка, выступали коэффициент корреляции фактических изменений изучаемой характеристики и результата ее моделирования, среднее квадратичное отклонение прогноза с упреждением 1 год, вычисленное по предыстории.

Как прогностическое уравнение для каждого изучаемого процесса рассматривалось уравнение регрессии максимально возможной размерности.

При построении прогнозов среднегодовых температур в г. Ялта и г. Алушта итеративно решалась система уравнений, которая имеет вид [166]:

$$T_{як+1} = c_0 + c_1 * T_{як-13} + \dots + c_{13} * T_{як} + c_{14} * VT_{к+1} + \dots + c_{26} * VT_{к-12} + c_{27} * D_{к+1} + c_{28} * D_{к} + c_{34} * T_{ак} + \dots + c_{39} * T_{ак-6} \quad (1)$$

$$T_{ак+1} = c_0 + c_1 * T_{як-13} + \dots + c_{13} * T_{як+1} + c_{14} * VT_{к+1} + \dots + c_{26} * VT_{к-12} + c_{27} * D_{к+1} + c_{28} * D_{к} + c_{34} * T_{ак} + \dots + c_{39} * T_{ак-6} \quad (2)$$

Здесь $T_{як+1}$ – прогноз среднегодовой температуры в г. Ялта, основанный на учете предыдущих $-k$ членов соответствующего временного ряда, который опережает последний из этих членов на 1 год;

$T_{як}$ – последний из учитываемых членов временного ряда среднегодовой температуры в г. Ялта, используемый для построения прогноза;

$D_{к+1}$ – прогноз с упреждением в 1 год среднегодового значения средней концентрации в атмосфере CO_2 , разработанный в [178];

$VT_{к+1}$ – прогноз с упреждением в 1 год климатической нормы среднегодового значения числа Вольфа, рассчитанный с помощью модели авторегрессии скользящего среднего;

$T_{фк}$ – последний из учитываемых членов временного ряда среднегодовой температуры в г. Феодосия, используемый для построения прогноза.

Как видно из уравнений (1, 2) первое обеспечивает построение прогноза $T_{я}$, с упреждением в 1 год (последний член ряда $T_{я}$, учитываемый

при построении прогноза, соответствует периоду 2013 года, следовательно, прогноз делается на 2014 год). Значение этого прогноза используется в качестве аргумента в уравнении (2), которое обеспечивает построение прогноза T_a с упреждением в 1 год.

Процедура начинается с задания $\kappa=13$. Из уравнения (1) находим $T_{я14}$, которое подставляем в (2), что позволяет найти $T_{а14}$. Далее увеличиваем κ на 1. Если $\kappa < 20$, то повторно решаем уравнение (1), полагая в нем $T_{я\kappa} = T_{я14}$ (это позволяет получить прогноз на следующий год $T_{я15}$), а также уравнение (2) (что дает $T_{а15}$). Подобный расчет продолжается до тех пор, пока κ не достигнет 20. На этом процедура останавливается.

Оптимальным по критерию минимум среднеквадратической ошибки является лишь прогноз T_a с упреждением в 1 год. Для построения всех остальных прогнозов используются те или иные сочетания фактического материала и прогнозов, рассчитанных на предыдущих этапах данной процедуры. Вследствие этого ошибка прогноза по мере увеличения упреждения накапливается и увеличивается. Учитывая последнее, прогнозы с упреждением более 10 лет нами не строились (хотя каких-либо принципиальных ограничений для их вычисления нет).

Об адекватности разработанных прогнозов может свидетельствовать качественное соответствие теоретическим представлениям, а также устойчивость к изменению состава аргументов (замене пункта, данные по которому использованы как региональные факторы).

При исследовании динамики речного стока использовались методы статистического анализа, водно-балансовый метод.

Для проверки достоверности коэффициента корреляции гидрологических временных рядов был применен критерий Стьюдента для 1 %-го уровня значимости и чисел степени свободы.

Для исследования взаимосвязи речного стока, экзогеодинамических процессов с метеорологическими факторами применялся аппарат корреляционного и регрессионного анализа.

Подготовка карт, отображающих изменение земельных угодий в бассейне р. Салгир, к дальнейшей обработке осуществлялась с помощью программы Photoshop CS. В этой программе осуществлялась трансляция полученных обработанных изображений в другие форматы записи растровой информации, необходимые для экспорта в другие программы. Процедуру оцифровки, классификации, тематического картографирования по цифровому растровому изображению топографической карты, анализ полученных контуров и полей мы осуществляли с помощью программы ArcGis.

Метеорологические и гидрологические характеристики получены из фондовых материалов Центральной геофизической обсерватории г. Киева. Временные ряды среднегодовых значений температур приземного слоя атмосферы в пунктах Ай-Петри, Ялта, Феодосия, Евпатория, Черноморское и Симферополь, а также годовых сумм осадков в пунктах Ай-Петри, Ялта, Феодосия, Симферополь, Клепинино, Евпатория собраны на основе данных с сайтов European Climate Assessment & Dataset и «Погода в 243 странах мира».

Большое значение имеет вопрос о пространственно-временной привязке процессов. С помощью графиков связи в работе исследовалась зависимость некоторых экзогенных геоморфологических процессов от метеорологических и климатических факторов. Последние регистрируются обычно на метеорологических станциях, которые нередко располагаются от участков, где происходят конкретные процессы, на десятки километров. Такой способ анализа связей может быть использован потому, что годовые величины метеоэлементов на соседних станциях имеют довольно хорошее соответствие. Следовательно, можно считать, что на всем промежутке между соседними метеостанциями наблюдается сходный тип временной динамики.

Оползни фиксируются на основе наблюдения конкретных геологических тел. Подвижки оползней фиксируются чаще всего на основе привязки к местным относительно устойчивым объектам: склонам, скалам. Смещение оползней происходит на десятки метров. Нередко они возникают в

новых местах. В нашем исследовании учитывалось лишь проявление оползня, то есть его подвижка в конкретном году без учета массы оползня и длины переноса тела.

Сели, как правило, не наблюдаются в момент прохождения. Суждения о масштабах селей делаются по результатам их прохождения в долине: нарушения в днище, перенос крупных глыб, вынос материала в расширенную часть долины, на пляж или в море. Для нашего исследования брались случаи проявления селей (событие) без детализации, включающей объем селя и длительность переноса массы вещества.

Временные операционные единицы определялись в зависимости от типа процесса и факторов. У оползней возникала необходимость брать суммарные события за каждый год. Соответственно за те же отрезки определялись факторы – чаще всего средние значения.

Недостаток информации не позволил выйти на учет сезонных особенностей проявления многих процессов, в частности оползней и селей.

Таким образом, сопоставление экзогенных процессов и климатических факторов производилось с заметным осреднением по пространству и времени.

Выводы по разделу

Наиболее общим принципом исследования выступает системный подход, в основе которого лежит рассмотрение объекта как целостного множества элементов в совокупности отношений и связей между ними, то есть рассмотрение объекта как системы.

При исследовании климатических колебаний были использованы метод скользящих средних, метод наименьших квадратов. Моделирование и прогнозирование среднегодовых температур воздуха осуществлялось с помощью метода множественной регрессии с использованием аргументов глобального и регионального значения. При исследовании динамики речного

стока использованы методы статистического анализа, водно-балансовый метод. Для исследования взаимосвязи речного стока, экзогенных геоморфологических процессов с метеорологическими факторами применялся аппарат корреляционного и регрессионного анализа.

Влияние орошения на изменение среднемесячных летних температур оценивалось при помощи монофакториального дисперсионного анализа.

Метод ABC-моделирования, разработанный И.Е. Тимченко (2000) на базе метода системного анализа Дж. Форрестера позволил выявить тенденции изменения температуры воздуха в результате развертывания цепи положительных и отрицательных обратных связей в ходе орошения.

РАЗДЕЛ 3 ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ

3.1. Физико-географическая характеристика территории Крыма

Ход трансформации физико-географических процессов во многом определяют внешние природные факторы: тектонические движения, литология, циркуляционные процессы и др. Эти факторы внешнего влияния преломляются внутри ландшафта, в котором протекают физико-географические процессы.

Тектонические движения и литология. Геологическое формирование Крымского полуострова проходило на протяжении палеозойской, мезозойской и кайнозойской эр. Равнинный Крым в основном расположен на платформенной структуре – ее кристаллический фундамент лежит достаточно глубоко, сверху практически горизонтально залегают осадочные породы.

Горный Крым является частью Альпийско-Гималайского пояса, отличается повышенной тектонической активностью. Горный Крым разбит на блоки многочисленными разломами, которые способствуют активизации геодинамических процессов.

Крымские горы имеют двухэтажное строение: нижний этаж сложен в основном флишем – переслаивающимися слоями аргиллитов, алевролитов и песчаников. Пласты флиша смяты в складки, пронизаны трещинами. Эти породы благоприятны для развития оползневых процессов. Верхний этаж гор сложен известняками, что создает условия для развития карстовых процессов.

Равнинный Крым относится к своеобразной платформенной области, отделяющей альпийские сооружения от докембрийской Русской платформы. В пределах степного Крыма складчатый фундамент залегает очень глубоко, а покрывающие ее мезозойские и кайнозойские отложения образуют две системы пологих впадин, разделенных валообразным Тарханкутским поднятием [135].

Северные склоны и предгорья Крымских гор, а также Керченский полуостров и степной Крым сложены нижнемеловыми, верхнемеловыми и палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Основную роль в строении поверхностных частей степного Крыма и Керченского полуострова играют неогеновые отложения.

Степной Крым – равнина с абсолютными высотами 50–150 м, простирающаяся на 170 км с севера на юг и на 245 км с запада на восток. Западная окраина степного Крыма – Тарханкутский полуостров – имеет слабовсхолмленный рельеф, а восточная – Керченский полуостров – грядово-холмистый с абсолютными высотами до 190 м. В рельефе степного Крыма выделяются Центрально-Крымская равнина, Северо-Крымская низменность, Тарханкутская возвышенность и грядово-холмистая поверхность Керченского полуострова.

Крымские горы образуют три параллельные гряды, понижающиеся к северу и тянущиеся от г. Балаклавы до г. Феодосии на расстоянии 150 км при ширине до 50 км. Характерной особенностью всей горной дуги и каждой гряды является их асимметричность, крутые южные и пологие северные склоны. Внутренняя (средняя) и Внешняя (северная) гряды по своим абсолютным отметкам и относительному превышению относятся уже к зоне предгорий и представляют собой типичные куэсты – несимметричные гряды и уступы в рельефе. Внешняя и Внутренняя гряды невысокие, вершины их округлые. Обычно они напоминают систему вытянутых холмов. Высоты Внутренней гряды порядка 600–750 м. Внешняя гряда самая низкая (200–300 м), постепенно сливающаяся со степным Крымом.

Главная гряда (высота 1200–1500 м) является основным водоразделом полуострова. Поверхность Главной гряды представляет собой нагорное плато (столообразную поверхность), называемое яйлой. Между Главной грядой и Черным морем находится Южный берег Крыма, протянувшийся от м. Айя до г. Кара-Даг.

Восточнее Караби-Яйлы Главная гряда расчленяется на отдельные короткие хребты, кряжи, вершины и пики с высотами 600–800 м. Рельеф восточной окраины Крыма характеризуется невысокими гребнями и грязевыми сопками Керченского полуострова.

Атмосферные осадки выщелачивают яйлинские известняки, поэтому на поверхности столовых массивов отсутствует гидрографическая сеть, а вода быстро просачивается на глубину по трещинам, отверстиям, шахтам, колодцам, понорам.

В современную эпоху Крымские горы поднимаются (2–3 мм/год), впадина Черного моря продолжает прогибаться (около 3–5 мм/год). А узкая полоса южного побережья, находящаяся между ними, оказывается очень неустойчивой [170]. Такая подвижность может проявляться в массовом смещении грунта, в активизации оползневых, обвальных, осыпных, абразионных процессов, которые приводят к усилению смыва почв, к сокращению площади пляжей и др.

Климат. Климат региона описан на основе материалов, опубликованных в работах [75, 146]. На климат Крыма, наряду с радиационными факторами и особенностями атмосферной циркуляции, влияют Черное и Азовское моря, а также Крымские горы.

Под влиянием гор возникает существенная разница температуры между районами северного Крыма и западной части ЮБК, расположенными на незначительном расстоянии друг от друга, которая в зимнее время достигает в среднем 5–6 °С.

Характер атмосферной циркуляции над Крымом в различные сезоны года неодинаков. Зимой циркуляция формируется под влиянием области высокого давления, протягивающейся примерно вдоль широты 50° от Атлантики до Урала. Вследствие этого в Крыму в это время года преобладают воздушные потоки с северо-востока, вызывающие резкие понижения температуры воздуха в равнинной части полуострова (иногда до –30 °С). В это же время

сравнительно часто проходят атлантические и средиземноморские циклоны. Они приносят осадки, особенно на Южный берег Крыма.

Весной, так же как и зимой, по-прежнему преобладают северо-восточные ветры. Южные ветры с моря приносят холодный морской воздух, что замедляет повышение температуры над сушей, обусловленное общим прогревом. Резкие колебания температуры воздуха и заморозки на Южном берегу вызывают циклоны, которые проходят над Крымом в этом сезоне более редко, чем зимой.

Лето в Крыму жаркое и засушливое вследствие преобладающего влияния области повышенного давления. Южные циклоны наблюдаются редко. Антициклональный характер погоды изредка нарушается сильными, но кратковременными ливнями конвективного происхождения.

Поздняя осень характеризуется увеличением частоты прохождения средиземноморских циклонов. Количество осадков на северных склонах гор уменьшается, а на южном побережье увеличивается. Температура воздуха медленно понижается.

Осенью и зимой бывают сильные ветры, летом атмосфера спокойнее, хотя отмечаются грозы. Суховеи в Крыму наблюдаются, как правило, в центральной и восточной частях полуострова и особенно губительны для растений весной, в период их интенсивного развития.

Особенности циркуляции атмосферы и рельефа Крымского полуострова обуславливают значительную пространственную неоднородность поля осадков. Их количество за год изменяется по территории от 250 мм в степных районах до 1000 мм и более в горах, где создаются условия достаточного увлажнения. Большинство районов Крыма относится к зоне недостаточного увлажнения. На западном и восточном побережье осадков выпадает несколько меньше, примерно на 100–150 мм, чем во внутренних районах полуострова.

По условиям генезиса осадков и типологии циркуляционных процессов территорию Крыма принято делить на 3 района: континентальный, горный, субсредиземноморский. В равнинной части Крыма, в том числе в Присивашье и на Керченском полуострове, относящихся к континентальному району,

выделено 2 подрайона: прибрежный степной, где годовой ход осадков выражен нечетко, и собственно континентальный, с максимумом осадков летом. В горном и субсредиземноморском районах также выделены подрайоны: юго-западный с зимним максимум осадков (Ай-Петри, Ялта) и северо-восточный с незначительным превышением суммы осадков весенне-летнего периода над осенне-зимним (Караби-яйла, Феодосия) [75].

Поверхностные и подземные воды. В Крыму насчитывается около 1700 рек и временных водотоков. Густота речной сети для всей территории составляет $0,22 \text{ км/км}^2$, в отдельных районах она увеличивается до $0,4\text{--}0,5 \text{ км/км}^2$ или снижается до нуля. Самая густая речная сеть ($0,7\text{--}1,0 \text{ км/км}^2$) – в горной части, в верховьях бассейнов рек Альмы, Качи, Бельбека, Черной, Салгира и его притоков, а также в бассейнах малых рек ЮБК. На Керченском полуострове густота речной сети не превышает $0,15\text{--}0,28 \text{ км/км}^2$, в равнинных степных районах $0,10\text{--}0,20 \text{ км/км}^2$, а на значительных пространствах Присивашья составляет всего $0,04\text{--}0,05 \text{ км/км}^2$ [133].

На водный режим рек Крыма в первую очередь оказывает влияние наличие трещиноватых известняков, регулирующих поверхностный и подземный сток. Естественный режим большинства рек искажается регулирующим влиянием искусственных водоемов, а также забором воды на орошение [120, 160].

Озера расположены в низменной степной части Крыма, за исключением небольшого числа маленьких озер на столовых вершинах – яйлах Главной гряды. Пруды и водохранилища находятся как в горной, так и в равнинной части полуострова. Большие водохранилища сосредоточены преимущественно на реках и мощных источниках карстовых вод склонов Главной гряды (Альминское, Партизанское, Качинское, Тайганское, Чернореченское, Симферопольское, Аянское и др.).

Крымский полуостров сравнительно беден пресными подземными водами. В Горном Крыму подземные воды приурочены к верхнеюрским закарстованным известнякам и песчано-глинистым отложениям, местами, в

отдельных депрессиях, – к породам мелового возраста и к четвертичным образованиям. Из-за недостаточного количества осадков широко развитые в равнинном Крыму четвертичные отложения, как правило, слабо обводнены или вовсе не содержат подземных вод [24, 63, 102].

Почвы. Равнинный Крым и Керченский полуостров располагаются в подзоне дерновинно-злаковых сухих степей, развитых на южных малогумусных (3–4% гумуса) черноземах и темно-каштановых почвах. Полоса вдоль предгорий, участки Евпаторийской возвышенности и северо-восточной гористой части Керченского полуострова заняты карбонатными черноземами со слабым содержанием гумуса. На Тарханкутском и Керченском полуостровах распространены карбонатные щебенчатые черноземы и почвы, развитые на элювии и делювии коренных известняковых пород [58, 59].

В районе низменных побережий характер почв и растительности переходит от зонального к аazonальному. В центральной части юго-западной равнины на плиоценовых красно-бурых глинах и на Керченском полуострове широко распространены солонцеватые черноземы. По направлению к Присивашскому, Каркинитскому и Евпаторийскому побережьям черноземы сменяются солонцеватыми слабогумусированными темно-каштановыми почвами.

На прибрежных равнинах севера, северо-востока и юго-запада господствуют засоленные почвы, связанные с минерализованными грунтовыми водами. На более высоких прибрежных равнинах развиваются солонцеватые лугово-каштановые почвы в комплексе с солонцами. Непосредственно вдоль побережий, на более низких участках, распространены луговые солонцово-солончаковые почвы в комплексе с солончаками. На речных террасах степного Крыма развились глинистые лугово-черноземные, а в поймах рек – черноземно-луговые почвы (главным образом, карбонатные) и только ближе к Сивашу – солонцеватые и солончаковые виды этих почв.

На ЮБК до высоты 400м преобладают коричневые щебенчатые почвы сухих лесов и кустарников, сформировавшиеся на продуктах выветривания

глинистых сланцев, песчаников и известняков; местами встречаются красно-бурые почвы на известняках. Выше, от 400 до 700 м, располагаются бурые лесные почвы, еще выше (700–1200 м) формируются темно-бурые горно-лесные выщелоченные почвы. На яйлах распространены горно-луговые черноземовидные почвы. Верхнюю часть северного склона Главной гряды занимают горно-лесные бурые почвы, а его нижнюю часть и узкую полосу предгорий – выщелоченные черноземы лесостепи, развитые на твердых карбонатных породах, частично щебневатые. В межгорных долинах на делювии мергелистых твердых пород сформировались серые карбонатные почвы.

Растительность. На полуострове представлен целый спектр типов растительности: от пустынных солянковых сообществ засоленных низменностей Присивашья и ковыльно-типчаковых степей Керченского полуострова до дубовых, буковых и хвойных лесов, формирующихся в горных поясах [39, 89]. Платообразная вершина Главной гряды Крымских гор занята своеобразными луговыми степями или остепненными лугами. Южному берегу свойственна растительность, близкая к средиземноморскому типу. Здесь распространены фисташково-дубовые, грабинниково-дубовые, можжевельно-сосновые леса и кустарниковые заросли типа шибляк.

Ландшафты. В ландшафтах Крыма проявляется три основных структуры: зональная, бассейновая и эоцентрически-сетевая [139].

Модель зональности Крыма была построена Г.Е.Гришанковым [51], который выделил следующие ландшафтные уровни: гидроморфный, плакорный, предгорный (низкогорный), среднегорный.

Гидроморфный уровень представлен зоной низменных недренированных и слабодренированных аккумулятивных и денудационных равнин с типчаково-ковыльковыми, полынно-типчаковыми, полынно-житняковыми степями в комплексе с галофитными лугами и степями. Они занимают полосу вдоль Сиваша и Каркинитского залива, небольшие участки около озер Сасык и Донузлав, а также на Керченском полуострове. Характеризуются близким залеганием минерализованных грунтовых вод. В связи с проведением Северо-

Крымского канала и сбросом вод в Сиваш по специальным каналам в пределах этих ландшафтов сформировались заболоченные участки с пресной водой и новыми биоценозами.

Плакорный уровень представлен зоной типичных ковыльно-типчаковых и бедно-разнотравно-ковыльно-типчаковых степей в комплексе с петрофитными и кустарниковыми степями. Равнинные степные ландшафты занимают большую часть равнинного Крыма. Естественная растительность практически уничтожена и заменена сельскохозяйственными полями, садами и виноградниками. Подавляющая часть территории равнинного Крыма превращена в агроландшафты – чередование сельскохозяйственных полей, пастбищ, садов и виноградников, населенных пунктов.

Низкогорный уровень имеет две части: на северном макросклоне и на южном макросклоне. Северный макросклон занят предгорными аккумулятивными, останцово-денудационными и структурными денудационными равнинами и куэстовыми возвышенностями с разнотравными степями, кустарниковыми зарослями, лесостепью и низкорослыми дубовыми лесами. Характеризуются контрастными ландшафтами, сочетанием лесной (дубовые леса) и степной растительности. Предгорье отличается расчлененным рельефом, большим разнообразием местоположений, мезо- и микроклиматов и экологических ниш. Хорошая обеспеченность водой и выгодное транспортно-географическое положение обусловили развитие в Предгорье крупных городов, сети автодорог, железных дорог. Сельское хозяйство имеет многоотраслевую специализацию: вокруг городов – пригородное хозяйство, в долинах рек – сады, на склонах гор – виноградники, эфиромасличные культуры. Здесь сочетаются лесные и степные экосистемы, агроэкосистемы, урбоэкосистемы.

На южном макросклоне низкогорный уровень представлен полусубтропическими дубовыми, фисташково-дубовыми, можжевельно-сосновыми лесами и шибляковыми зарослями. Здесь сформировался особый ландшафт. Территория с этими ландшафтами давно значительно заселена. Курортные города образуют почти сплошную полосу вдоль черноморского

побережья. На данной территории сформировался особый ландшафт, в котором сочетаются города, парки, виноградники, разреженные дубовые, фисташковые, можжевельниковые леса, которые выше сменяются сосновыми и буковыми лесами.

Среднегорный уровень включает северный макросклон гор с буковыми, дубовыми и смешанными широколиственными лесами, южный макросклон гор с дубовыми, сосновыми и смешанными широколиственными лесами. Эти территории покрыты дубовыми, буковыми, грабовыми и сосновыми лесами. Из-за горного рельефа и прохладного климата плотность населения невысокая – лишь в речных долинах есть поселки и небольшие площади садов. Территорию пересекают автодороги, туристские тропы.

Также в пределах среднегорного уровня расположены яйлинские плато с горными лугами и горной лесостепью. Степные биоценозы яйл образуют острова среди окружающих их лесов на склонах Главной гряды. На яйлах формируется значительная часть речного стока. Их высокое водоохранное значение требует запрещения здесь пастбищ скота, интенсивной рекреации.

Ландшафты Крыма характеризуются высокой экотонизацией, наличием большого количества переходов одних типов ландшафтов в другие [14, 15]. Это приводит к большой изменчивости явлений не только в пространстве, но и во времени.

3.2. Изменения и колебания климата

Данные Всемирной метеорологической организации говорят об аномально быстром росте среднегодовой температуры в последние десятилетия. За всю историю прямых инструментальных наблюдений никогда не было столь длительного и сильного потепления [44].

В середине 1970-х годов в России и за рубежом резко возросло число публикаций по проблемам глобального потепления и его экологических и социально-экономических последствиях [85, 90, 145, 156, 177, 180].

Наблюдались два заметных потепления. Температура повышалась вплоть до начала 40-х годов XX века, затем наблюдалось некоторое снижение глобальной температуры. С конца 60-х годов началось новое повышение температуры, которое продолжается до сих пор.

Интерес к проблемам изменения климата резко возрос в последние 15–20 лет в связи с участившимися случаями экстремальных погодных явлений: ураганов, наводнений, теплых зим и т.д. Из семнадцати лет (1981–1997) четырнадцать оказались самыми теплыми за всю историю метеорологических наблюдений (начиная с середины XVII века), а 1995 год был на $0,75^{\circ}\text{C}$ теплее климатической нормы конца прошлого века [44].

3.2.1. Факторы изменения климата

В конце 90-х годов все больше ученых потепление климата начали связывать с увеличением концентрации «парниковых» газов в атмосфере. Это послужило тому, что как дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, было принято решение о создании специального документа – Киотского протокола. 159 стран подписали его в декабре 1997 года в Японии. Страны договорились о необходимости сокращения выбросов парниковых газов, которые вызывают глобальное потепление. Целью Киотского протокола является достижение стабилизации концентрации парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему.

Разнообразные возражения против представления о том, что наблюдается глобальное потепление и что оно вызвано увеличением содержания углекислого газа в связи с сжиганием органического топлива приводит К.Я. Кондратьев [85].

О.Г. Сорохтин [156] указывает на то, что множество метеорологических станций в течение века постепенно оказывались в

городских зонах (для получения фоновых величин метеорологических параметров метеостанции организуются на территориях, свободных от застройки, что и соблюдалось в моменты их организации в XVIII, XIX и начале XX века), что, естественно, вело к постепенному повышению температуры на станциях этого рода в связи с наличием городских «островов» тепла.

О.Г. Сорохтин [156] считает, что при анализе соотношения изменения климата и содержания углекислого газа перепутаны причина и следствие. Известно, что растворимость углекислоты (как и большинства газов) в воде понижается с повышением температуры последней. Следовательно, всякое потепление должно заставлять Мировой океан (в котором, по оценкам О.Г. Сорохтина, общее количество углекислоты в 57–60 раз превышает ее количество в атмосфере) выпускать в воздух диоксид углерода столько, что все антропогенные выбросы оказываются в пределах ошибки измерения.

В.М. Котляков [90] считает, что главным фактором изменения климата являются, прежде всего, колебания циркуляции вод океана. В своей статье [90] он пишет: «Океан играет важную роль в меридиональном переносе тепла к полюсам, меняя глобальный климат. Неверным оказалось предположение, что изменения в океане происходят очень медленно. Например, по Атлантическому океану к западу от Англии прокатываются тепловые волны с периодом 10 лет и амплитудой $0,05^{\circ}\text{C}$. Из анализа циркуляции воды в океане следует, что в нескольких критических зонах небольшие колебания плотности воды, обусловленные образованием или таянием льда, могут существенно влиять на движение воды и, соответственно, на перенос тепла».

С.Г. Горшков и А.В. Кушлин [43] приводят ряд причин, из-за которых, по их мнению, происходит потепление климата.

1. Солнечный форсинг – усиление солнечной активности с периодичностью порядка 11 лет происходит одновременно с увеличением солнечной постоянной на 0,1 % по сравнению с таковой в годы спокойного Солнца. Такие выводы сделаны на основании наблюдений, в том числе со

спутников, в течение последних четырех 11-летних циклов. Эпизоды усиления солнечного сигнала проявляются в форме потеплений климата, а ослабления – в виде похолоданий. В XX веке первая и третья четверти были прохладнее, а вторая и четвертая – теплее. Каждый из этих эпизодов соответствует паре 11-летних или одному 18–25-летнему циклу солнечного форсинга, под которым подразумевают совместное воздействие на климат изменений инсоляции и солнечной активности.

2. Землепользование – второй фактор потепления климата. Главные глобальные параметры современного потепления климата рассчитаны по исходным показателям приземной температуры на высоте 2 м. Ощутимое тепло и есть в первую очередь приземная температура. Она увеличивается, когда поток скрытого тепла уменьшается, а ощутимого тепла – возрастает. Это и происходит в большинстве случаев на освоенных территориях.

Человечество высвободило огромную дополнительную силу для разгула стихии, в том числе для дообогревания освоенной суши всюду, где люди на ней снизили потенциал испарения. Пастбища и неполивные сельскохозяйственные участки меньше испаряют влаги и больше прогревают приземную атмосферу по сравнению с участками с ненарушенной растительностью.

3. Тепловые стрессы – третий фактор потепления климата.

А.Ю. Ретеюм [148a] показал большое значение в изменениях климата орбитальных движений планет. Положение барицентра Солнечной системы влияет на солнечную активность, космические лучи, ионизацию атмосферы, процессы конденсации влаги и теплооборот.

Тепловые стрессы, возникающие на территории широкомасштабного освоения, вносят свой вклад.

Климатическая система одна из самых сложных и многогранных на планете Земля. Число факторов изменения климата велико. Будет неправильным отрицать влияние какого-либо из них. Что касается Крыма, то очевидно, что в масштабах полуострова колебания климата подвластны в

первую очередь циркуляционным механизмам, в зоне действия которых, он находится.

3.2.2. Динамика типов циркуляции по Б.Л. Дзердзеевскому

Наиболее известны две типизации атмосферных процессов северного полушария: Г.Я. Вангенгейма – А.А. Гирса [36] и Б.Л. Дзердзеевского [56], в которых атмосферные процессы рассматриваются над большими территориями с конца прошлого века. Последнее очень важно, так как для анализа тенденций развития и заблаговременного прогноза макропроцессов нужны длинные временные ряды.

В отличие от других, типизация, разработанная Б.Л. Дзердзеевским, В.М. Курганской и З.М. Витвицкой [55], рассматривает циркуляционные процессы на всем северном полушарии – от полюса до экватора. В ней в равной степени освещаются территории, расположенные на разных широтах и долготах без оказания предпочтения какому-либо региону, а также учитываются сезонные преобразования атмосферной циркуляции. Важно также, что к настоящему времени опубликован календарь последовательной смены элементарных циркуляционных механизмов (сокращенно ЭЦМ) с 1899 по 2008 годы [86].

Основным признаком, по которому проведена типизация, явилось наличие или отсутствие блокирующих процессов на полушарии, их направление и количество. Всего выделено 4 группы циркуляции: I – зональная группа ЭЦМ; II – группа нарушения зональности; III – меридиональная северная группа циркуляции; IV – меридиональная южная группа циркуляции, а также 13 типов, 41 подтип, элементарный циркуляционный механизм (ЭЦМ), который и является основной единицей типизации (табл. 3.1). Обозначение ЭЦМ включает число и буквы. Число обозначает тип ЭЦМ. Первыми буквами алфавита а, б, в, г обозначаются различия ЭЦМ в пределах одного типа в направлениях арктических

вторжений или выходов южных циклонов. Буквами «з» – зимний и «л» – летний – сезонные различия ЭЦМ по знаку барических полей над океанами и континентами [86].

В результате Н.К. Кононова [86] выделила периоды преобладания циркуляционных эпох с 1899 по 2008 годы и составила график хода их продолжительности.

Господство определенного ЭЦМ соответствует определенному режиму и степени увлажнения территории, ее температурному режиму.

Таблица 3.1

Характеристика групп циркуляции атмосферы Северного полушария в типизации Б.Л. Дзердзеевского [86]

| Группа циркуляции | Типы ЭЦМ, входящие в группу | Количество блокирующих процессов | Количество выходов южных циклонов |
|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| Зональная | 1–2 | 0 | 2–3 |
| Нарушения зональности | 3–7 | 1 | 2–3 |
| Меридиональная северная | 8–12 | 2–4 | 2–4 |
| Меридиональная южная | 13 | 0 | 3–4 |

Первые две эпохи не делятся на периоды, они однородны, меридиональная южная циркуляция тогда была ниже средней многолетней (табл. 3.2). С 1964 года ее продолжительность стала выше средней, поэтому появились периоды разного сочетания групп. Границы же эпох определяются по положению продолжительности зональной циркуляции (зональная + нарушение зональности) относительно средней. Б.Л. Дзердзеевский выделял только 2 группы: зональную и меридиональную, поскольку южная циркуляция была незначительна по продолжительности и не проявлялась в климате. Н.К. Кононова [86] рассматривала отдельно продолжительность

южной группы циркуляции, когда с ростом меридиональной циркуляции оказалось связанным не похолодание, как в начале века, а потепление.

Таблица 3.2

**Границы циркуляционных эпох Северного полушария
и периодов внутри третьей эпохи [86]**

| Циркуляционная эпоха | Годы | Периоды внутри эпох | Годы |
|-------------------------|------------------------|---|-----------|
| Меридиональная северная | 1899–1915 | | |
| Зональная | 1916–1956 | | |
| Меридиональная южная | 1957 – настоящее время | Одновременного увеличения продолжительности меридиональных северных и южных процессов | 1957–1969 |
| | | Повышенной продолжительности зональных процессов | 1970–1980 |
| | | Быстрого роста продолжительности меридиональных южных процессов | 1981–1997 |
| | | Уменьшения продолжительности меридиональных южных процессов и роста меридиональных северных | 1998–2008 |

На рис. 3.1 представлен многолетний (с 1899 по 2010 год) ход суммарной за год продолжительности указанных групп циркуляции. Видно, как с течением времени меняется соотношение циркуляционных процессов.

Меридиональная северная группа циркуляции является преобладающей практически в течение всего периода. В меридиональную северную эпоху (1899–1915 годы) ее продолжительность была наиболее высока (185–278 дней в году).

В зональную эпоху – 1916–1956 годы, особенно в период с 20-х по 40-е годы возросла продолжительность зональных процессов и группы нарушения зональности. Сочетание именно этих двух групп привело к изменению характера циркуляции атмосферы северного полушария, к потеплению Арктики, увеличению количества осадков в северных широтах Евразии и уменьшению их в средних широтах, а также увеличению осадков в местах выхода южных циклонов. Последнее явилось причиной активизации многих опасных природных процессов в пределах России и ближнего зарубежья.

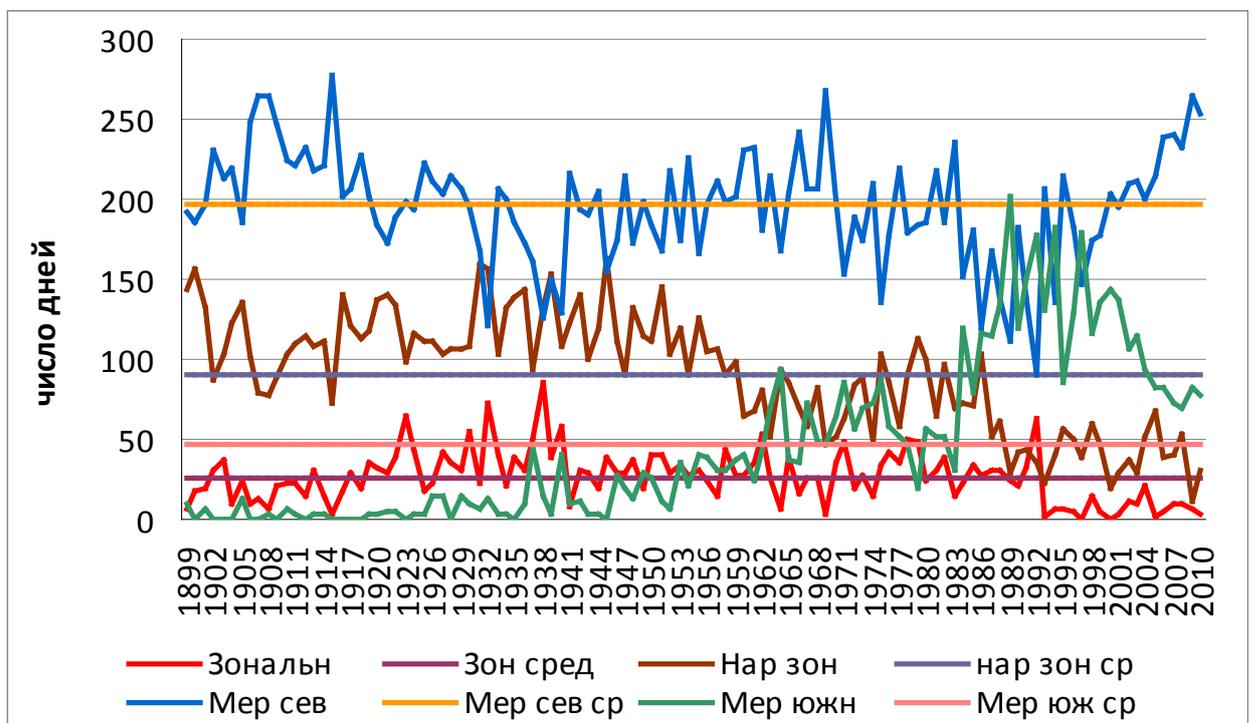


Рис. 3.1. Многолетний ход продолжительности групп циркуляции [86]

В 60-е годы возросла продолжительность ЭЦМ обеих меридиональных групп. Началась новая меридиональная эпоха. Продолжительность меридиональной северной группы почти достигла того уровня, на котором была в начале века (1969 год – 268 дней). В этот период на фоне некоторого похолодания на полушарии в целом возросли амплитуды колебания температуры воздуха и атмосферных осадков от года к году в различных регионах.

В начале 80-х годов произошел резкий скачок продолжительности меридиональных южных групп циркуляции. С 1987 по 1997 годы существенно уменьшается продолжительность, как нарушения зональности, так и меридиональной северной циркуляции. С 1998 года по настоящее время при преобладании меридиональной северной циркуляции и минимальной продолжительности зональной происходит уменьшение продолжительности меридиональной южной циркуляции.

Таким образом, характер современной циркуляции атмосферы определяет сочетание двух меридиональных групп. Следует заметить, что меридиональная северная группа циркуляции в настоящее время представлена в основном процессами 12 типа, т.е. 3–4 одновременными арктическими вторжениями в разных секторах полушария и 3–4 выходами южных циклонов, что обеспечивает максимально возможную макротурбулентность на всем полушарии. Чередование этих ЭЦМ с ЭЦМ 13 типа, т.е. с циклоничностью на полюсе и 3–4 одновременными выходами южных циклонов в различных секторах полушария, создает наилучшие условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха, а, следовательно, для частого возникновения экстремальных природных явлений.

3.2.3. Колебания климата в Крыму за 110 лет

Проведен анализ среднегодовых температур воздуха для 6 пунктов Крыма, а именно: Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Евпатории, Черноморского и Симферополя более чем за 100 лет. Выполнен анализ годовых сумм осадков для Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Симферополя, Клепинино и Евпатории. Материалом для проведения анализа послужили временные ряды среднегодовой температуры воздуха и годовых сумм осадков с начала временного периода до 2008 года с сайта European Climate Assessment & Dataset [177]. С 2009 по 2014 годы данные были получены из архивов российского сайта «Погода в 243 странах мира» [134]. Таким образом, для перечисленных пунктов анализированы данные с конца XIX века или начала XX века до 2013 года.

При построении линии тренда был применен метод наименьших квадратов, при построении кривых, отображающих линейную фильтрацию – метод скользящей средней [123]. Прогноз выполнен при помощи метода множественной регрессии с использованием аргументов глобального и регионального значения [164].

На рис. 3.2 представлены линейные тренды, отображающие тенденцию изменения среднегодовых температур воздуха для Ай-Петри, на рис. 3.3 – для Ялты и Феодосии, на рис. 3.4 – для Евпатории, Черноморского и Симферополя.

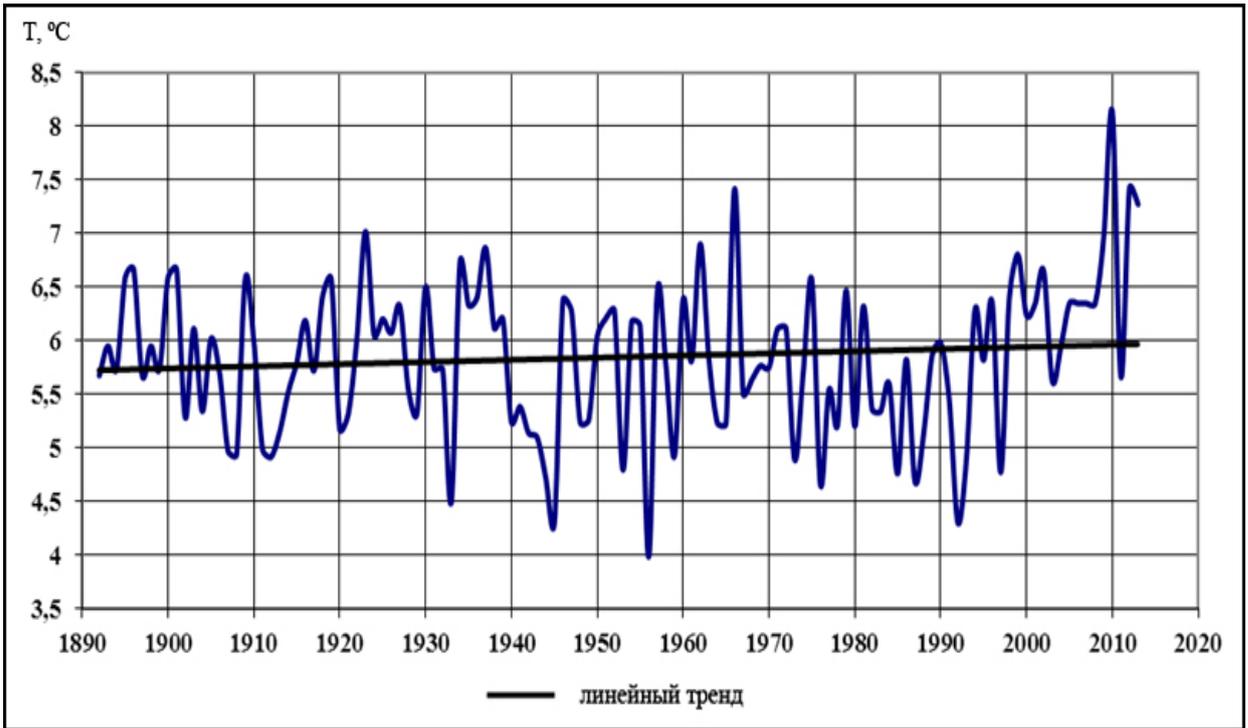


Рис. 3.2. Изменение среднегодовой температуры воздуха для Ай-Петри (1890–2013)

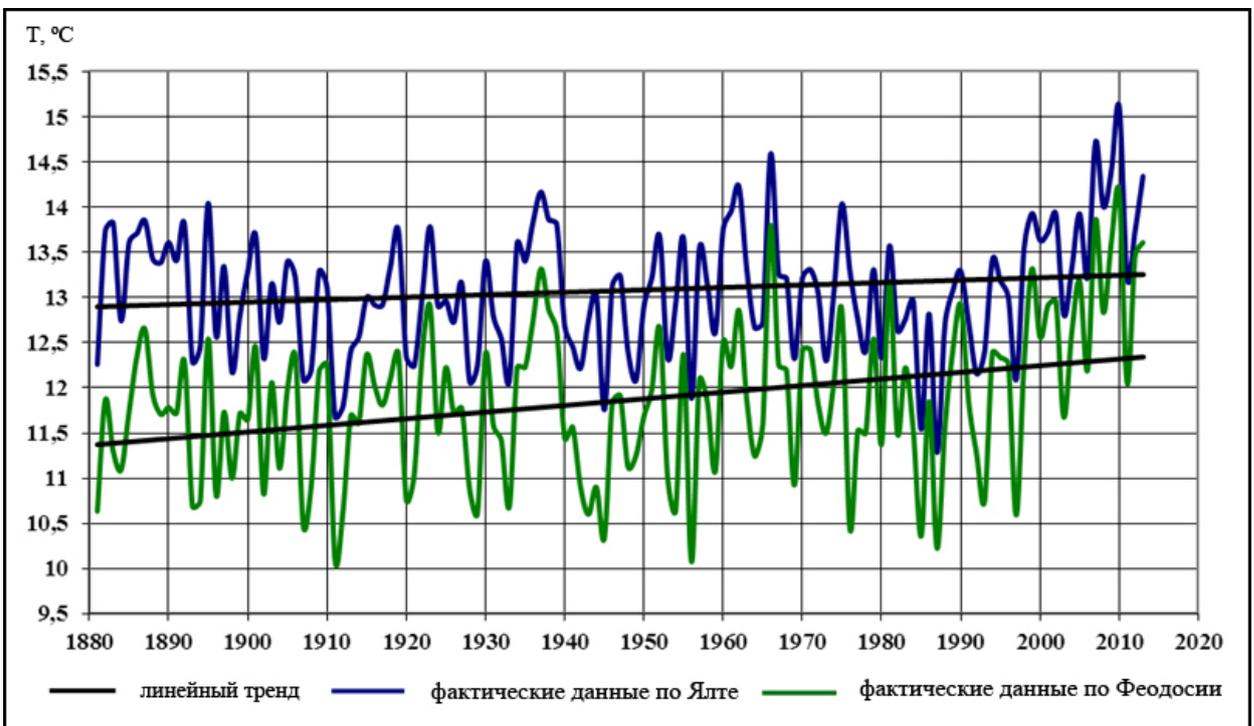


Рис. 3.3. Изменение среднегодовых температур воздуха для Ялты, Феодосии (1881–2013)

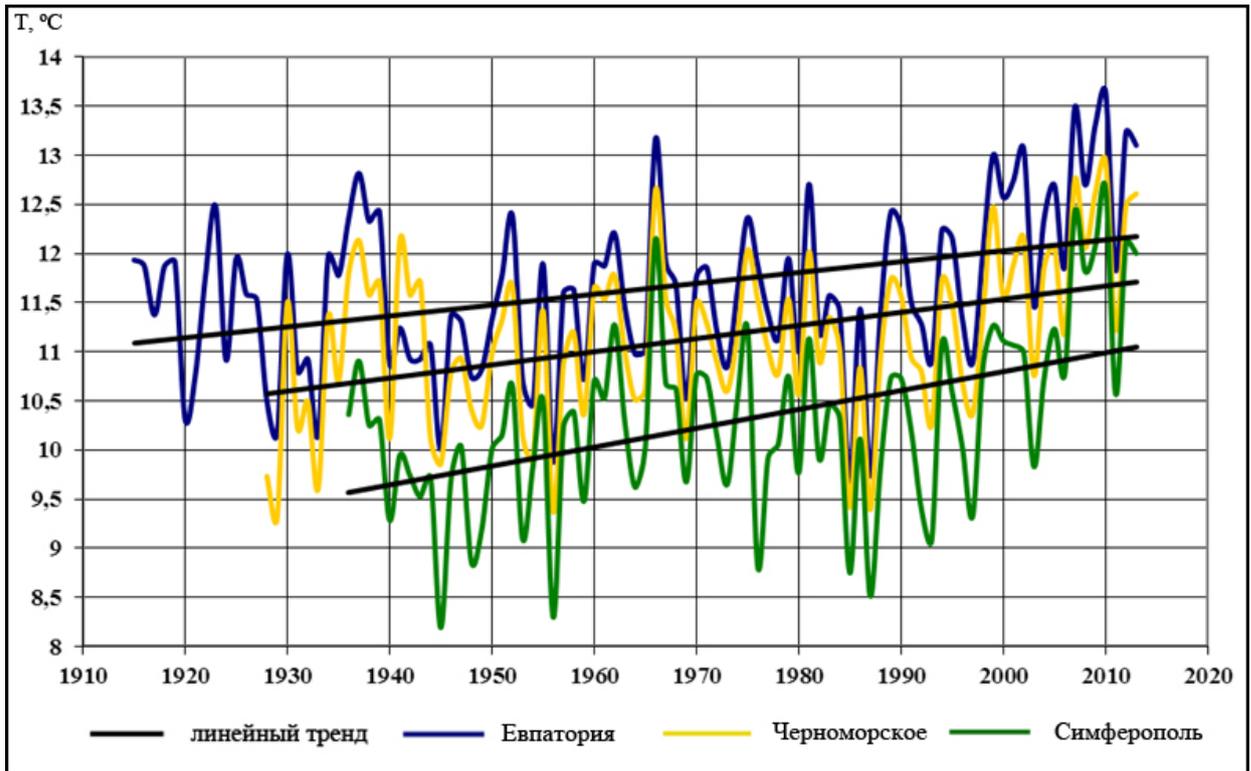


Рис. 3.4. Изменение среднегодовых температур воздуха для Евпатории (1915–2013), Черноморского (1929–2013) и Симферополя (1937–2013)

Как видно из выше приведенных графиков, для всех пунктов в многолетнем ходе среднегодовых температур воздуха характерна положительная динамика. Так, на Ай-Петри с 1890 по 2013 годы температура выросла на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Ялте с 1881 по 2013 годы – на $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Феодосии с 1881 по 2013 годы – на $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Евпатории с 1915 по 2013 годы – на $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Черноморском с 1929 по 2013 годы – на $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, в Симферополе с 1937 по 2013 годы – на $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На рис. 3.5–3.7 представлены кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха с 5-летним временным периодом для Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Евпатории, Черноморского и Симферополя. Метод скользящей средней применен с целью сглаживания рядов наблюдений, что позволяет погасить короткопериодические колебания.

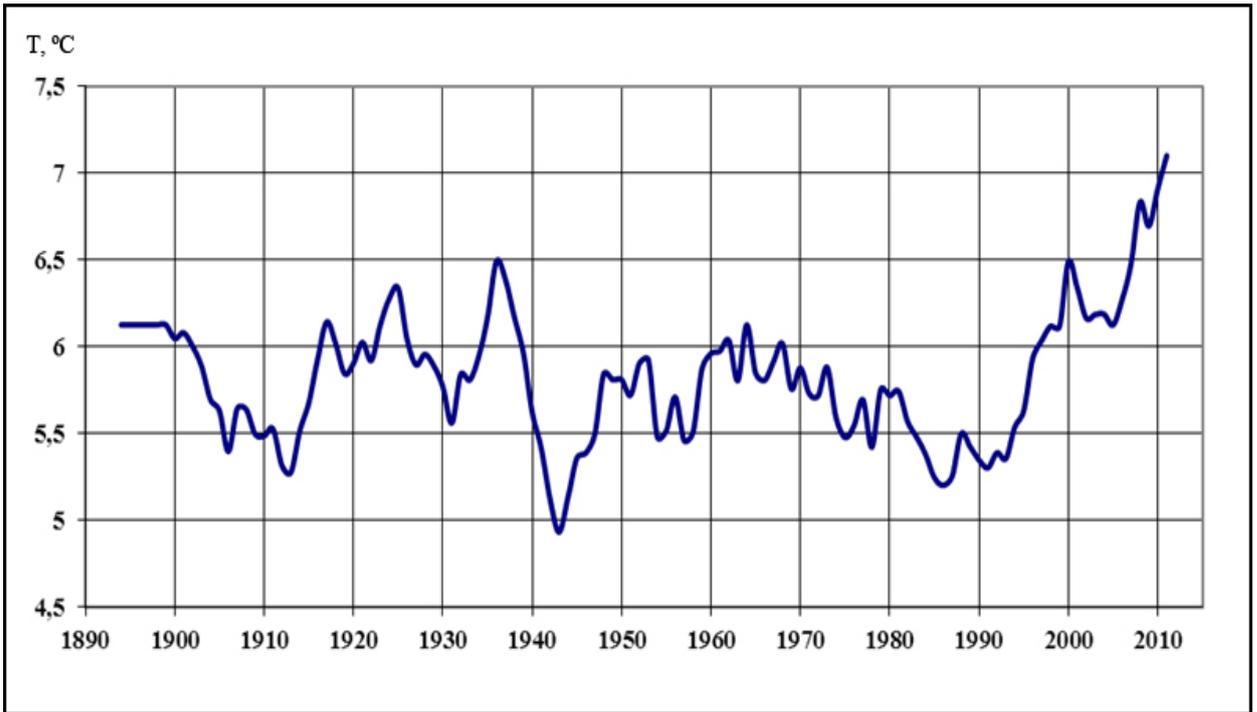


Рис. 3.5. Кривая сглаживания рядов среднегодовой температуры воздуха с 5-летним периодом для Ай-Петри

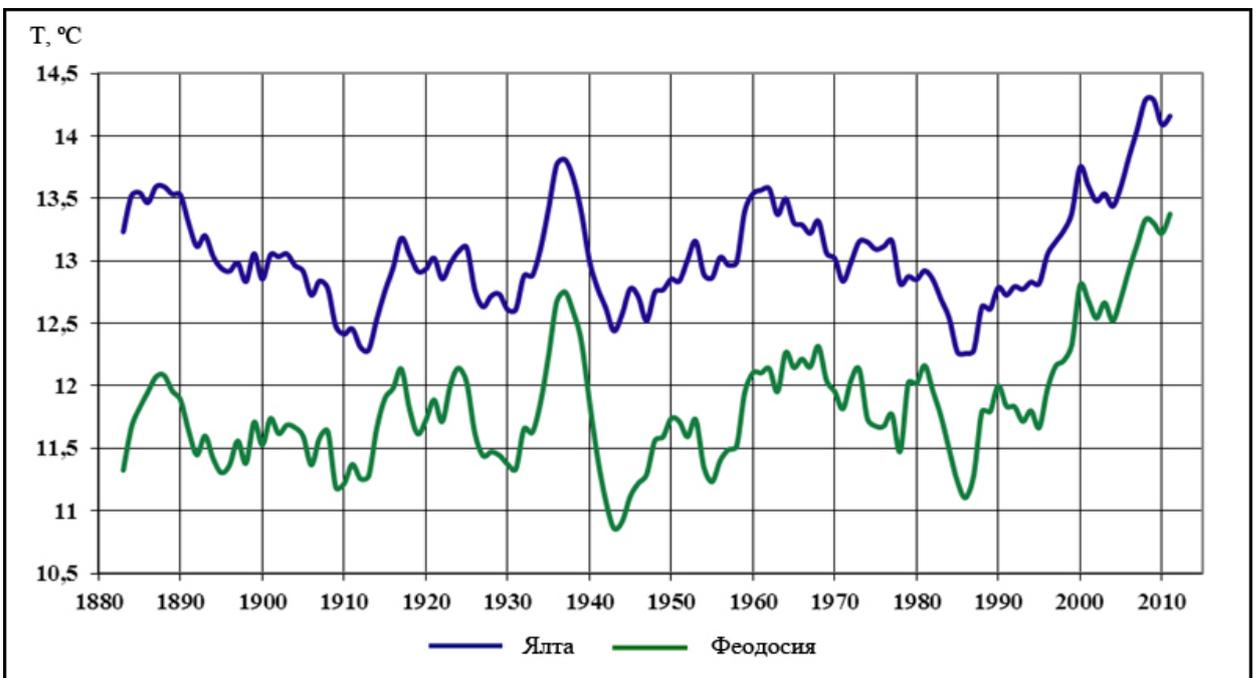


Рис. 3.6. Кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха с 5-летним периодом для Ялты и Феодосии

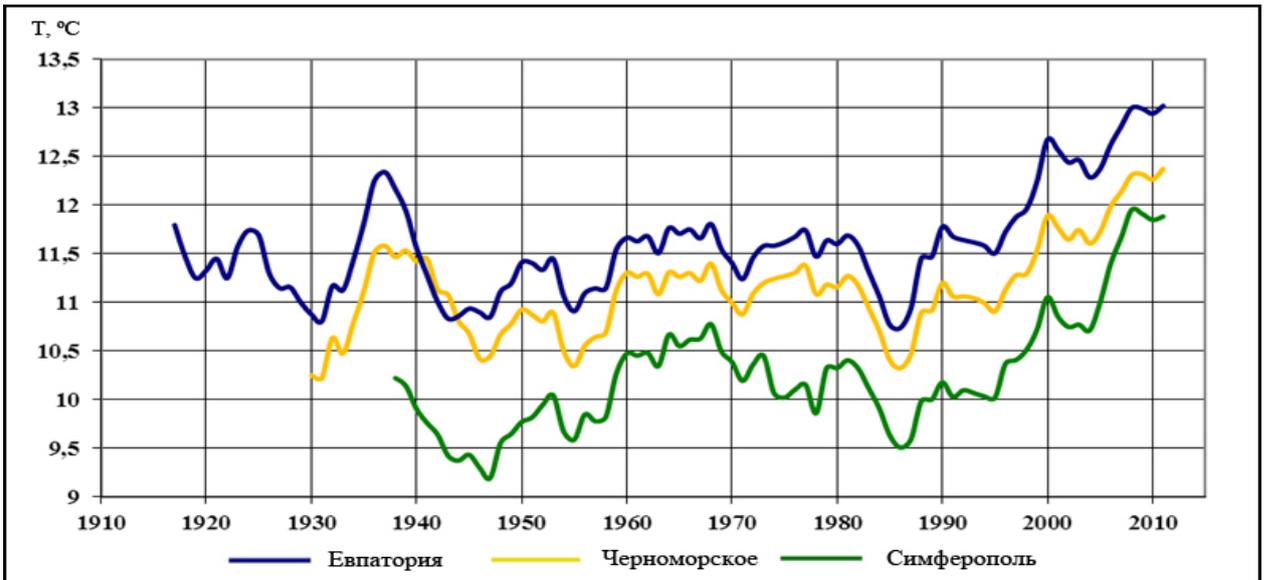


Рис. 3.7. Кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха с 5-летним периодом для Евпатории, Черноморского, Симферополя

Анализируя кривые сглаживания с 5-летним периодом в многолетнем ходе среднегодовых температур воздуха, можно сделать вывод, что максимальные значения изучаемой климатической характеристики повторяются в среднем через 10–12 лет.

На рис. 3.8–3.10 представлены кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха с 11-летним временным периодом для Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Евпатории, Черноморского и Симферополя.

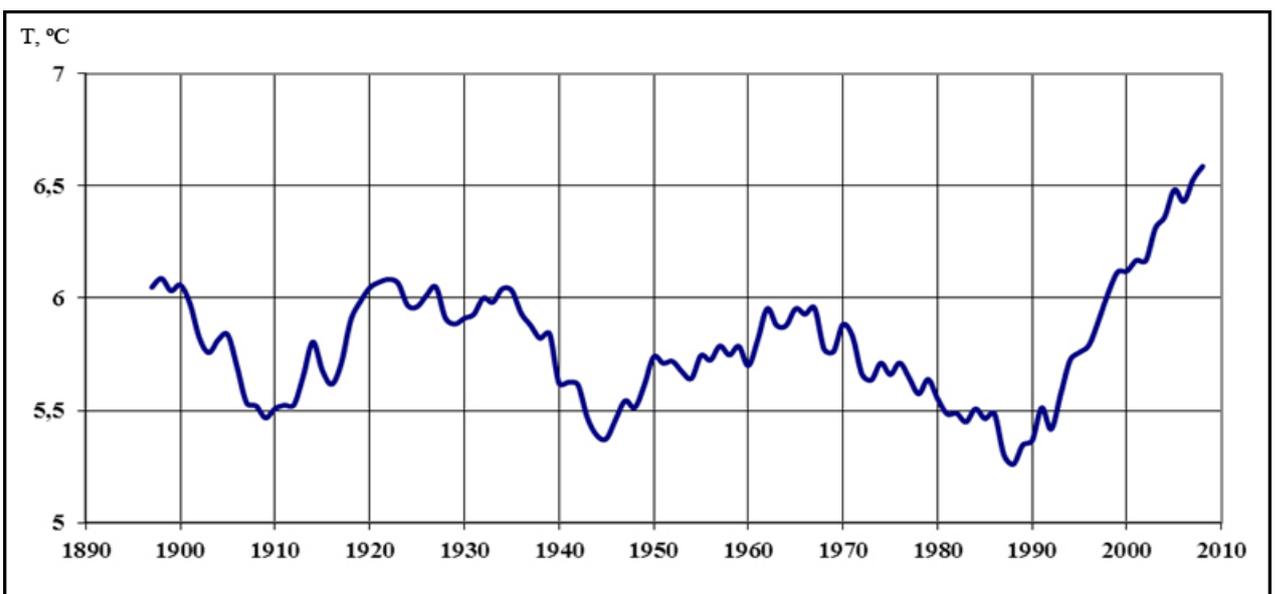


Рис. 3.8. Кривая сглаживания рядов среднегодовой температуры воздуха с 11-летним периодом для Ай-Петри

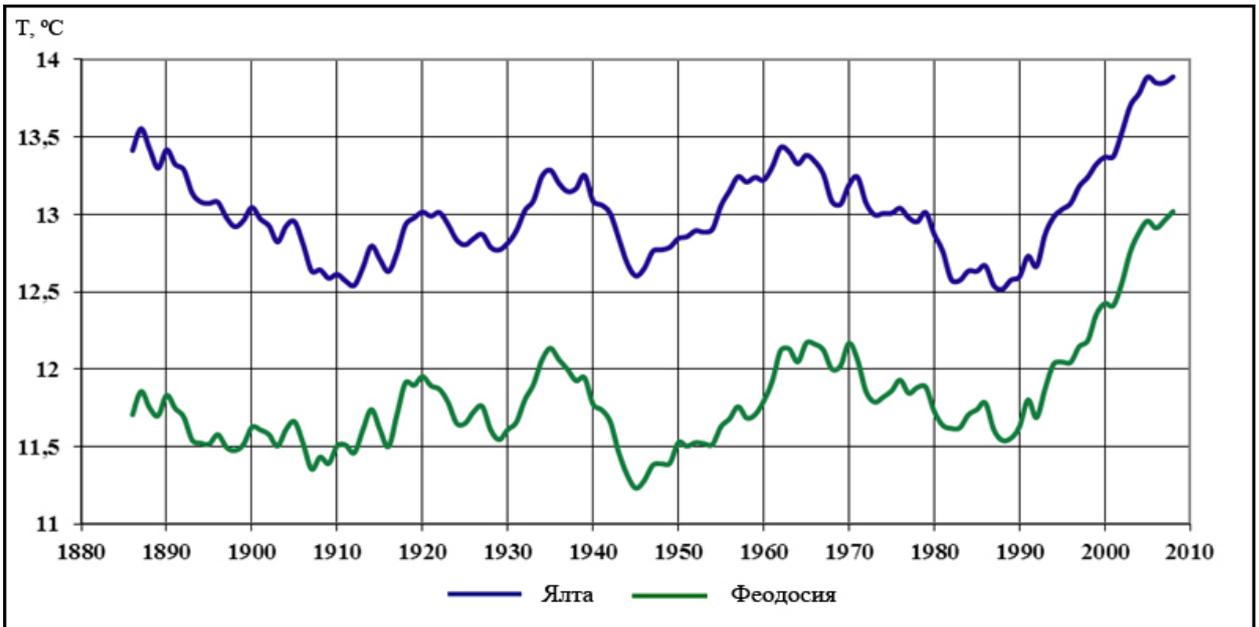


Рис. 3.9. Кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха с 11-летним периодом для Ялты и Феодосии

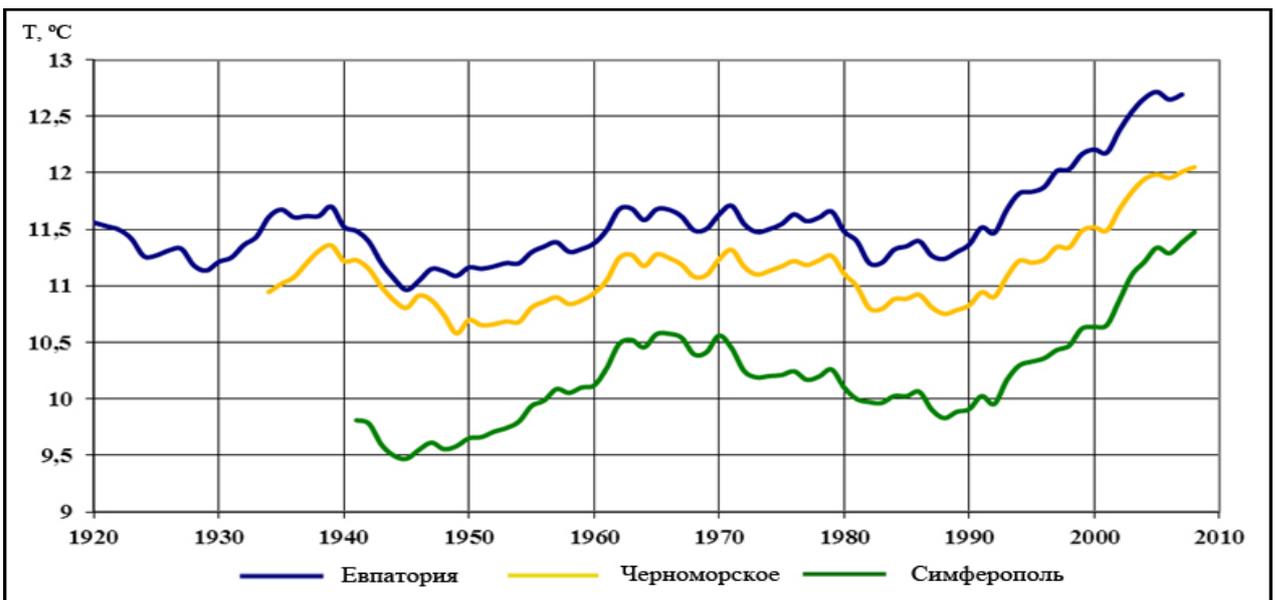


Рис. 3.10. Кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха с 11-летним периодом для Евпатории, Черноморского, Симферополя

Кривые сглаживания с 11-летним периодом демонстрируют смену максимальных значений среднегодовой температуры воздуха для Ай-Петри в среднем через 35–37 лет, для Ялты и Феодосии – через 30–35 лет, для Евпатории, Черноморского и Симферополя – через 33 года.

Таким образом, 5-летнее сглаживание временного ряда среднегодовой температуры воздуха выявляет 10–12-летние цикл для всех пунктов. 11-летнее сглаживание выявляет 35–37-летний цикл для Ай-Петри, 30–35 летний цикл – для Ялты и Феодосии и 33-летний цикл для Евпатории, Черноморского и Симферополя.

Хорошо прослеживается 30–35-летний цикл. Возможно это цикл Брикнера. Брикнеров цикл – это многолетнее колебание климата, выражающееся в переходе от холодных и влажных лет к теплым и сухим на протяжении в среднем 35-летнего периода [150]. Также, можно говорить о хорошо проявляющемся 12-летнем цикле, природу которого объясняют влиянием солнечной активности [73, 180, 181].

Уже визуальный анализ рис. 3.2–3.10 показывает довольно согласованное изменение во времени температуры воздуха в различных пунктах региона. Для более строгой оценки их соответствия были рассчитаны коэффициенты корреляции между метеопунктами (табл. 3.3). Коэффициенты корреляции являются достоверными для 1%-го уровня значимости и числа степени свободы $k=120$.

Таблица 3.3

Корреляция среднегодовых температур воздуха для Крыма

| пункт/пункт | Черноморское | Евпатория | Симферополь | Ялта | Феодосия |
|--------------|--------------|-----------|-------------|------|----------|
| Черноморское | | | | | |
| Евпатория | 0,95 | | | | |
| Симферополь | 0,88 | 0,92 | | | |
| Ялта | 0,86 | 0,92 | 0,89 | | |
| Феодосия | 0,88 | 0,94 | 0,94 | 0,88 | |
| Ай-Петри | 0,74 | 0,80 | 0,87 | 0,82 | 0,81 |

Обращает на себя внимание более низкая корреляция между Ай-Петри и остальными пунктами, что объясняется формированием на высоте более 1 км в зимнее время особой циркуляции, когда например антициклонические массы не поднимаются до этой высоты. В то же время наиболее высокая корреляция характерна для пунктов, расположенных севернее Крымских гор – Феодосии, Симферополя, Евпатории. Они имеют сходное географическое положение, что и определяет довольно высокую синхронность изменения во времени температуры воздуха.

Для рассматриваемых пунктов был построен прогноз среднегодовых температур воздуха с 2014 по 2023 годы (рис. 3.11–3.13). Метод прогноза описан в разделе 2. В качестве фактического материала использованы временные ряды чисел Вольфа, среднегодовых значений концентрации в земной атмосфере диоксида углерода, а также среднегодовых значений температур приземного слоя атмосферы в пунктах Ай-Петри, Ялта, Феодосия, Евпатория, Черноморское и Симферополь. Прогнозирование климатических характеристик осуществлялось с помощью метода множественной регрессии. Детально метод прогнозирования климатических характеристик описан в разделе 2.



Рис. 3.11. Ход среднегодовой температуры воздуха на Ай-Петри и прогноз на 2014–2023 гг.

На Ай-Петри прогнозируется рост среднегодовой температуры воздуха до 8,1 °С в 2014 году, к 2016 году температура снизится до 5,9 °С, к 2023 году вновь вырастет до 7,5 °С.

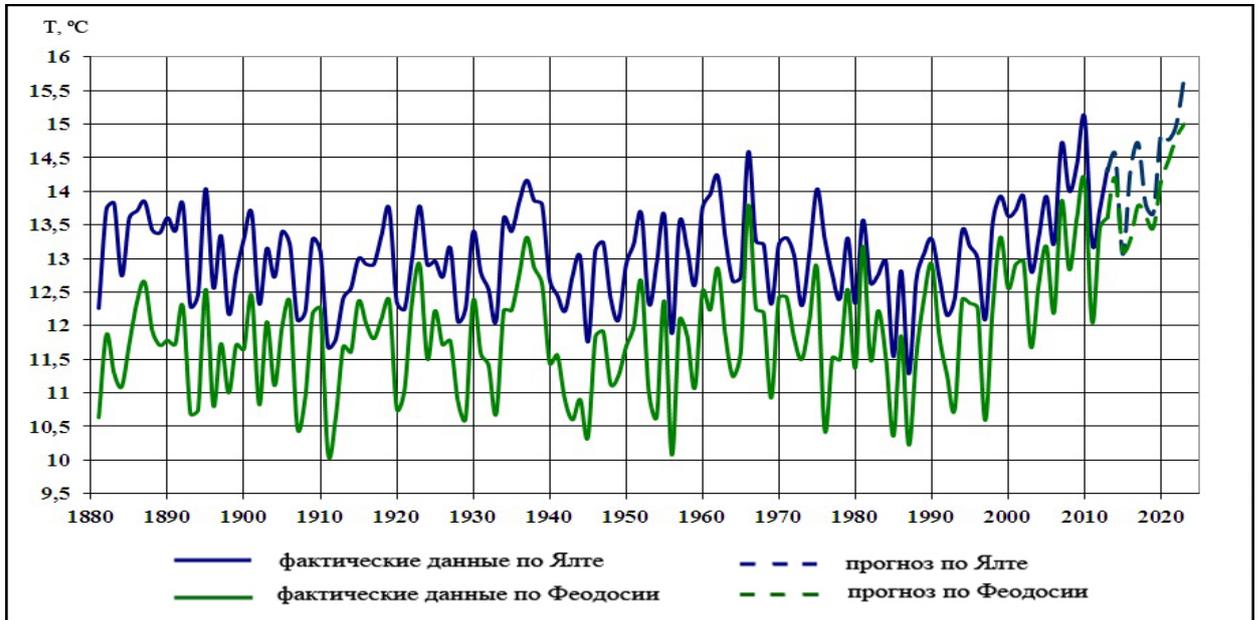


Рис. 3.12. Ход среднегодовых температур воздуха в Ялте и Феодосии и прогноз на 2014–2023 гг.

В Ялте прогнозируется рост среднегодовой температуры воздуха к 2013 году до 15,7 °С, в Феодосии – до 15 °С.

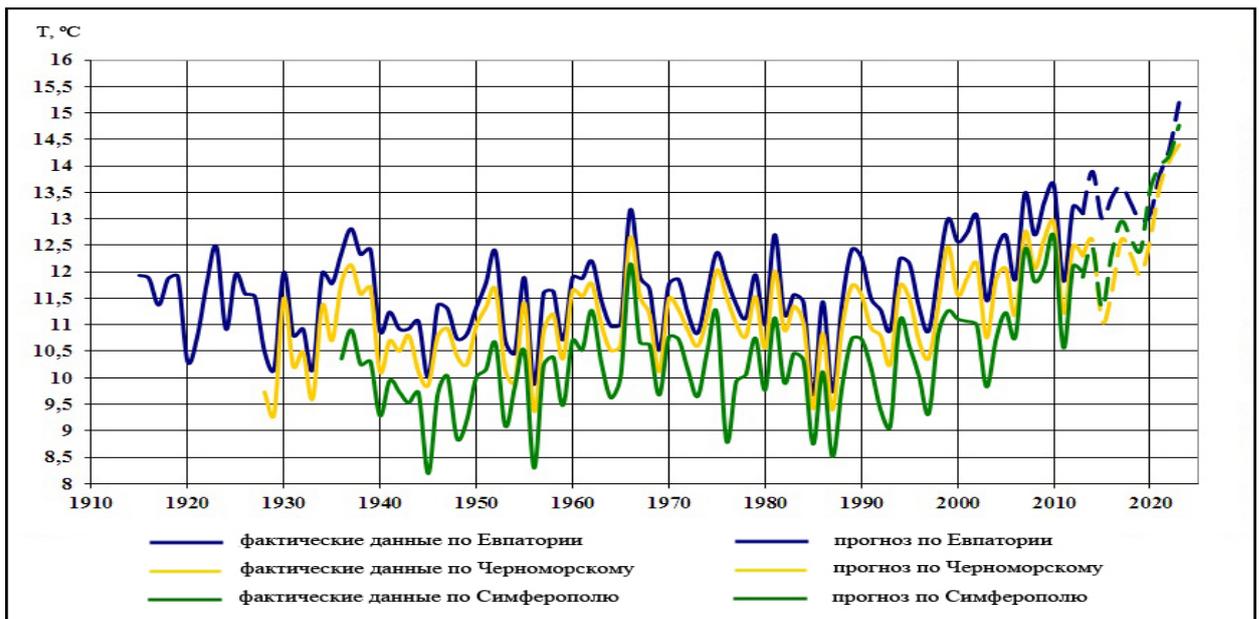


Рис. 3.13. Ход среднегодовых температур воздуха в Евпатории, Черноморском и Симферополе и прогноз на 2014–2023 гг.

В Евпатории прогнозируется рост среднегодовой температуры воздуха к 2013 году до 15,2 °С, в Черноморском – до 14,4 °С и в Симферополе – до 14,8 °С.

Проведен анализ годовых сумм осадков для 6 пунктов Крыма, а именно: Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Симферополя, Клепинино и Евпатории более чем за 100 лет.

На рис. 13.14 представлены линейные тренды, отображающие тенденцию изменения годовых сумм осадков для Ай-Петри, Ялты и Феодосии, на рис. 3.15 – для Симферополя и Клепинино, на рис. 3.16 – для Евпатории.

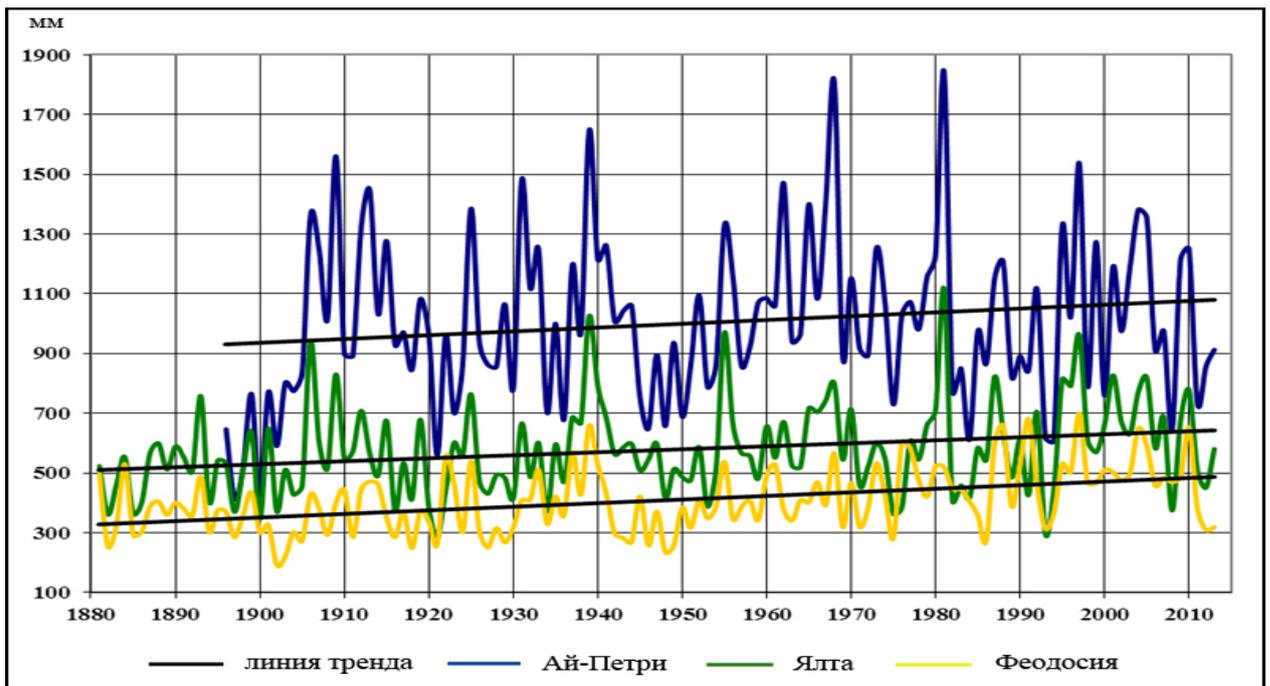


Рис. 3.14. Изменение годовых сумм осадков для Ай-Петри (1895–2013), Ялты и Феодосии (1881–2013)

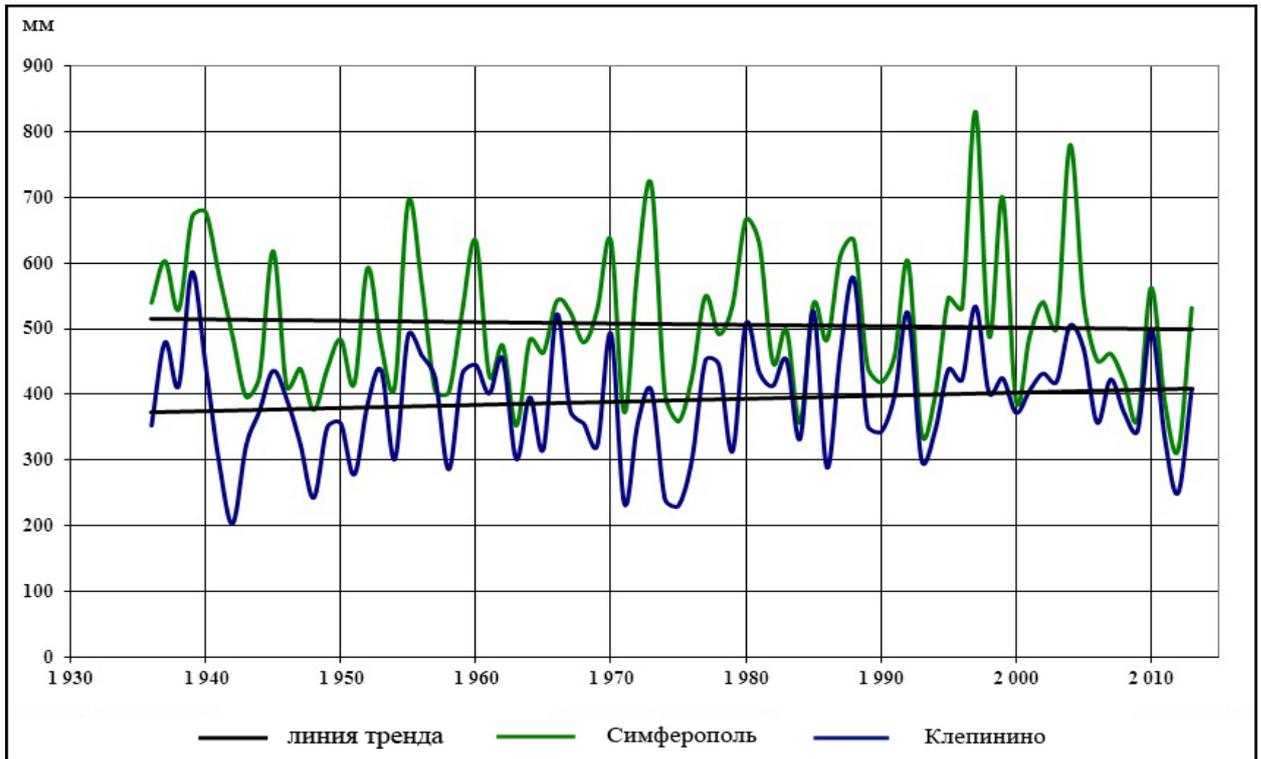


Рис. 3.15. Изменение годовых сумм осадков для Симферополя и Клепино (1936–2013)

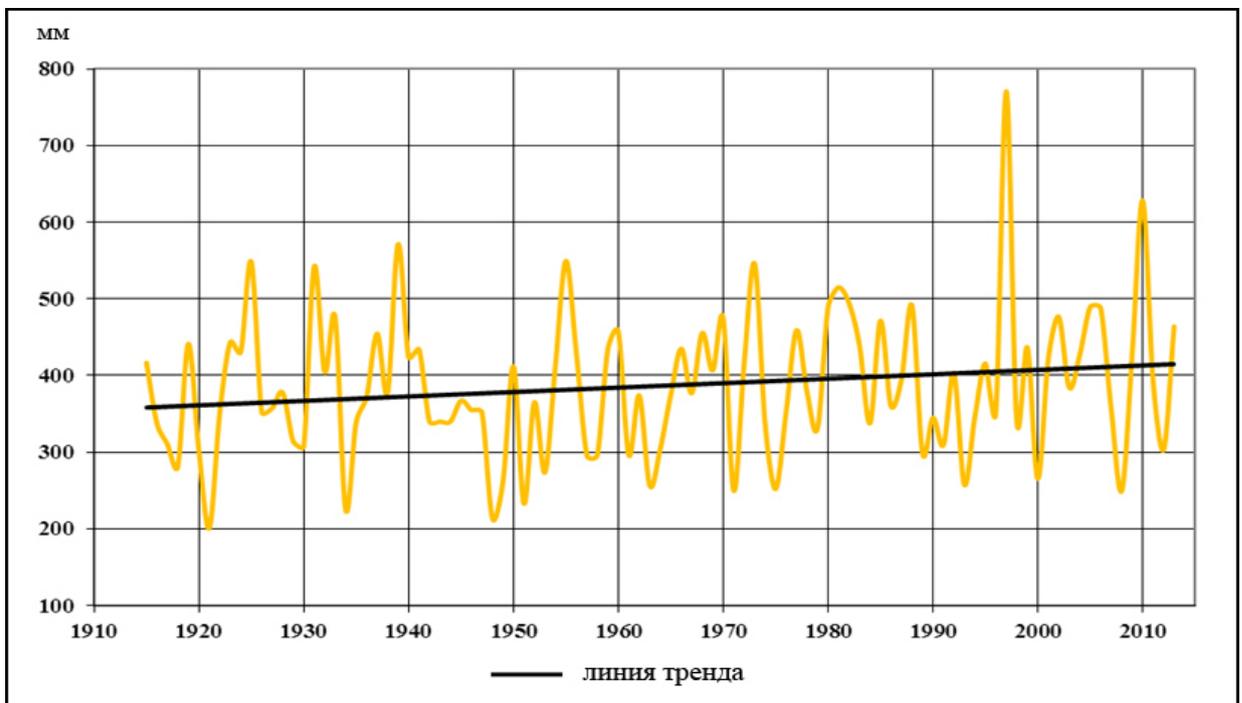


Рис. 3.16. Изменение годовой суммы осадков для Евпатории (1916–2013)

Как видно из выше приведенных графиков, в многолетнем ходе годовых сумм осадков для всех пунктов, кроме Симферополя характерна положительная динамика.

Так, на Ай-Петри с 1895 по 2013 годы сумма осадков увеличилась на 150 мм, в Ялте с 1881 по 2013 годы – на 120 мм, в Феодосии с 1881 по 2013 годы – на 160 мм, в Клепинино с 1936 по 2013 годы – на 50 мм, в Евпатории с 1916 по 2013 годы – на 60 мм. В Симферополе в целом за весь временной период с 1936 по 2013 годы значения годовых сумм осадков уменьшились на 20 мм.

На рис. 3.17–3.19 представлены кривые сглаживания рядов годовых сумм осадков с 5-летним временным периодом для Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Симферополя, Клепинино и Евпатории.

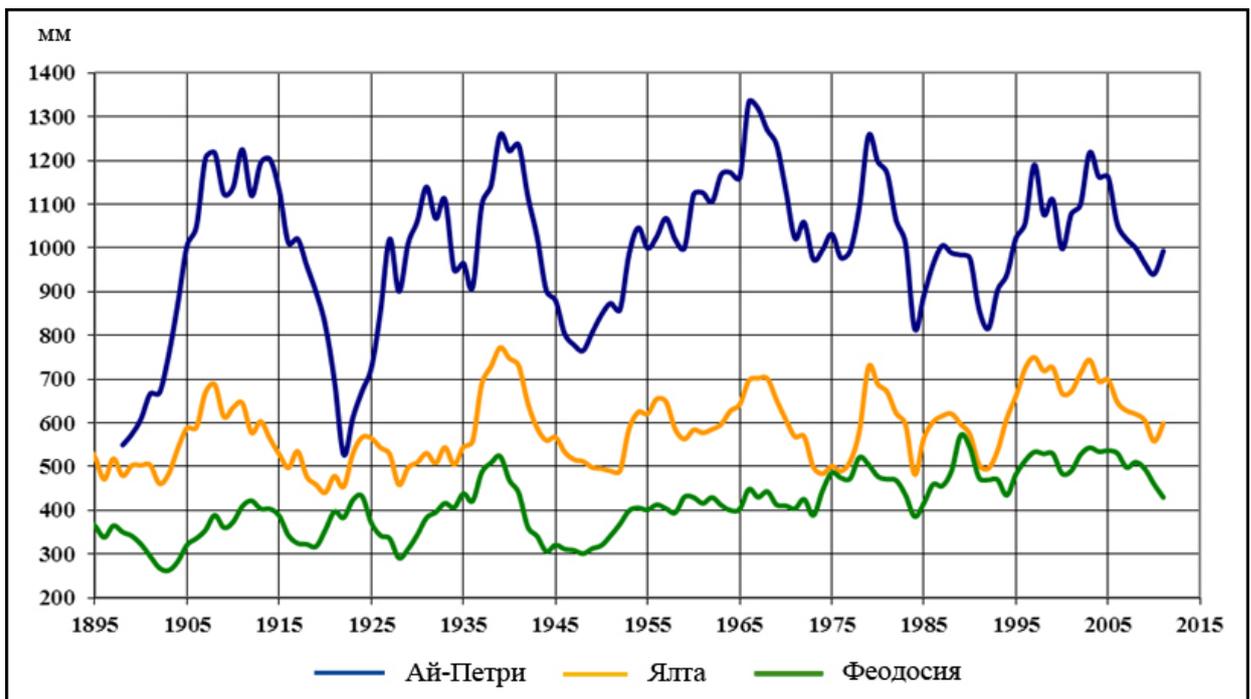


Рис. 3.17. Кривые сглаживания рядов годовых сумм осадков с 5-летним периодом для Ай-Петри, Ялты, Феодосии

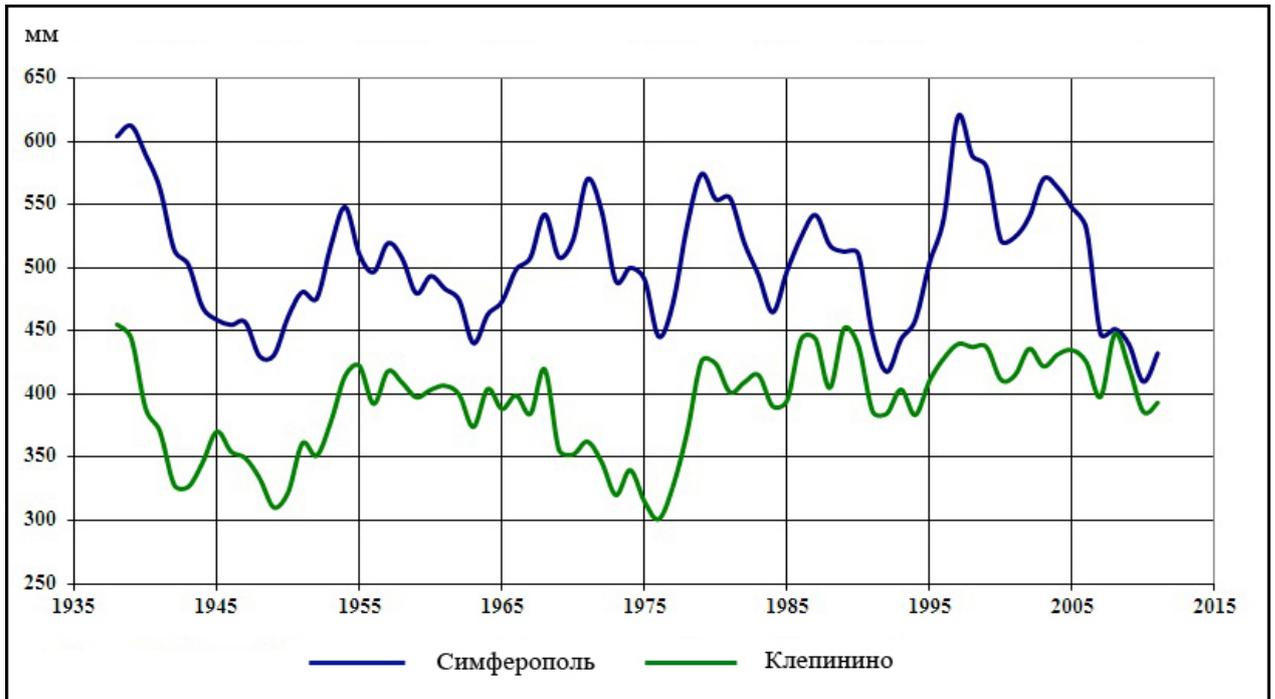


Рис. 3.18. Кривые сглаживания рядов годовых сумм осадков с 5-летним периодом для Симферополя и Клепинино

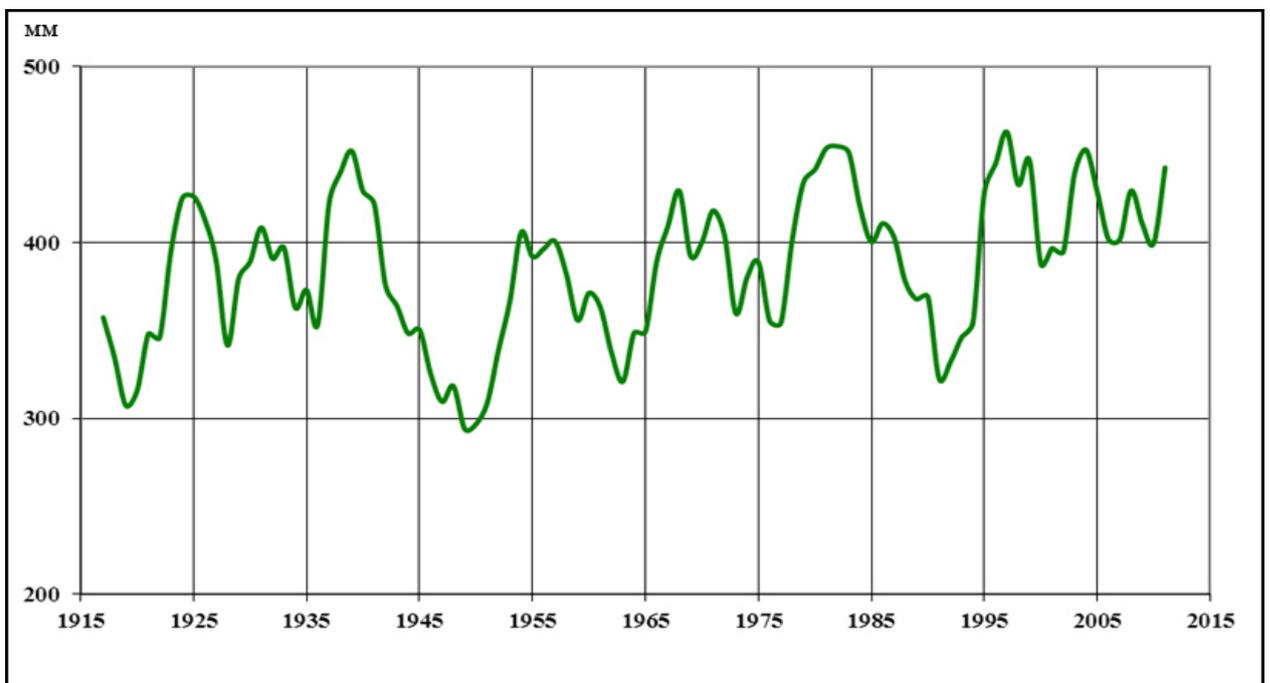


Рис. 3.19. Кривая сглаживания рядов годовой суммы осадков с 5-летним периодом для Евпатории

Анализируя кривые сглаживания с 5-летним периодом в многолетнем ходе годовых сумм осадков, можно сделать вывод, что максимальные

значения изучаемой климатической характеристики повторяются для всех пунктов в среднем через 10–15 лет.

На рис. 3.20–3.22 представлены кривые сглаживания рядов среднегодовых температур воздуха для Ай-Петри, Ялты, Феодосии, Евпатории, Черноморского и Симферополя с 11-летним временным периодом.

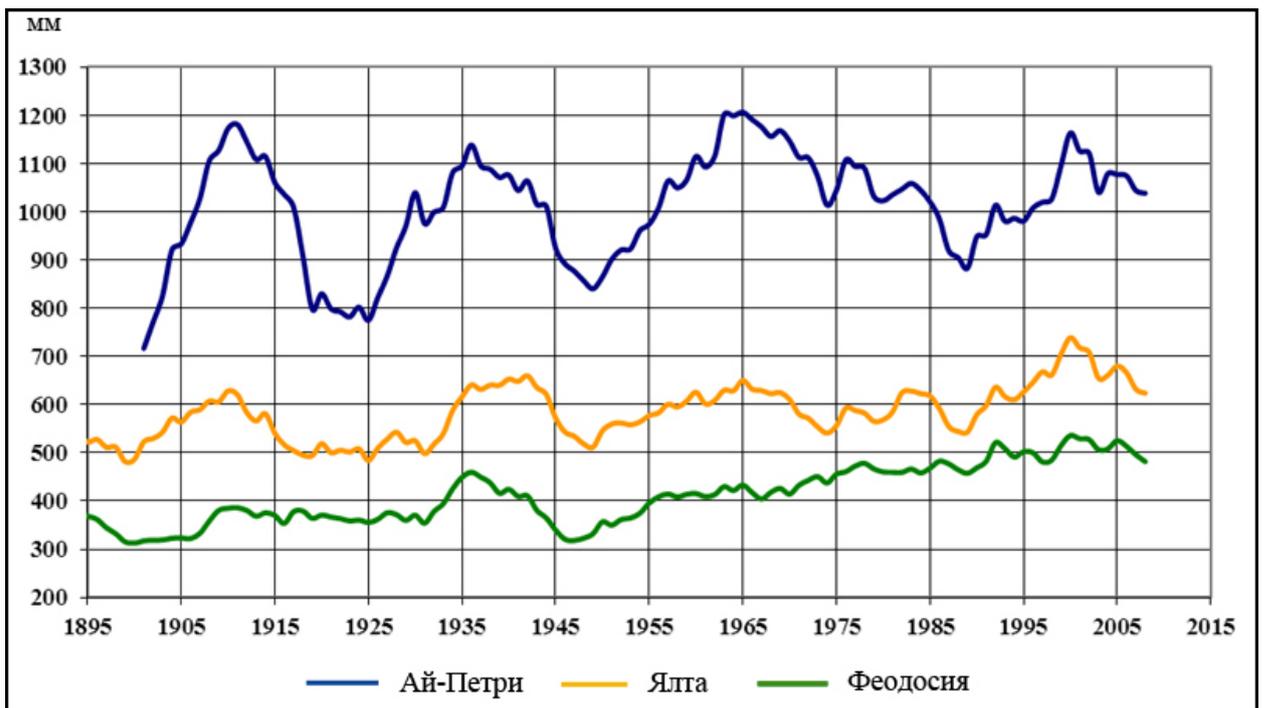


Рис. 3.20. Кривые сглаживания рядов годовых сумм осадков с 11-летним периодом для Ай-Петри, Ялты и Феодосии

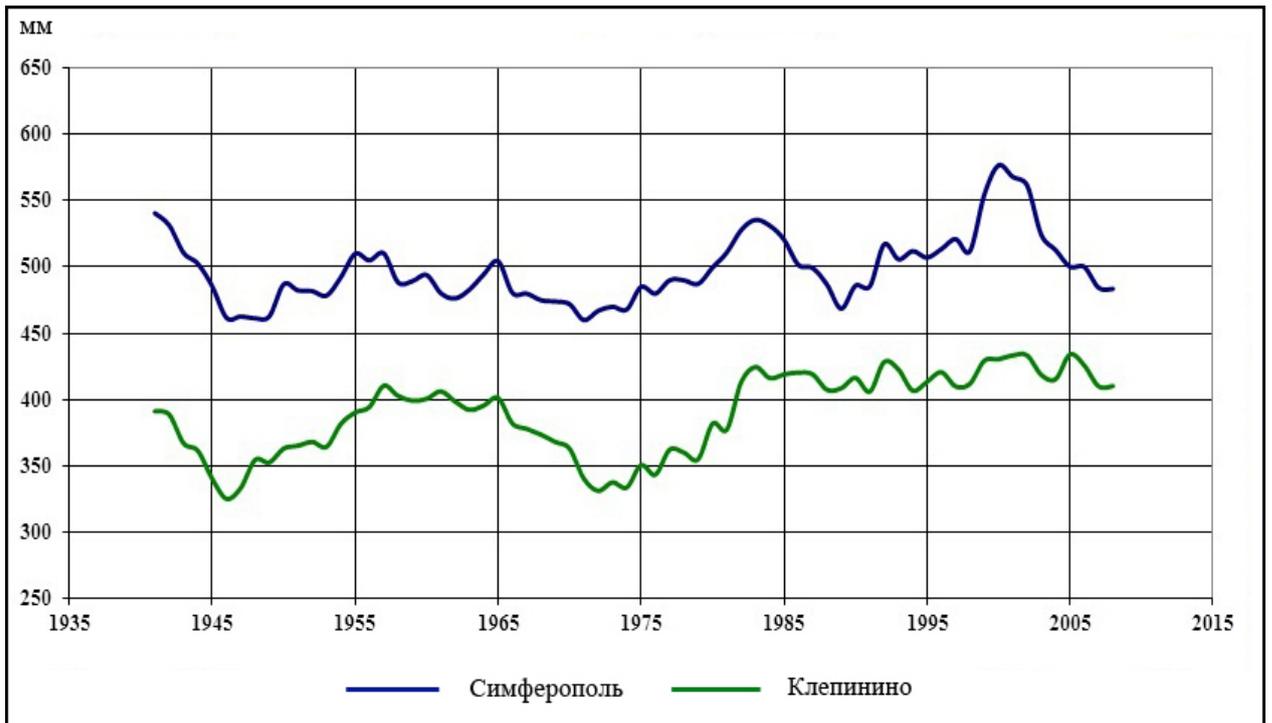


Рис. 3.21. Кривые сглаживания рядов годовых сумм осадков с 11-летним периодом для Симферополя и Клепинино

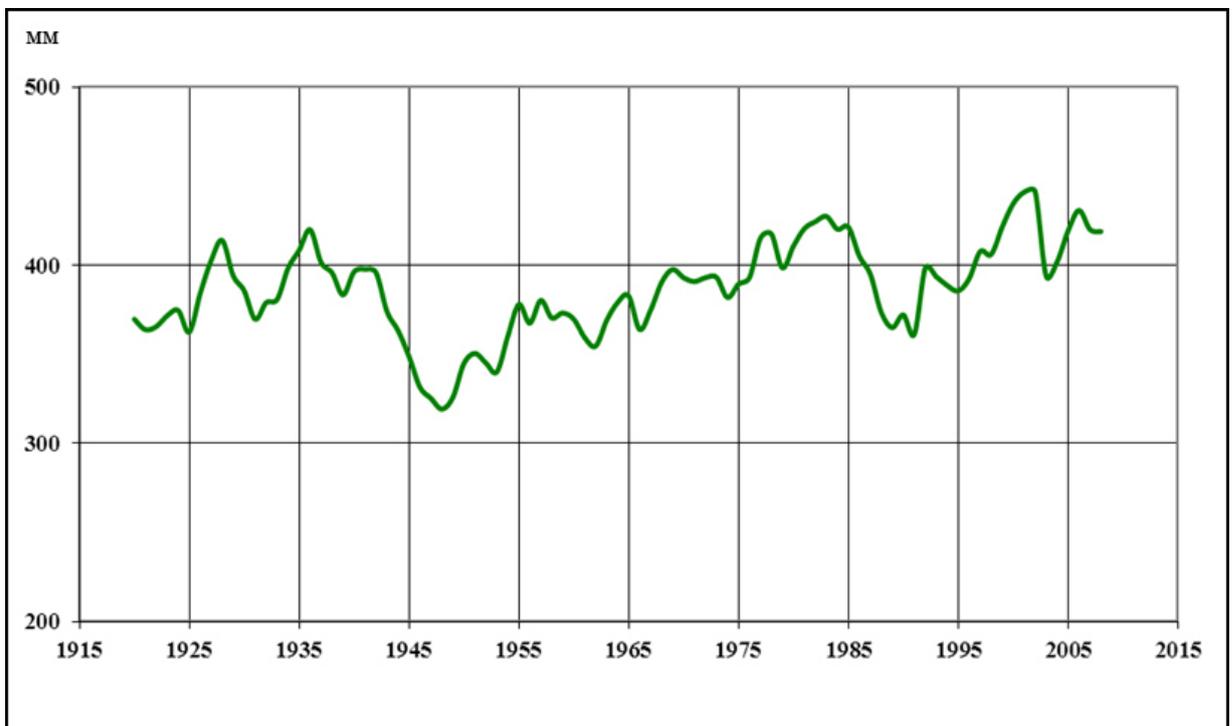


Рис. 3.22. Кривая сглаживания рядов годовой суммы осадков с 11-летним периодом для Евпатории

Анализ кривых сглаживания с 11-летним периодом в многолетнем ходе годовых сумм осадков позволил сделать вывод, что максимальные значения изучаемой климатической характеристики повторяются в среднем для Ай-Петри и Ялты через 30 лет. Для Феодосии, Симферополя, Клепинино и Евпатории оказалось достаточно сложным выделить какие-либо циклы. Максимальные значения годовых сумм осадков чередуются для Феодосии через 25, 29, 13, 15 и 8 лет, для Евпатории – через 8, 48, 20 лет.

Для более строгой оценки статистической связи были рассчитаны коэффициенты корреляции между метеопунктами (табл. 3.4). Коэффициенты корреляции являются достоверными для 1%-го уровня значимости и числа степени свободы $k=120$.

Таблица 3.4

Коэффициенты корреляции годовых сумм осадков для Крыма

| пункт/пункт | Клепинино | Евпатория | Симферополь | Ялта | Феодосия |
|-------------|-----------|-----------|-------------|------|----------|
| Клепинино | | | | | |
| Евпатория | 0,58 | | | | |
| Симферополь | 0,58 | 0,73 | | | |
| Ялта | 0,5 | 0,68 | 0,64 | | |
| Феодосия | 0,54 | 0,59 | 0,56 | 0,61 | |
| Ай-Петри | 0,34 | 0,63 | 0,61 | 0,79 | 0,55 |

В целом, корреляция годовых сумм осадков выражена слабее, чем корреляция среднегодовых значений температуры воздуха. Однако, как и в случае с температурой воздуха, более высокая корреляция характерна для пунктов, имеющих сходное географическое положение.

Так, например, для пунктов Симферополь и Евпатория значение коэффициента корреляции равно 0,73, для пунктов Клепинино и Ай-Петри коэффициент имеет значение 0,34.

Выводы по разделу

1. Разнообразиие физико-географических условий отображается в пространственно-временной дифференциации процессов.

2. Изменение погодно-климатических условий связано с типами циркуляционных процессов. Быстрый рост продолжительности меридиональных южных процессов с 1981 по 1997 годы сопровождается чередованием четко выраженных минимумов температуры воздуха в 1987, 1992, 1993 и 1997 годах. В целом, наблюдается тенденция роста температуры воздуха. В ходе годовых сумм осадков за этот период прослеживается незначительная положительная динамика.

3. С увеличением продолжительности меридиональной северной циркуляции и с уменьшением меридиональной южной с 1998 по 2008 годы среднегодовые значения температур воздуха на всех рассматриваемых пунктах имеют хорошо выраженную положительную динамику, а годовые суммы осадков по всем рассматриваемым пунктам Крыма, кроме Евпатории начинают постепенно снижаться.

4. Наблюдается положительный тренд изменения температуры воздуха, который особенно отчетливо стал проявляться в 90-е годы XX века. В ближайшие 10 лет на полуострове ожидается дальнейшее потепление.

5. В многолетнем ходе изменения климата выявлены 10–12-летние и 33–35-летние циклы колебания температуры воздуха и 10–15-летние и 30-летние циклы колебания атмосферных осадков.

6. По всем рассматриваемым пунктам Крыма примерно с 80-х годов до 2013 года наблюдается сокращение временного интервала между максимумами годовых сумм осадков. То есть нарушается ритмичность, которая прослеживалась с конца XIX века. Вследствие чего имеет место выпадение интенсивных ливневых осадков.

РАЗДЕЛ 4

АНТРОПОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ

4.1. Периодизация системы хозяйства Крыма в XX–XXI вв.

Автором произведена периодизация истории развития хозяйства Крымского региона с конца XIX до начала XXI веков. Выделено 9 периодов, в которых проанализирована смена типов хозяйствования и природопользования, связанных с социально-экономическими событиями [129]. Важная информация была получена из работы В.М. Шумского [169].

1 этап (с конца XIX до 1914 год).

До конца XIX века Крым развивался как регион скотоводческого направления в равнинной части и плодово-виноградарского направления в предгорье и на Южном берегу. Отмена крепостного права в 1861 году стимулировала развитие земледелия. Произошел сдвиг населенных пунктов в равнинную часть. За рассматриваемый период площадь распаханых земель увеличилась более чем в 4 раза.

Крымские леса и яйлы подверглись интенсивному пастбищному воздействию. Это привело к уменьшению площади лесов Крыма до 318 тыс. га в 1913 году [168]. Все это создало предпосылки для деградации луговых и горно-степных сообществ, возникновения процессов оползнеобразования, дефляции почвы и селей. В 1909–1912 гг. ливневые паводки и оползни отмечались в бассейне реки Ворон, в районе Гурзуфа, Ялты и Алупки. Паводки способствовали трансформации речных и пойменных экосистем.

2 этап (с 1914 по 1925 годы). В 1914 году началась Первая мировая война. Первая мировая, а затем и гражданская, войны, нарушили привычные формы хозяйственной деятельности. Посевная площадь стала сокращаться: в 1916 году она составила 633,1 тыс. га, а к 1922 году уменьшилась в 3 раза до

203,3 тыс. га. После гражданской войны посевные площади стали снова увеличиваться (табл. 4.1).

Таблица 4.1

Динамика посевных площадей [113]

| год | Площадь в десятинах | Площадь в гектарах |
|------|---------------------|--------------------|
| 1916 | 580800 | 633100 |
| 1922 | 186500 | 203300 |
| 1923 | 346200 | 377400 |
| 1924 | 365900 | 398800 |

В военных целях производилась рубка леса, площадь которого уменьшилась до 298 тыс. га в 1921 году. В связи с вырубкой лесов произошло уменьшение водности рек, снизился уровень грунтовых вод, усилилась эрозия почв, более засушливым и континентальным стал климат. Повысилась повторяемость засух.

3 этап (с 1925 по 1941 годы). Этот период охарактеризовался восстановлением хозяйства после гражданской войны. Численность населения постоянно росла. В 1925 году население Крымской области составляло 613 тыс. человек, а в 1940 – уже 1119 человек [152]. В связи с ростом численности населения потребности в сельскохозяйственных культурах увеличились, и в 1925 году пашня составляла 1203,5 тыс. га, а в 1940 – 1256 тыс. га (табл. 4.2).

В 1929–32 гг. произошла коллективизация единоличных крестьянских хозяйств. Вместо небольших земельных наделов появились поля крупных размеров. «Мелкоконтурность» доиндустриального периода была выражением своеобразной экологической нормы, отражавшей природную пластику рельефа и ландшафта [175]. Укрупнение полей во время коллективизации привело к росту поверхностного стока, скорости ветра, ухудшению процессов накопления снега на полях. Для борьбы с этими неблагоприятными процессами в 30-е годы было начато почвозащитное

лесоразведение, которое приобрело достаточно масштабный характер лишь в 50-е годы.

В 20-е годы в Крыму появились первые водохранилища: Альминское, Тайганское, Аянское, Бахчисарайское. На основе Альминского водохранилища была создана первая крупная гидромелиоративная система Крыма, позволившая оросить 1,8 тыс. га земель.

На 1931 год общая площадь, занятая лесом составляла 274 тыс. га. Подобное положение лесного хозяйства объясняется рядом причин: хищническая рубка леса в 1920–1921 годы, выпас скота на молодых лесных порослях. Как сведение леса, так и пастьба овец способствовали постепенной деградации естественных ландшафтов, созданию предпосылок для активизации оползней и селей.

Таблица 4.2

Распределение земель по угодьям в тыс. га [152]

| Годы | 1925/26 | 1940/41 |
|----------------------|---------|---------|
| пашня | 1203,5 | 1256,4 |
| сенокосы | 17,4 | 43,6 |
| выгоны | 468,2 | 462,5 |
| сады | 9,51 | 14,69 |
| виноградники | 6,4 | 12 |
| табак | 4,29 | 5 |
| огород | 6,8 | 12,01 |
| прочие удобные земли | 327,3 | 350,34 |
| неудобья | 254,6 | 211 |

В эти годы началось развитие приморской рекреации в Крыму, которое, в основном, затрагивало Южный берег, города Саки и Евпаторию. Была сформулирована задача рекреационного развития Южного берега [159].

4 этап (с 1941 по 1945 годы). В годы Великой Отечественной войны в результате военных действий сильно пострадали леса. К 1946 году их площадь сократилась до 210 тыс. га. Огромный ущерб был нанесен сельскому хозяйству. Если в 1941 году в Крыму было 19,6 тыс. га под

плодовыми насаждениями, то после фашистской оккупации их осталось 16 тыс. га [31]. Большая часть земель перестала обрабатываться.

Дать анализ проявлениям физико-географических процессов в этот период нелегко, поскольку, с одной стороны, из-за резкого сокращения посевных площадей шли процессы восстановления естественной растительности, с другой стороны, в ходе военных действий производилась масштабная рубка леса (как для хозяйственных целей, так и немецкими войсками в целях борьбы с партизанами).

5 этап (с 1945 по 1956 годы). В этот период происходило восстановление хозяйства, которое требовало наличия древесины, строительных материалов, забора воды. Получила развитие промышленность с основной специализацией на трудоемком машиностроении. В 1952 году в области был восстановлен довоенный уровень посевных площадей, поголовья скота и свиней, а в 1955 году – площадей под садами и виноградниками.

Особенно активно развивались населенные пункты. Быстро росла численность городского населения, особенно в районе ЮБК, г. Евпатория и г. Саки. Создавалась мощная рекреационная инфраструктура.

С восстановлением сельского хозяйства произошло увеличение распаханности земель. На участках склонов в Горном Крыму (до высоты 400–500 м) производились посадки винограда. Это способствовало активизации эрозии почвы, ее уплотнению, уменьшению содержания в ней гумуса.

В послевоенные годы имело место наращивание площадей пшеницы, подсолнечника, овощей, фруктов и виноградников, увеличение урожайности культур [112]. Повышение урожайности происходило за счет применения новой техники, новых видов удобрений. Однако, рост урожайности был ограничен недостаточным увлажнением территории вследствие небольшого количества атмосферных осадков.

Площадь лесов постепенно увеличивалась благодаря запрету на пастьбу скота, естественному возобновлению и начавшимся лесовосстановительным работам.

6 этап (с 1956 по 1981 годы). После восстановления довоенного уровня хозяйства происходило быстрое развитие промышленности, интенсивного сельского хозяйства, курортно-рекреационной отрасли, транспорта. К 60–80-м годам относится сооружение в Крыму основных химических производств. Были построены Сакский химический завод, Крымский содовый завод (г. Красноперекопск), Перекопский бромный завод (г. Красноперекопск), Крымский Титан (г. Армянск). Развивалась пищевая, главным образом, плодоовощная промышленность, что было связано с развитием плодоводства и виноградарства.

С середины 50-х годов развернулось строительство прудов и водохранилищ для местного водоснабжения и орошения сельскохозяйственных угодий: Симферопольское, Чернореченское, Ключевское, Счастливое-I и Счастливое-II, Партизанское, Белогорское, Балановское, Ленинское, Львовское, Изобильненское, Станционное, Зеленоярское и Фронтное водохранилища. В конце 1975 года были введены в эксплуатацию Станционное (Керченское) и Зеленоярское водохранилища для водоснабжения Керчи. В 1978 году было построено Фронтное водохранилище – одно из крупнейших наливных водохранилищ (объем 35 млн. м³) [133].

Возникновение водоемов привело к перехвату части твердого стока рек и временных водотоков и аккумуляции их на дне водоемов. Это привело к дефициту твердого вещества в прибрежной зоне моря и активизации абразионных процессов. Этому же способствовала масштабная добыча песка с морских пляжей, особенно на ЮБК, для строительства.

В 1957 году было начато сооружение Северо-Крымского канала с целью орошения сельхозугодий, промышленного и питьевого водоснабжения городов и других населенных пунктов. Первая очередь канала входила в

строй на протяжении 60-х – первой половине 70-х годов. В зоне его действия было создано 7 оросительных систем: Красноперекопская, Джанкойская, Советская, Раздольненская, Красногвардейская, Нижнегорская, Ленинская. Это позволило оросить в тот период около 190 тыс. га, что более чем в три раза превысило площадь орошения за счет местных источников [133].

Введение в строй Северо-Крымского канала оказало значительное воздействие на природную среду. Площадь орошаемых земель в Крыму достигла примерно 20 % всех возделываемых земель. Из-за плохого технического состояния канала около половины воды терялось, это вызвало повышение уровня грунтовых вод, подтопление земель, засоление почвы. Орошение привело к качественному изменению ландшафтов: появились рисовые поля, возросла площадь садов, овощных и пропашных культур. Возникли новые поселки, выросло население сельскохозяйственных районов.

В этот период значительно увеличилась разработка полезных ископаемых, широкое распространение получило террасирование склонов и посадка лесокультур (обычно сосны). За счет срезки склонов площади сельхозугодий, спрямлялись, обваловывались, укреплялись и частично канализовались русла водотоков [143, 77].

В 70-е годы были организованы новые природные заповедники: Ялтинский горно-лесной, Мыс Мартьян, Карадагский. Одновременно возникали другие типы охраняемых территорий: заказники, памятники природы, заповедные урочища и др. [65].

Быстро росли потоки отдыхающих. Если в 1928 году в Крыму отдыхало 110 тыс. человек, в 1938 году – 270 тыс. человек, в 1958 году – 700 тыс. человек, в 1970 году – 6.5 млн. человек, в 80-е годы – до 10 млн. человек ежегодно [95].

Увеличились рекреационные нагрузки на ландшафты, особенно Южного берега Крыма. Помимо непосредственного воздействия на природу (вытаптывание растительности, уплотнение почвы, рубка леса для костров, лесные пожары, замусоривание и т.д.), наплыв отдыхающих потребовал

строительства новых санаториев и домов отдыха, дорог, водохранилищ, обострил проблему водообеспечения.

Развитие региона в этот период характеризовалось невниманием к местным источникам ресурсов, слабым учетом экологических проблем, использованием типовых проектов при слабом учете индивидуальных местных особенностей отдельных районов Крыма.

Развитию эрозионных процессов способствовала распашка склонов при возведении виноградников. Орошение сельскохозяйственных земель активизировало процессы засоления и подтопления.

7 этап (с 1981 по 1990 годы). В этот период общая площадь земельных угодий в Крыму составила 2608 тыс. га. Сельскохозяйственные угодья заняли 1861 тыс. га (71,4 % общей площади), из них под пашней – 1213 тыс. га (47 %). Площадь орошаемых земель составила 396,8 тыс. га. Площадь, занятая лесом, составила в Крыму 338 тыс. га (13 %). Площадь природно-заповедного фонда в 114,3 тыс. га (4,4 %) оставалась недостаточной [71]. Особенно неблагоприятное положение сложилось в равнинном Крыму, где крайне мало естественных ландшафтов и охраняемых территорий.

Предгорные степные сообщества с преобладанием ковыльной растительности были уничтожены на 50 % своей площади, а деградация степных сообществ в Равнинном Крыму стала близкой к 100 %. За последние десятилетия содержание гумуса в почве сократилось. Усилился снос плодородного слоя почвы.

В 1986 году завершилось сооружение второй очереди Северо-Крымского канала. Вода была подана в Первомайский, Раздольненский, Черноморский и Сакский районы. В начале 90-х годов была частично реализована третья очередь канала, благодаря чему площадь орошения почти достигла 400 тыс. га, то есть примерно 20 % всех возделываемых земель. Из-за плохого технического состояния канала около половины воды терялось, а

это вызывало повышение уровня грунтовых вод, подтопление земель, засоление почвы.

Оросительная система не отличалась совершенством, отсутствовали дренажирование земель, очистка воды на требуемом уровне, не использовалось водосберегающее капельное орошение. Это привело к засолению значительного количества пахотных земель. Значительная часть воды СКК сбрасывалась в Сиваш, приводя к снижению его минерализации. Имели место такие неблагоприятные процессы, как трансформация почв, вторичное засоление, осолонцевание, загрязнение почв ядохимикатами и удобрениями.

В целях строительства продолжалась добыча строительных материалов, в том числе изъятие песка с пляжей, что сопровождалось сокращением ширины пляжей и активизацией абразии.

Продолжала развиваться санаторно-курортная система Крыма. К концу 80-х годов в Крым ежегодно приезжало на отдых 8–9 млн. человек. Примерно 1,5 млн. человек занимались активным отдыхом: туристические походы по Горному Крыму, автотуризм, спелеотуризм, зеленый туризм и др. Возросший интерес местного населения к отдыху в условиях природных ландшафтов способствовал значительной антропогенной нагрузке на горно-лесные ландшафты.

В результате происходило ухудшение состояния лесных биоценозов, снижение биологического и ландшафтного разнообразия [13]. Одним из следствий возросшей рекреационной нагрузки стало увеличение частоты лесных пожаров, особенно в районе Ялты. Почвенный покров горных территорий в местах неумеренной рекреационной нагрузки также подвергается деградиационным процессам, связанным с увеличением площади пешеходных троп, угнетением растительности, нарушением сложившихся в ландшафтах связей. При этом уменьшалась мощность лесной подстилки и

дернины, гумусового горизонта и его биохимическая активность, снижалось плодородие почв.

Несанкционированное строительство на пойменных землях в долине р. Салгир и других рек создало целый комплекс проблем: уменьшение площадей плодовых культур, увеличение риска загрязнения рек, потери речными долинами значительной доли функций экологических коридоров.

8 этап (с 1990 по 1999 годы). В 90-е годы XX века перестройка социально-экономических отношений вызвала падение промышленного производства (производственные мощности промышленности использовались на 40–60 %), уменьшение площадей пашни (в 1995 году пашня составляла 1154 тыс. га), садов и виноградников.

В 1993–1994 гг. были заброшены значительные площади сельскохозяйственных земель – это были, главным образом, малопродуктивные земли.

Продолжающееся снижение объемов производства привело к уменьшению техногенного давления на окружающую природную среду – снизился объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, снизилась пестицидная нагрузка на почвы и т.д. Однако снижение объемов производства в 1993–1996 гг. не способствовало приостановке отрицательных тенденций, связанных с долговременными последствиями предшествующей техногенной нагрузки на природную среду.

В условиях роста безработицы и снижения жизненного уровня началась вырубка лесополос, возросли масштабы несанкционированной рубки леса, ненормированного сбора лекарственных растений, лесных плодов, браконьерства (охота, рыбная ловля). Возросла нагрузка на яйлы – районы формирования речного стока. Вырубка лесополос способствовала росту вероятности возникновения пыльных бурь в весеннее время, главным образом, в равнинной части Крымского полуострова.

9 этап (с 1999 по 2008 годы). Площадь селитебных территорий продолжала расти за счет строительства новых поселений. Это связано с продолжавшимся возвращением депортированных народов и строительством дачных поселков. Строительство нередко велось без соответствующих процедур землеотвода на территории водоохранных зон.

В 1999–2000 гг. процент использования земель снизился до уровня 1970-х годов. Причиной этому послужила экономическая ситуация в Украине.

На 2006 год в структуре сельскохозяйственных угодий, занимающих 63 % территории Крыма, преобладала пашня (63,3 % общей площади сельхозугодий), далее следуют пастбища (22,8 %), многолетние насаждения (8,6 %) и сенокосы (0,3 %). Площадь, занятая лесом, составляла на 1999 год всего 295 тыс. га (13 %).

В данный период выросло количество оползнеобразования, что связано главным образом с вывозом песка с пляжей для целей строительства, сведением лесов, масштабным строительством рекреационных комплексов, приуроченных к Горному Крыму. Продолжающиеся рубки лесополос способствовали усилению предпосылок возникновения пыльных бурь.

4.2. Динамика структуры земельного баланса Крыма

В табл. 4.3 представлены значения площади леса, многолетних насаждений, пашни, пастбищ, сенокосов и лесополос, а также площадь застроенной территории за каждый рассмотренный выше период.

Таблица 4.3

**Динамика площади основных земельных угодий по периодам в Крыму
(тыс. га)**

| период угодья / годы | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | 7 | 8 | 9 |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | к. XIX– 1914 | 1914– 1925 | 1925– 1941 | 1941– 1944 | 1945– 1955 | 1955–1980 | | | 1980– 1990 | 1990– 1999 | 1999– 2010 |
| | | | | | | 1955– 1960 | 1960– 1970 | 1970– 1980 | | | |
| лес | 330 | 318 | 243 | 210 | 220 | 230 | 245 | 260 | 290 | 260 | 295 |
| в том числе лесополосы | – | – | – | – | 8 | 45 | 65 | 73 | 80 | 50 | 25 |
| многолетние насаждения | 19 | 21 | 23 | – | 140 | 100 | 162 | 142 | 107 | 98 | 76 |
| пашня | 925 | 1155 | 1256 | – | 1152 | 1147 | 1211 | 1185 | 1213 | 1138 | 1256 |
| в том числе орошаемые земли | | 17,7 | 29 | – | 34 | 50 | 120 | 255 | 380 | 345 | 229 |
| пастбища | – | 340 | 428 | – | 584 | 560 | 496 | 427 | 407 | 494 | 442 |
| сенокосы | – | 49 | 38 | – | 28 | 9 | 5,5 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| застроенные территории | – | 51 | 53 | – | 74 | 75 | 80 | 86 | 95 | 105 | 108 |

Примечание: прочерк означает отсутствие данных за указанный период

Площадь лесов сильно уменьшилась во время Первой мировой войны. Пострадали леса Крыма и в годы Великой отечественной войны. В последующие периоды площадь леса увеличивалась, исключая 8 период, когда главным фактором уменьшения площади лесных насаждений была несанкционированная рубка леса.

Под многолетними насаждениями понимаются виноградники и сады. В 60-е годы площадь многолетних насаждений составляла 162 тыс. га, что является максимальным значением за весь рассматриваемый период.

Самая большая площадь пахотных земель была отмечена перед Великой Отечественной войной, также в 1999–2010 гг. – 1256 тыс. га. После ВОВ площадь пашни сократилась до 1152 тыс. га, к середине 80-х выросла до

1213 тыс. га. В 90-е годы доля пахотных земель уменьшилась в связи с перестройкой рыночных отношений и распадом СССР.

До строительства Северо-Крымского канала площадь орошаемых земель составляла 50 тыс. га. В 80-е года она достигла почти 400 тыс. га. С начала 90-х годов площадь поливных земель сократилась в условиях социально-экономического кризиса.

Самое высокое значение площади пастбищ приходилось на 1945–1955 годы и составляло 584 тыс. га. В последующие годы произошло снижение площади пастбищ, главным образом, из-за роста площади пахотных угодий. В основном по этой же причине происходило постепенное уменьшение площади сенокосов.

Вследствие массовой распашки земель, которая была проведена во второй половине 50-х – начале 60-х годов XX века, в степной зоне создалась ситуация, обуславливающая высокую вероятность возникновения пыльных бурь. Поэтому в 60–70-е года была предпринята массовая посадка полезащитных лесных полос.

Площадь застроенных территорий постепенно росла вслед за ростом численности населения. Если во втором периоде площадь застроенных территорий составляла 51 тыс. га, то уже в 9 периоде – в два раза больше – 108 тыс. га. Активное развитие населенных пунктов связано, главным образом, с освоением целинных земель в 50–70-е годы, а также с возвращением депортированных народов, активизировавшимся в конце 90-х годов.

На протяжении всего рассматриваемого временного интервала в Крыму наблюдался рост антропогенного воздействия, ставший наиболее явным в конце XX – начале XXI вв. [128].

Выводы по разделу

В течение всего рассматриваемого периода социально-экономическое развитие характеризовалось значительными, подчас резкими изменениями

системы хозяйствования, что отражалось на характере природопользования и трансформации физико-географических процессов. Наиболее значительными событиями в системе хозяйствования и природопользования были следующие:

1. Введение ограничений на пастьбу скота в 30–40-е годы в Горном Крыму, что определило процессы восстановления лесного покрова. Положительная тенденция, направленная на сохранение лесов региона, сохранилась в 60–80-е годы благодаря переводу лесов в 1 категорию, ограничениям рекреационной нагрузки, лесопосадкам и увеличению площади охраняемых территорий.

2. Развитие сельскохозяйственного и промышленного производства, начавшееся в 30-е годы, прерванное ВОВ, и особенно сильно проявившееся в 60–80-е годы XX века привело к значительному загрязнению почв (удобрения и ядохимикаты), речных, подземных и морских прибрежных вод (удобрения и ядохимикаты, промышленные и городские стоки), воздушного бассейна (промышленные и транспортные выбросы).

3. Большие трансформации испытал водный баланс равнинной части региона. До 3000 млн. м³ воды стало поступать по Северо-Крымскому каналу, что изменило не только структуру водного баланса, в том числе и количество атмосферных осадков, но и тепловой режим. На площади 400 тыс. га примерно в два раза возросло испарение. Орошение повлияло на количество выпадающих летом осадков. Примерно половина поступающей по каналу воды сбрасывалась в Сиваш, что вызывало его распреснение, изменение гидрохимического и микробиологического режима, флоры и фауны. С орошением связаны: уплотнение почв, дегумификация, оглеение, осолодение, слитизация, ирригационная эрозия.

4. Развитие рекреации в 70–80-е годы увеличило нагрузку на прибрежные воды и леса региона. Происходило ухудшение состояния лесных биоценозов, снижение биологического и ландшафтного разнообразия. Нагрузка на леса еще более возросла в 90-е и в 2000-е годы в связи с общим

понижением культуры населения, несанкционированной застройкой на некоторых участках лесных массивов и в прибрежной зоне.

5. Падение промышленного и сельскохозяйственного производства в 90-е годы снизило объемы промышленных выбросов и стоков, удобрений и ядохимикатов, попадающих в почву и водоемы, и одновременно вызвало ухудшение социально-экономического положения. Это вызвало последующую цепочку событий: рост объемов браконьерства, вырубку лесополос в равнинном Крыму (вырублено примерно 50 %), увеличение нагрузки на лесные биоценозы (ненормированный сбор ягод, грибов, лекарственных растений и др.), то есть рост непосредственного потребления биоты.

6. В течение XX века постепенно возрастала доля сельского хозяйства и рекреационной сферы. В долинах рек и временных водотоков были сооружены плотины, пруды, отстойники и наносоуловители, а на склонах хребтов и гряд нарезано более ста погонных километров искусственных террас, в результате чего поверхностный сток к началу 80-х годов оказался зарегулированным почти на половине площади. Во второй и третьей четверти XX века карьерами на суше было добыто около 1,9 млн. т горной массы, а из береговой зоны моря изъято 1,5 млн. т песчано-гравийных смесей, что сопровождалось сокращением ширины пляжей. С забором песка с пляжей, а также с возведением водохранилищ связана активизация процессов абразии на западном и южном побережье Крыма [127, 129].

РАЗДЕЛ 5

ТРАНСФОРМАЦИЯ ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ КРЫМА

5.1. Изменение климата, вызванное антропогенными факторами

5.1.1. Изменение климата, связанное с орошением

Создание Северо-Крымского канала оказало влияние на метеорологические показатели равнинного Крыма. Известно, что искусственное увлажнение местности способствует увеличению испарения. Одновременно оно способствует снижению температуры подстилающей поверхности и теплоотдачи от деятельной поверхности в атмосферу, уменьшает вертикальные температурные градиенты [68, 88, 105]. Орошение влияет также на величину атмосферных осадков. Однако в различных регионах это влияние модифицируется местными условиями. В связи с этим в работе проведен анализ влияния орошения сельскохозяйственных угодий на температуру и атмосферные осадки в условиях Крыма.

Общие теоретические представления позволяют сделать предположение, что вследствие орошения температура должна была уменьшиться на орошаемых землях в период с 1972 по 1990 по сравнению с периодом до 1972, когда орошение не носило столь широкого характера.

Произведено сравнение разности средней температуры за три летних месяца на орошаемых (Джанкой и Нижнегорск) и на неорошаемых землях (Симферополь и Почтовое) за периоды до орошения (1961–1971 гг.) и после начала орошения (1972–1990 гг.) Разница температуры на орошаемых и на неорошаемых землях за первый период больше, чем за второй период (табл. 5.1).

Таблица 5.1.

**Исходные данные по температуре воздуха в Джанкое,
Нижегородске, Симферополе и Почтовом (данные предоставлены
Центральной геофизической обсерваторией в г. Киеве)**

| годы | Джанкой | | | Нижегородск | | | Симферополь | | | Почтовое | | |
|------|---------|------|--------|-------------|------|--------|-------------|------|--------|----------|------|--------|
| | июнь | июль | август | июнь | июль | август | июнь | июль | август | июнь | июль | август |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1961 | 21,9 | 23 | 23 | 21,4 | 22,4 | 22,4 | 20,4 | 21,5 | 21,9 | 20 | 20,6 | 20,7 |
| 1962 | 20,7 | 22,7 | 22,6 | 20,4 | 22,4 | 22,1 | 19,6 | 21,6 | 22,1 | 18,7 | 20,8 | 21,5 |
| 1963 | 20,8 | 24,6 | 23 | 20,4 | 24,4 | 22,8 | 19,8 | 23,5 | 22,5 | 19 | 22,4 | 21,4 |
| 1964 | 22,2 | 22,4 | 20 | 21,8 | 21,9 | 19,7 | 20,9 | 21,4 | 19,1 | 20,4 | 20,5 | 18,3 |
| 1965 | 21,4 | 22,4 | 21,1 | 20,7 | 22,1 | 21 | 20,2 | 21,3 | 20,4 | 19,5 | 20,4 | 19,3 |
| 1966 | 18,6 | 24,3 | 23 | 18,2 | 23,8 | 22,8 | 17,7 | 23,2 | 21,9 | 17,2 | 23,4 | 22,3 |
| 1967 | 19,2 | 23 | 22,8 | 18,6 | 22,5 | 22,4 | 18,1 | 22,2 | 22,3 | 17,4 | 21 | 21,2 |
| 1968 | 20,5 | 22,2 | 21,2 | 19,9 | 22 | 20,7 | 19,1 | 20,9 | 20,2 | 18,2 | 19,9 | 19,5 |
| 1969 | 20,4 | 20,7 | 22,2 | 20,1 | 20,5 | 21,9 | 20 | 19,4 | 21,6 | 19,6 | 19,2 | 20,9 |
| 1970 | 19,1 | 24,3 | 20,9 | 18,2 | 23,9 | 21 | 18 | 23,2 | 20,1 | 17,7 | 22,7 | 19,5 |
| 1971 | 20,1 | 23,2 | 22,6 | 19,8 | 23 | 22,5 | 18,9 | 22,4 | 22,4 | 18,4 | 21,7 | 21,4 |
| 1972 | 22,5 | 24,2 | 23,5 | 22,1 | 23,7 | 23,1 | 21,1 | 22,7 | 22,2 | 20,4 | 22,2 | 21,1 |
| 1973 | 19,2 | 22,6 | 19,3 | 18,5 | 22,3 | 19,2 | 17,9 | 21,3 | 18,6 | 17,4 | 20,6 | 18,2 |
| 1974 | 20,1 | 21,8 | 21,8 | 19,4 | 21,8 | 21,5 | 19,1 | 20,4 | 20,8 | 18,4 | 19,8 | 20,2 |
| 1975 | 23,6 | 23,9 | 22,6 | 23,1 | 23,6 | 22,4 | 21,9 | 22,7 | 21,6 | 21,2 | 22,2 | 20,9 |
| 1976 | 19,4 | 21,1 | 19,2 | 19,1 | 21 | 19,4 | 18,1 | 20 | 18,8 | 17,5 | 19,4 | 18,4 |
| 1977 | 19,5 | 22,1 | 21,6 | 18,8 | 21,5 | 21,5 | 18,1 | 20,8 | 21 | 17,8 | 20,3 | 20,6 |
| 1978 | 19 | 21,3 | 20,1 | 18,3 | 21,2 | 20,2 | 18 | 20,3 | 19,3 | 17,8 | 19,9 | 18,7 |
| 1979 | 21,9 | 21,3 | 22,7 | 21,3 | 21 | 22,5 | 20,4 | 19,8 | 21,9 | 20 | 19,2 | 21,4 |
| 1980 | 19,3 | 22,9 | 21,1 | 19 | 22,5 | 20,2 | 18,3 | 21,7 | 19,8 | 18 | 21 | 18,9 |
| 1981 | 22,6 | 23,6 | 21,8 | 21,6 | 22,9 | 21,4 | 21,4 | 22,3 | 21,4 | 20,5 | 21,6 | 20,4 |
| 1982 | 19,4 | 20,6 | 21,8 | 18,5 | 20,1 | 21 | 18,9 | 19,4 | 20,8 | 18,2 | 18,9 | 20,1 |
| 1983 | 19,6 | 22,4 | 20,2 | 19,3 | 22 | 19,7 | 18,7 | 21,4 | 19,5 | 17,6 | 20,7 | 18,7 |
| 1984 | 19,6 | 21,9 | 20,2 | 19,3 | 21,7 | 19,8 | 18,6 | 21,2 | 19,3 | 18 | 20,4 | 18,2 |
| 1985 | 18,6 | 20,2 | 22,9 | 18,5 | 20,3 | 22,5 | 17,8 | 19,1 | 22,3 | 17,6 | 18,6 | 21,7 |
| 1986 | 20,9 | 21,9 | 23,2 | 20,5 | 21,7 | 22,9 | 20,2 | 21,2 | 22,7 | 19,6 | 20,6 | 22 |
| 1987 | 19,6 | 23,6 | 19,6 | 19,3 | 23 | 19,2 | 18,4 | 22,8 | 18,9 | 18,3 | 22,4 | 18,5 |
| 1988 | 20,2 | 23,9 | 22,5 | 19,5 | 23,4 | 22,1 | 19,2 | 23,1 | 22 | 19,1 | 22,9 | 21,5 |
| 1989 | 19,7 | 22 | 23 | 18,9 | 21,2 | 22,8 | 18,4 | 21,3 | 22,9 | 18,4 | 20,8 | 22,3 |
| 1990 | 19,9 | 23 | 21,2 | 19,3 | 22,5 | 20,6 | 18,6 | 22,4 | 20,9 | 18,4 | 21,7 | 20,2 |

Нижеследующие расчеты подтверждают это (табл. 5.2).

Влияние орошения на изменение летних среднемесячных температур оценивалось при помощи монофакториального дисперсионного анализа [96]. Этот метод основан на разложении общей дисперсии статистического комплекса на составляющие компоненты, сравнивая которые друг с другом

посредством F-критерия, можно определить долю общей вариации изучаемого (результативного) признака, обусловленную действием на него регулируемых факторов.

Таблица 5.2

Температурные различия в районах орошаемых земель и без орошения

| | Температура, °С | |
|-------------|-----------------|----------------|
| | До орошения | После орошения |
| Джанкой | 21,8 | 21,3 |
| Почтовое | 20,1 | 19,8 |
| \bar{x} | 1,7 | 1,5 |
| Джанкой | 21,8 | 21,4 |
| Симферополь | 20,8 | 20,4 |
| \bar{x} | 1,0 | 1,0 |
| Нижегорск | 21,4 | 20,9 |
| Почтовое | 20,1 | 19,8 |
| \bar{x} | 1,3 | 1,1 |
| Нижегорск | 21,4 | 20,9 |
| Симферополь | 20,8 | 20,4 |
| \bar{x} | 0,6 | 0,5 |

Применяется так называемая нулевая гипотеза (H_0), то есть предложение о том, что никакого систематического действия регулируемых факторов на результативный признак не существует и наблюдаемые между групповыми средними различия случайны [96]. Альтернативная (H_a) гипотеза подтверждает обратное, то есть то, что имеется определенное систематическое действие регулируемых факторов на результативный признак.

В качестве «экспериментального» участка были взяты Джанкой и Нижегорск, в качестве «контрольного» – Симферополь и Почтовое, поскольку Симферополь и Почтовое – районы, где орошение не проводилось, в отличие от Джанкой и Нижегорска, где примерно с 1972 года орошение стало носить довольно широкий характер. В качестве регулирующего фактора выступало наличие/отсутствие орошения, в качестве результативных

признаков – разность температур между модельным и исследуемым районами (Почтовое – Джанкой, Симферополь – Джанкой, Почтовое – Нижнегорск, Симферополь – Нижнегорск). Такое построение дисперсионного комплекса позволило максимально полно нивелировать влияние таких показателей, как неодинаковые абсолютные значения летних среднемесячных температур в экспериментальных и контрольных районах, а также общие для обоих участков многолетние климатические тренды.

Приведем пример расчета дисперсионного анализа для разности летних среднемесячных температур Почтовое – Джанкой.

Переходим к расчету вспомогательных величин, необходимых для определения сумм квадратов отклонений:

$D_y = \sum x_{2i} - H = 12,66$ – общая сумма квадратов. Внутригрупповую сумму квадратов можно определить по разности между общей и межгрупповой суммами квадратов:

$$D_z = D_y - D_A = 11,85;$$

$$D_A = \sum (\sum x_i)^2 / n - H = 0,81;$$

Величина $H = (\bar{x}N)^2 / N = 208,34$, где:

x_i – варианты, входящие в состав всего комплекса и его отдельных градаций;

\bar{x} – общая,

\bar{x}_i – групповое среднее арифметическое;

n – число вариантов в отдельных градациях комплекса;

$N = \sum n$ – общее число вариантов, или объем дисперсионного комплекса.

3. Далее определяем число степеней свободы (k):

$$k_y = N - 1 = 82 \text{ – для общего варьирования};$$

$$k_A = \alpha - 1 = 1 \text{ – для межгрупповой вариации};$$

$$k_z = N - \alpha = 8 \text{ – для вариации внутригрупповой}.$$

4. Рассчитываем дисперсии:

$$s_A^2 = D_A / k_A = s_A^2 = 0,81;$$

$$s_z^2 = D_z / k_z = s_{я}^2 = 0,14.$$

Получаем дисперсионное отношение $F_\phi = s_A^2 / s_z^2 = 5,56$

5. Определяем эффективность действия фактора на результативный признак. Сравниваем величину дисперсионного отклонения с табличным значением $F_{st} = 4$ для $k_1=1$ и $k_2=81$ для 5% уровня значимости.

Поскольку, $F_\phi \geq F_{st}$, то есть $5,56 > 4$, следовательно, подтверждается альтернативная гипотеза.

Результаты для разностей Почтовое – Джанкой, Симферополь – Нижнегорск, Почтовое – Нижнегорск, Симферополь – Джанкой и наличие альтернативной H_a /нулевой H_o гипотезы приведены в табл. 5.3.

Альтернативная гипотеза H_a подтвердилась для вариантов Почтовое – Джанкой и Почтовое – Нижнегорск.

Таблица 5.3.

Результаты расчетов вспомогательных величин, наличие альтернативной (H_a) / нулевой (H_o) гипотезы для температуры воздуха

| | Почтовое – Джанкой | Симферополь – Джанкой | Почтовое– Нижнегорск | Симферополь – Нижнегорск |
|------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| H | 208,34 | 74,83 | 116,19 | 27,67 |
| D_y | 12,66 | 6,68 | 12,16 | 11,25 |
| D_A | 0,81 | 0,003 | 1,25 | 0,027 |
| D_Z | 11,85 | 6,68 | 10,91 | 11,22 |
| k_y | 82 | 77 | 77 | 84 |
| k_A | 1 | 1 | 1 | 1 |
| k_Z | 81 | 76 | 76 | 83 |
| S_A^2 | 0,81 | 0,003 | 1,25 | 0,02 |
| S_Z^2 | 0,14 | 0,08 | 0,14 | 0,13 |
| F_ϕ | 5,56 | 0,039 | 8,75 | 0,2 |
| F_{st} | 4 | 4 | 4 | 4 |
| $H_{a(o)}$ | H_a | H_o | H_a | H_o |

Таким образом, подкрепляя статистическими расчетами ранее выдвинутое предположение, можно говорить о том, что действительно,

орошение с 1972 по 1990 годы способствовало уменьшению летних температур на орошаемых землях по сравнению с районами (Почтовое), где в указанные годы орошения, как такового, не проводилось.

Нулевая гипотеза подтвердилась в случае Симферополь – Джанкой и Симферополь – Нижнегорск. Уже при самых простых расчетах в этих случаях видно, что значения разницы температур за неорошаемый и орошаемый периоды друг от друга отличаются.

Наличие самой тенденции дает основания предполагать, что увеличение выборки могло бы вывести указанную тенденцию методом дисперсионного анализа на статистически значимый уровень.

Альтернативная гипотеза подтвердилась для разностей Почтовое – Джанкой, Почтовое – Нижнегорск. Зарегистрированные разности статистически достоверны для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

Таким образом, гипотеза, о том, что орошение действительно выступает регулирующим фактором, способствующим снижению показателей летней температуры в пределах орошаемых районов в период с 1972 по 1990 годы, получает подтверждение (рис. 5.1) [125].



Рис. 5.1. Изменение температуры воздуха летом в Джанкое и Симферополе до орошения и в период орошения

Выдвинутая гипотеза была проверена с помощью метода адаптивного баланса влияний (АВС-метод), разработанного И.Е. Тимченко [161]. Была составлена модель исследуемого процесса (рис. 5.2). Модель включает блоки, отображающие факторы формирования рассматриваемых процессов. Для каждого фактора показана взаимосвязь явлений, которая и приводит к изучаемому процессу. Интерес составляет следующий вопрос: посредством каких факторов наличие орошения влияет на изменение температуры приземного воздуха. Рассмотрим структуру модели. Исходным блоком выступает орошение Ir , а конечным – температура воздуха T . На конечный блок влияет два фактора – радиационный баланс B и испарение E . Рост радиационного баланса приводит к повышению температуры, рост испарения – к понижению. Формирование радиационного баланса происходит благодаря изменению ряда факторов: влажности воздуха e , облачности N , эффективного излучения F , суммарной солнечной радиации Q , поглощенной радиации R , альбедо A .

Для каждого фактора необходимо написать уравнение. В нем должны быть учтены, факторы, действующие в совокупности на конечный блок.

Уравнения отдельно для каждого блока:

$$E_i = 2E_j [1 - 0,1(E_j + a_{ET}T_j - Ir)]$$

$$e_i = 2e_j [1 - 0,1(e_j - a_{eE}E_j)]$$

$$N_i = 2N_j [1 - 0,1(N_j - a_{Ne}e_j)]$$

$$F_i = 2F_j [1 - 0,1(F_j + a_{FN}N_j + a_{Fe}e_j)]$$

$$B_i = 2B_j [1 - 0,1(B_j - a_{BR}R_j + a_{BF}F_j)]$$

$$T_i = 2T_j [1 - 0,1(T_j - a_{TE}E_j + a_{TB}B_j)]$$

$$A_i = 2A_j [1 - 0,1(A_j - a_{AQ}Q_j + a_{AIr}Ir_j)]$$

$$R_i = 2R_j [1 - 0,1(R_j + a_{RA}A_j - a_{RQ}Q_j)]$$

$$Q_i = 2Q_j [1 - 0,1(Q_j + a_{QN}N_j)],$$

В дальнейшем должны быть подобраны коэффициенты отдельно для каждого рассматриваемого параметра. Если факторы учтены верно и

коэффициенты подобраны правильно, то модель должна работать и показывать, как значения конечного блока зависят от интересующих исследователя факторов.

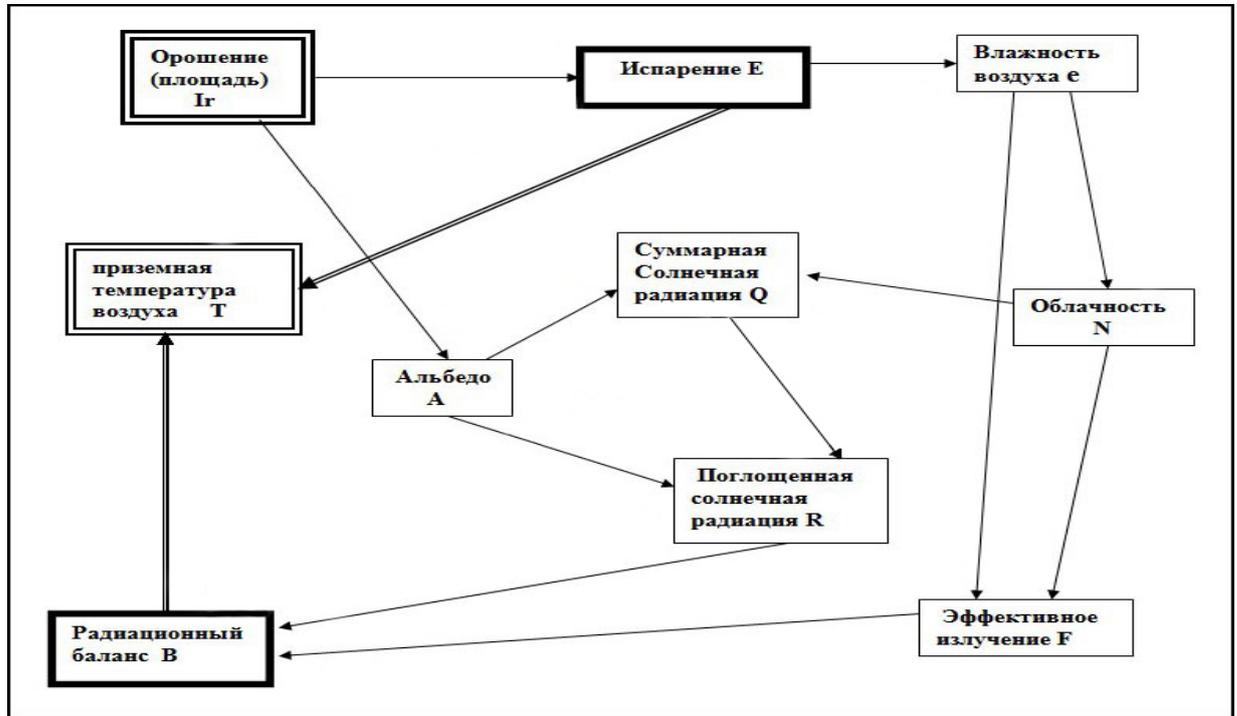


Рис. 5.2. Схема, отображающая влияние орошения на температуру воздуха

На изменение температуры на выходе влияет два фактора: радиационный баланс и испарение. Увеличение радиационного баланса способствует росту температуры воздуха. Наглядно это видно на рис. 5.3.



Рис.5.3. Зависимость температуры воздуха от радиационного баланса

Увеличение испарения, способствует уменьшению температуры воздуха (рис.5.4).



Рис.5.4. Зависимость температуры воздуха от испарения

Однако испарение влияет на температуру значительно, перекрывая воздействие радиационного баланса, поэтому с увеличением площади орошения – исходного блока в модели, температура воздуха уменьшается и в определенный момент достигнет состояния, после которого убывание прекращается (рис. 5.5) [126].

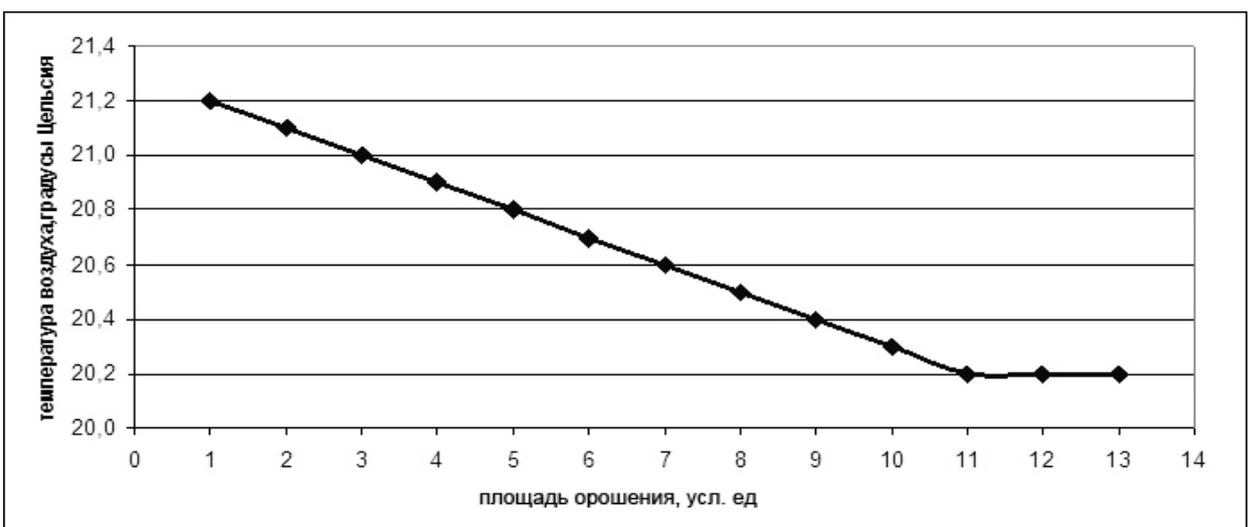


Рис. 5.5. Зависимость приземной температуры воздуха от площади орошения

Итак, при увеличении площади орошения, летняя температура приземного воздуха уменьшается.

Таким образом, гипотеза о том, что орошение действительно выступает фактором, способствующим снижению летних среднемесячных температур в пределах орошаемых районов в период с 1972 по 1990 годы, получает подтверждение не только с помощью монофакториального дисперсионного анализ, но и при построении модели по АВС-методу.

Что касается аналогичных расчетов относительно осадков, то альтернативная гипотеза не подтвердилась. Увеличение испарения и вслед за этим влажности воздуха и облачности способствует росту атмосферных осадков, а снижение температуры подстилающей поверхности и вслед за этим снижение градиента температуры в приземном слое атмосферы способствует снижению конвекции и величины конвективных осадков (рис. 5.6).

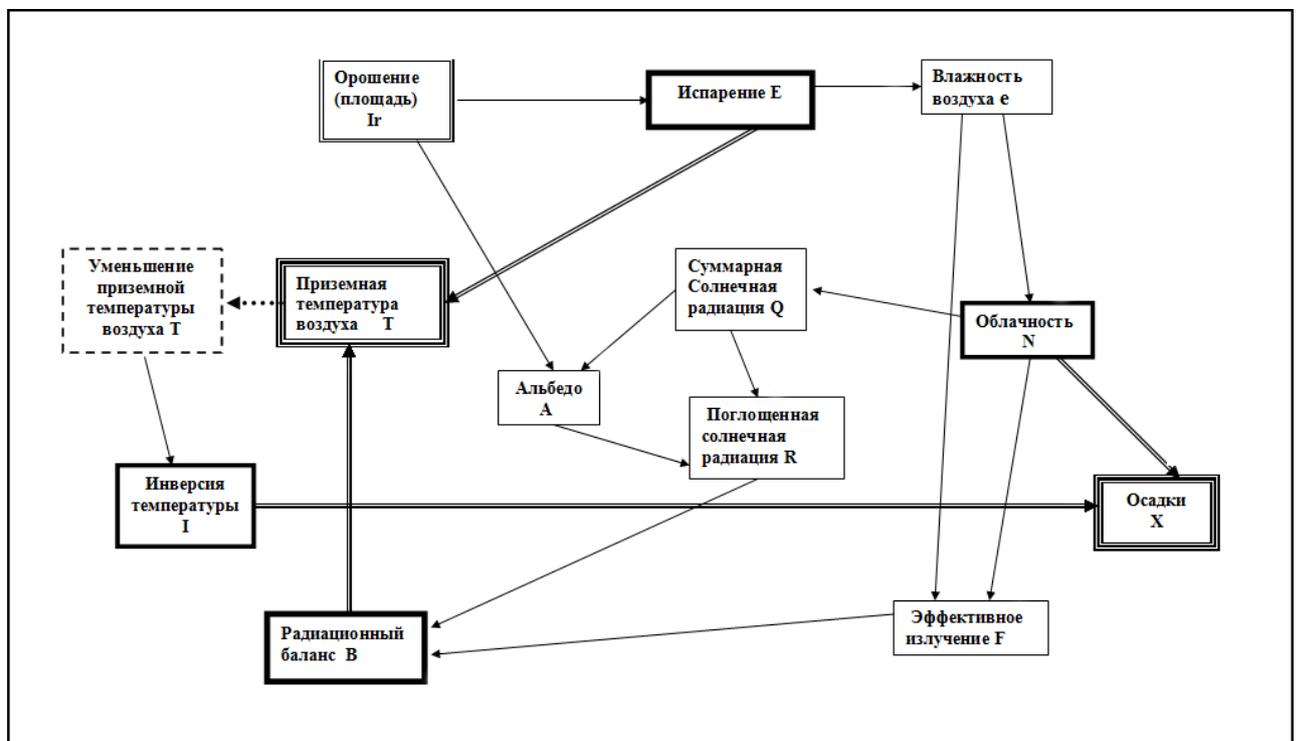


Рис. 5.6. Схема, отображающая опосредованное влияние орошения на температуру воздуха и сумму осадков.

Тем самым влияние орошения на атмосферные осадки имеет противоречивый характер, что и нашло отражение при расчетах.

5.1.2. Процессы радиационного обмена, тепло- и влагообмена

Изменение характера использования земельных ресурсов отразилось на процессах радиационного обмена, тепло- и влагообмена. Данные по Карадагу с 1934 года (когда начались систематические наблюдения) показывают устойчивый отрицательный тренд прямой солнечной радиации при межгодовых колебаниях в 3–7% (рис. 5.7). Уменьшение прямой радиации объясняется двумя причинами: 1) ростом облачности, что соответствует увеличению количества атмосферных осадков; 2) уменьшением прозрачности атмосферы, связанной с ростом мутности атмосферы в условиях возросшей хозяйственной деятельности. Для рассеянной радиации отмечался очень слабый рост, поскольку облачность верхнего и среднего ярусов способствует ее увеличению.

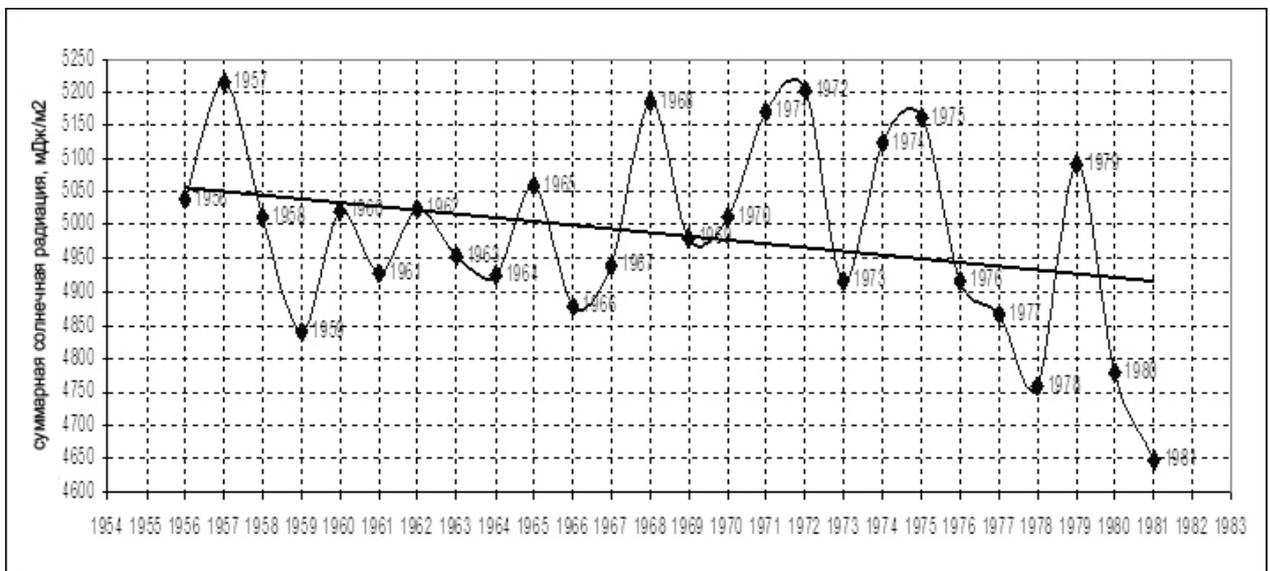
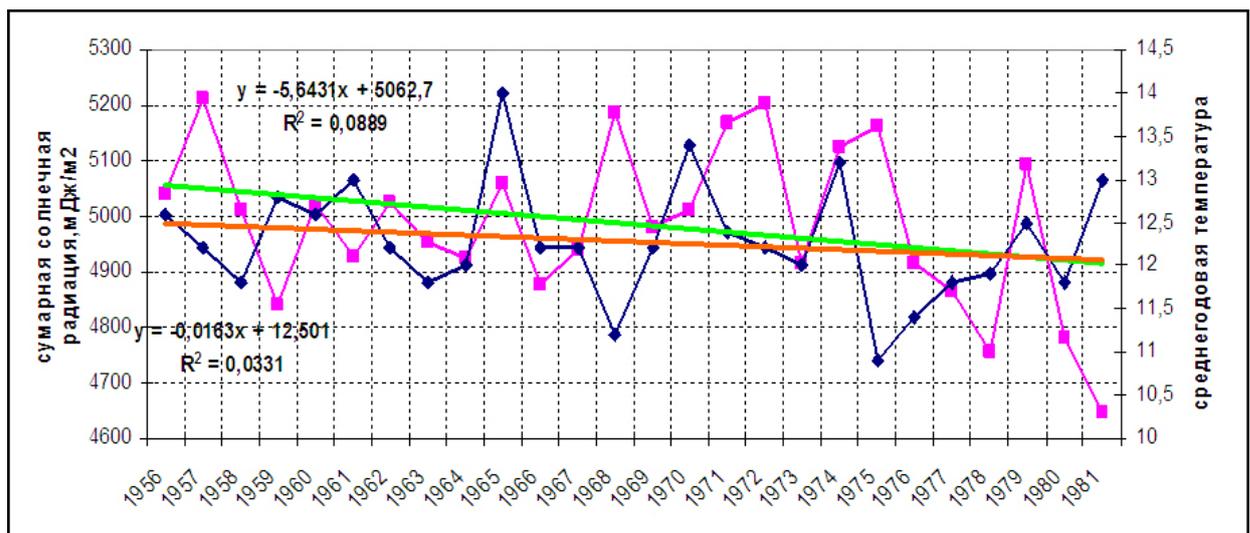


Рис. 5.7. Изменение суммарной солнечной радиации на Карадаге (данные предоставлены Карадагской научно-исследовательской гидрометеорологической обсерваторией)

Снижение величины прямой радиации отразилось на величине суммарной радиации: она имела максимум во второй половине 40-х годов – 5270 Мдж/м², а затем испытывала в среднем уменьшение и в начале 80-х годов составляла в среднем 4925 Мдж/м².

Уменьшение суммарной радиации в целом сопровождалось уменьшением температуры воздуха, хотя эта связь просматривается лишь в целом, а не за конкретные годы. Это видно на примере ряда этих величин на Карадаге с 1956 по 1982 годы (рис. 5.8). В отдельные годы эти параметры хорошо коррелируют друг с другом, в другие – плохо. Это можно объяснить большой ролью в формировании температурного режима атмосферной циркуляции, влияние которой искажает прямую зависимость температуры от солнечной радиации. Суммарная радиация и температура в этот период характеризовались отрицательным трендом.

Межгодовые флуктуации солнечной радиации имеют связь с типами атмосферной циркуляции. По подсчетам З.И. Пивоваровой [132] летом повторяемость положительных аномалий суммарной радиации на Карадаге при западном и восточном типах циркуляции (по Г.Я. Вангенгейму) составляет 60 %, при меридиональном – лишь 40 %, зимой – при западном типе – 56 %, меридиональном – 58 %, при восточном – 43 %.



Примечания: розовая линия – суммарная радиация, синяя – температура

Рис. 5.8. Связь суммарной радиации со среднегодовой температурой воздуха (Карадаг)

В течение рассматриваемого периода неоднократно происходили изменения характера подстилающей поверхности, что приводило к изменению величин отражательной способности земных покровов, соответственно – к изменению поглощенной радиации, радиационного баланса и по цепи – к изменению структуры теплового и водного баланса, а также экзогенных геоморфологических процессов.

Эти процессы были в большой степени определены изменениями структуры земельного баланса:

1. В конце XIX века в степной части, где в связи с ростом спроса на пшеницу на европейском рынке, началась интенсивная распашка земель, посевная площадь возросла до 925 тыс. га. Увеличение площади пашни за счет естественных степных сообществ привело к уменьшению поглощенной радиации на данных территориях на 5%, а в пересчете на весь полуостров – на 2%.

2. Начало XX века ознаменовалось усилением пастбищной нагрузки на яйлы, что было связано с перегоним скота из балканских стран. Это также обусловило увеличение альбедо и снижение поглощенной радиации. Это повлекло за собой уменьшение радиационного баланса и снижение затрат тепла на испарение. Шла замена более продуктивных лесных и степных естественных ландшафтов пастбищными, в разной степени нарушенными угодьями. Это способствовало росту поверхностного стока и активизации эрозионных процессов.

3. Увеличение распашки земель в 30-е и в последующие годы вплоть до конца 80-х годов привело к снижению радиационного баланса, уменьшению доли затрат тепла на испарение и к увеличению поверхностного стока.

4. Прекращение масштабной пастьбы скота в Горном Крыму, перевод горных лесов в режим водоохраных и запрещение рубки леса в 50–70-е годы повлекло за собой восстановление естественной растительности, прежде всего, на яйлах. Данный процесс привел к уменьшению альбедо на

6–7% на площади около 1000 км² и, тем самым, к увеличению поглощенной радиации. Параллельно снизилась интенсивность водной эрозии.

5. Проведение лесопосадок (на яйлах, террасирование склонов, водоохранных и почвозащитных лесополос) в 50–80-е годы привело к росту поглощенной радиации в целом по региону на 1,5–2%.

6. Одновременно шел противоположный, но менее масштабный процесс вырубki лесов на небольших площадях под застройку, что снизило поглощенную радиацию в целом по региону на 0,5%.

7. Значительное воздействие на водный и тепловой баланс оказало сооружение Северо-Крымского канала, в результате чего на территорию равнинного Крыма стало поступать до 3000 млн м³, то есть в 3–4 раза больше по сравнению с речным стоком. Орошение земель, начавшееся в 70-е годы и составившее почти 400 тыс. га к началу 80-х годов, вызвало рост испарения, влажности воздуха и облачности, снизило альбедо и, соответственно, увеличило величину поглощенной радиации, уменьшило эффективное излучение.

8. Рост площади населенных пунктов, автомобильных дорог, карьеров по добыче строительных материалов, пустырей способствовал увеличению так называемой «серой земли» [43], характеризующейся снижением продуктивного использования влаги.

Таким образом, в целом наблюдалась тенденция к уменьшению радиационного баланса, снижению испарения и увеличению доли радиационной энергии, затрачиваемой на турбулентный перенос тепла в воздух.

5.1.3. Заморозки, засухи

Как известно, заморозками называют понижение температуры воздуха и почвы на фоне установившихся положительных среднесуточных температур. Такие понижения, вызываемые радиационным охлаждением

(радиационные заморозки), приходом холодной воздушной массы (адвективные заморозки) или комбинацией данных факторов (радиационно-адвективные заморозки), вызывают повреждение растений. Наиболее опасны заморозки в весеннее время, но осенние заморозки также оказывают неблагоприятное воздействие.

Этот процесс специфичен в том смысле, что связан в первую очередь с сельскохозяйственными растениями, а также с интродуцентами. В природных условиях за длительный период происходит выбраковка видов растений, которые подвержены воздействию понижений температуры. Сорта сельскохозяйственных растений путем селекции подбираются таким образом, чтобы максимизировать продукцию.

Влияние заморозков связано в первую очередь с деятельностью человека, а именно – со спецификой подхода к подбору сельскохозяйственных культур. Наряду с этим, деятельность человека нередко приводит к усилению заморозков при застройке днищ речных долин, в результате чего происходит скопление холодного воздуха.

Статистика повреждения сельскохозяйственных культур, таким образом, отражает не просто количество заморозков, а некое сочетание заморозков – понижений температуры ниже нуля градусов на общем положительном среднесуточном фоне температуры и такого размещения сельскохозяйственных культур и интродуцентов, которое пространственно совпадает с зонами проявления заморозков.

Следует говорить о засухах как о явлении, обусловленном как природными, так и антропогенными факторами. Степень воздействия засух на биоценозы, на сельскохозяйственные культуры, на природный водный баланс, а тем самым и на водохозяйственный баланс, проявляется по-разному. Природные биоценозы реагируют на засухи в соответствии с вероятностью их проявления – у каждого ландшафта есть устойчивая вероятность проявления климатических засух. Отсюда имеет место некий статистический закон их появления и соответствующая частота реакции. За

длительный период существования биоценозов происходит их статистическое приспособление к циклическим проявлениям засух, приводящее к выбраковке определенных видов, популяций и сообществ.

Деятельность человека приводит к трансформации уровня засухи в условиях ландшафта, в частности почвенная засуха приобретает свои закономерности, связанные со степенью преобразованности ландшафта, изменением структуры растительного покрова, структуры почвы и др.

Таким образом, если климатические засухи имеют преимущественно природный характер, то почвенные засухи возникают в результате сложного взаимодействия природных и антропогенных факторов.

У сельскохозяйственных культур реакция на засухи имеет более сложный характер, поскольку разные сорта сельскохозяйственных культур по-разному реагируют на них. К тому же воздействие засух можно смягчать орошением и другими видами мелиораций, выбором более подходящих местоположений для размещения посевов. Тем самым, степень подверженности засухам сельскохозяйственных культур является результатом многих факторов, носящих как природный, так и антропогенный характер.

Агроклиматические условия. В табл. 5.4 приведены данные по Украине о частоте неблагоприятных погодных условий для озимой пшеницы и о потере урожая. Наиболее урожайным оказался период с 1989 по 1994 гг. (средняя урожайность – 35 ц/га, максимальная – 40 ц/га).

Очень благоприятными агрометеорологическими условиями для производства зерна были вегетационные периоды 1989–1990, 1992–1993 (урожай озимой пшеницы – 38–40 ц/га) и 2000–2001 (урожай – 31 ц/га) гг. В этих вегетационных периодах практически не наблюдалось масштабных неблагоприятных явлений.

Потепление климата на Украине, в том числе и в Крыму четко прослеживается с 1988–1989 гг. [122]. В последующие годы оно наиболее

четко было выражено в зимние месяцы, средняя месячная температура января выросла на 1,5–2,5 °С, февраля – на 1–2 °С.

Таблица 5.4

Частота неблагоприятных погодных условий для озимой пшеницы в Украине и потери урожая по сравнению со средним значением за период 1971–2003 гг. (по данным Т.И. Адаменко [2])

| Неблагоприятные условия | Количество лет | Год | Частота | Потери урожая, ц/га |
|---|----------------|--|---------|---------------------|
| Засуха (в критический период) | 11 | 1972, 1975, 1979, 1981, 1983, 1986, 1994, 1995, 1996, 1999, 2003 | 0,34 | 7 |
| Переувлажнение в период созревания | 5 | 1977, 1980, 1997, 2004 | 0,15 | 4 |
| Сильные заморозки | 1 | 1999 | 0,03 | 2 |
| Неблагоприятные условия перезимовки (гибель более 20% площадей) | 8 | 1972, 1974, 1976, 1979, 1983, 1984, 1994, 2003 | 0,25 | 6 |

Постепенно растет и температура летних месяцев, четко прослеживается тенденция снижения температуры воздуха в ноябре и в декабре. Более значительное потепление наблюдалось в северной половине страны (табл. 5.5).

Таблица 5.5

Отклонение средних месячных температур воздуха за период 1991–2000 гг. от стандартной климатической нормы за 1961–1990 гг. (по данным Т.И. Адаменко [2])

| Месяц | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | год |
|-----------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|------|-----|
| Степь | 1,5 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | -0,4 | 0,5 | 0,9 | 0,6 | -0,3 | 0,6 | -1,3 | -0,7 | 0,3 |
| Лесостепь | 2,3 | 2,0 | 0,9 | 0,6 | -0,3 | 0,6 | 0,8 | 0,7 | -0,3 | 0,2 | -1,0 | -0,4 | 0,5 |
| Полесье | 2,5 | 1,7 | 0,7 | 0,5 | 0,0 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | -0,2 | 0,1 | -0,7 | -0,3 | 0,6 |

Отмеченные выше изменения температурного режима приводят к дальнейшему временному сдвигу в развитии естественных процессов –

установление и разрушение снежного покрова, наступление мягкопластичного состояния почвы, переход среднесуточных температур через определенные границы (0, 5, 10, 15 °С). Это, в свою очередь, вызывает изменение продолжительности сезонов года, развитие и созревание сельскохозяйственных культур.

Т.И. Адаменко [2, 3] отмечает, что особенно в Крыму в конце XX века наблюдались экстремально ранние даты перехода. Так, в 1990 и 1995, 1999, 2001 годах эти даты сдвинулись на 20–60 дней на январь и начало февраля. Переход через 0 °С, плюс 5 °С и 10 °С также стал более ранним – в среднем на 2–7 дней.

Следует учесть, что изменение средней годовой температуры воздуха на 1 °С приводит к увеличению продолжительности вегетационного периода на 10 дней и увеличению сумм активных температур.

Практически каждый год после 1988 года (за исключением 2003) отмечалось более раннее развитие весенних процессов. В то же время, даты начала активной вегетации изменились менее значительно, что свидетельствует об удлинении периода между датами перехода через 0 и 5 °С весной. Поэтому сев ранних яровых в ранние сроки приводит к массовому и значительному повреждению посевов заморозками, как это произошло в 1999, 2000, 2004 годы.

В летний период заметно увеличилась повторяемость и продолжительность высоких температур воздуха (выше 25 °С и 30 °С) и продолжительность периодов с высокими температурами. При этом абсолютные максимумы наблюдений перекрываются нечасто.

На фоне общего потепления климата в Крыму отмечен рост числа поздних заморозки с катастрофическими последствиями (1999) и со значительным ущербом сельскому хозяйству (2000, 2004). Увеличение температуры зимних и весенних месяцев способствует запаздыванию майских заморозков на 10–15 дней. Увеличивается опасность их проявления

за счет того, что растения при ранней весне на момент наступления заморозков уже достигают уязвимых фаз развития.

Таким образом, наибольшую опасность несут поздние весенние заморозки, которые обрушиваются на активно вегетирующие растения.

В табл. 5.6 показано отклонение суммы осадков за период 1991–2000 гг. от стандартной климатической нормы за 1961–1990 гг. Отмечается снижение количества осадков в зимние месяцы и существенное увеличение количества осадков в сентябре и октябре.

Таблица 5.6

Отклонение суммы осадков (%) за период 1991-2000 гг. от стандартной климатической нормы за 1961–1990 гг. (по данным Т.И. Адаменко [2])

| Природные зоны | Месяцы | | | | | | | | | | | | год |
|----------------|--------|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Степь | 66 | 84 | 118 | 104 | 105 | 99 | 80 | 116 | 121 | 129 | 97 | 85 | 98 |
| Лесостепь | 69 | 85 | 102 | 99 | 100 | 86 | 90 | 94 | 133 | 114 | 96 | 81 | 95 |
| Полесье | 72 | 103 | 99 | 103 | 97 | 85 | 103 | 80 | 127 | 111 | 100 | 93 | 97 |

Эти тенденции могут рассматриваться, как неблагоприятные не только из-за уменьшения годовой суммы, но и из-за уменьшения зимних осадков, которые обеспечивают влагозарядку почвы.

Повысилась межгодовая изменчивость выпадения осадков. Во второй половине XX века она была значительно выше по сравнению с первой половиной. Например, на Ай-Петри во второй половине XX века в 1968, 1982 и 2005 гг. были наивысшие суммы – 1670 мм, 1790 мм и 1395 мм соответственно, а в первой половине наивысшие суммы были в 1972, 1937 и 1939 годах – 1375 мм, 1200 мм и 1655 мм соответственно. Неравномерность выпадения осадков приводит к увеличению числа засушливых явлений в связи с повышением доли, с одной стороны, сильных дождей, с другой

стороны – слабых. И те и другие неэффективны с точки зрения формирования влагозапасов почвы: первые в большой степени формируют поверхностный сток, вторые – большей частью идут на смачивание листьев и стеблей растений и затем испаряются.

По данным Т.И. Адаменко [3] за период 1989–2003 годы повторяемость засух увеличилась почти вдвое. Она также выявила тенденцию к ухудшению условий увлажнения за апрель-сентябрь в 1980–2003 гг. Даже небольшое сокращение количества осадков способно привести к значительному усилению засушливых явлений и падению урожайности ряда культур, в том числе зерновых.

В 90-е годы возросли количество и интенсивность стихийных явлений. Стихийные метеорологические явления именно в 1990–2001 годы были крайне неординарными – отмечались такие явления, которые наблюдаются один раз в 50 и 100 лет. Во многих областях Украины впервые были зафиксированы стихийные метеорологические явления такой силы, которой ранее не отмечались, а отдельные достигали критериев стихийных в нехарактерное для них время года.

В сравнении с предшествующими периодами, повторяемость почти всех явлений увеличилась в 1,5–2 раза. Наибольшая повторяемость отмечалась в июне и июле (около трети всех случаев), наименьшая – в апреле и октябре.

Отмеченный ранее рост неблагоприятных климатических явлений в Украине определенным образом способствовал падению урожая в неблагоприятные годы.

На фоне изменения средних климатических условий, которые приводят к колебаниям урожая в пределах 10–20 %, влияние экстремальных климатических условий может превысить эту цифру в 2–3 раза и достичь 30–60 %.

5.2. Изменение речного стока

В Крыму процессы, связанные с речным стоком анализировались А.Н. Олиферовым [119, 120], З.В. Тимченко [120, 133, 160], Л.М. Соцкова [157, 158] и др.

Во второй половине XX века в изменении речного стока значительную роль стала играть хозяйственная деятельность человека. Строительство прудов и водохранилищ привело к внутригодовому перераспределению стока и увеличению водозабора для хозяйственных нужд. Рост площади селитебных районов, приуроченных к долинам реки, приводит к уменьшению транспирации, что вызывает увеличение стока рек.

5.2.1. Влияние антропогенных факторов на изменение стока в бассейне р. Салгир

Интерес составляет проанализировать колебание во времени речного стока р. Салгир до ее впадения в Симферопольское водохранилище (створ п. Пионерское) в зависимости от природных и антропогенных факторов. Атмосферные осадки и температура воздуха за 1957–2008 годы испытывали колебания. Территория бассейна реки особенно вдоль русла на протяжении последних 50 лет достаточным образом видоизменялась.

Материалы: временной ряд годового стока р. Салгир (створ п. Пионерское) с 1957 по 2008 годы, временной ряд количества атмосферных осадков и температура воздуха для водосбора р. Салгир за рассматриваемый период. Топографические карты Крыма 1954, 1987 и космоснимок 2009 годов.

Методы: графический анализ, метод восстановления однородности рядов, корреляционный анализ, метод установления связей и зависимостей.

Проанализирована динамика речного стока р. Салгир и количества атмосферных осадков по г. Симферополь и по Ангарскому перевалу с 1957

по 2008 годы (рис. 5.9). Чтобы было более удобно, речной сток переведен (куб.м/с) в слой стока (мм). Для этого мы воспользовались следующей формулой [107]:

$$y = \frac{Q * 3.6 * 10^3}{F}, \text{ где}$$

y – слой стока (мм);

Q – расход воды (куб.м/с);

F – площадь водосбора (кв.км).

Коэффициент корреляции между стоком и атмосферными осадками равен 0,56. Коэффициент корреляции является достоверным: $t_{\phi} \geq t_{st} = 4,7 > 2,7$ для 1%-ного уровня значимости и числа степени свободы $k=50$.

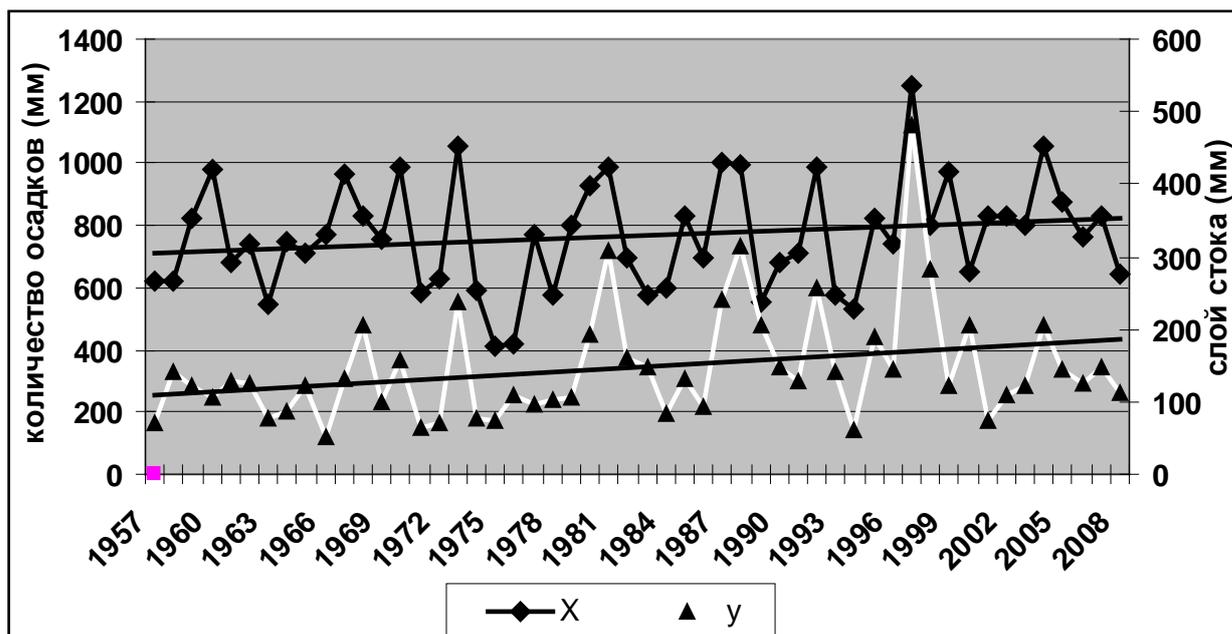


Рис. 5.9. Динамика годовых величин слоя стока р. Салгир и количества осадков с 1957 по 2008 годы

Оценка достоверности коэффициента корреляции определялась по формуле:

$$t_{\phi} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}, \text{ где}$$

t_{ϕ} – нормированное отклонение;

n – объем выборки;

r – коэффициент корреляции.

Линии тренда для количества осадков и слоя стока имеют положительную тенденцию с 1957 по 2008 годы.

Проанализирована динамика температуры воздуха с 1957 по 2008 годы в пределах водосборного бассейна (рис. 5.10). Рост температуры очевиден с течением времени. Повышение температуры должно вызвать увеличение испарения и, как следствие, снижение речного стока.

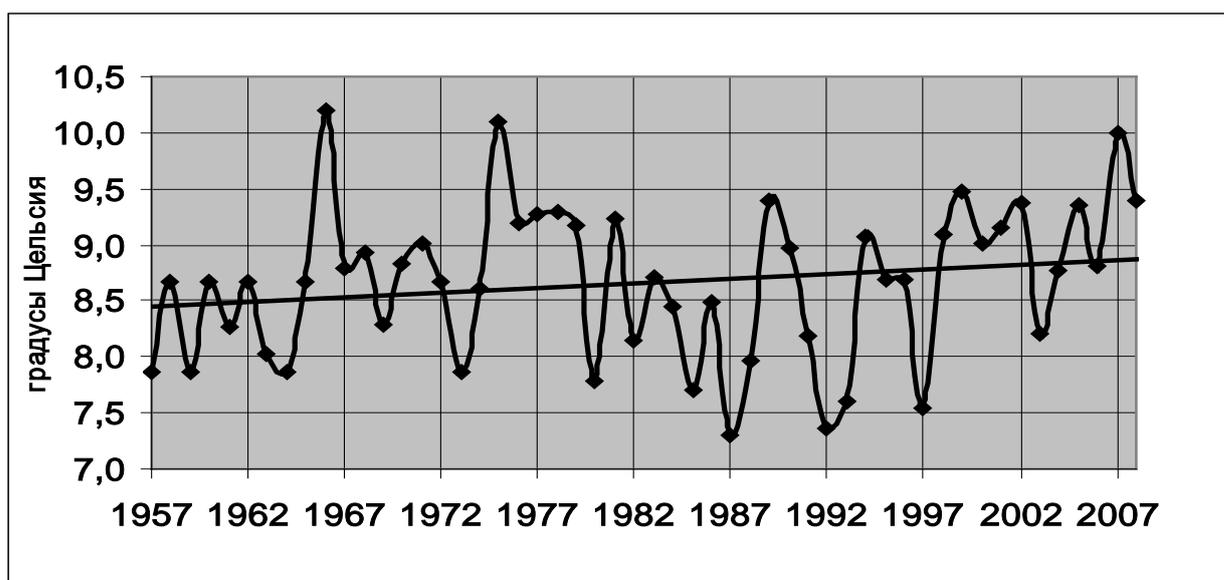


Рис. 5.10. Динамика температуры воздуха в пределах бассейна р. Салгир с 1957 по 2008 годы

По формуле С.Тюрка [88] было рассчитано среднее многолетнее испарение:

$$E = \frac{Z}{\sqrt{0,9 + \left(\frac{Z}{E_0}\right)^2}},$$

где E – среднее многолетнее испарение, мм; Z – среднее многолетнее количество осадков, мм; E_0 – испаряемость, мм, $E_0 = 3 \cdot \theta + 20T^3 + 0,5T^3$; T – средняя многолетняя температура воздуха, градусы Цельсия.

Испарение было рассчитано для двух периодов: с 1957 по 1986 и с 1987 по 2008 годы. В первом случае, оно равно 530 мм, во втором – 562 мм.

Причина увеличения значения речного стока на фоне роста температуры не совсем ясна. Вероятно на характер стока повлияла смена земельного баланса изучаемой территории. Проанализирована смена типов земельных угодий в пределах верхнего течения р. Салгир более чем за 50 лет.

В пределах данной территории (площадь анализируемого участка 36,03 тыс. га) изменение типов хозяйственной деятельности проявляется наиболее явно, что позволяет выявить его влияние на речной сток. Для этого были составлены карты структуры землепользования изучаемой территории за 1955, 1987 и 2009 годы. Порядок лет был выбран исходя из следующих положений: 1955 год – период послевоенного развития народного хозяйства, освоение новых земель под сельскохозяйственные угодья; 1987 год – период, когда развитие народного хозяйства достигло наивысшего объема перед его спадом во время экономического кризиса; 2009 год – современное состояние.

В табл. 5.7 представлены данные структуры земельного баланса за 1955, 1987 и 2009 годы. Земельные угодья сгруппированы по трем основным типам: природным, природно-антропогенным и антропогенным.

С 1955 по 1987 годы фрагментарно произведены дополнительные посадки садов и виноградников, как по правому, так и по левому берегу р. Салгир (рис. 5.11, 5.12). Выросли площади пахотных угодий.

В связи с начатыми в 60-е годы мероприятиями по облесению склонов Симферопольского водохранилища на карте 1987 года (рис. 5.12) четко видны контуры леса. Прослеживаются довольно крупные контуры кустарников. Незначительно выросла площадь населенных пунктов с. Пионерское, с. Доброе, с. Заречное. По сравнению с 1955 годом площадь

пастбищ в 1987 году сократилась за счет роста площади лесных насаждений, кустарников и населенных пунктов.

Таблица 5.7

Изменение типов земельных угодий с 1955 по 2009 годы [130]

(тыс. га)

| Тип земельных угодий | | 1955 | 1987 | 2009 |
|----------------------------------|---------------------------|------|------|------|
| Природные ландшафты | Леса и лесопосадки | 11,4 | 12,3 | 13,3 |
| | Водные объекты | 0,4 | 0,4 | 0,4 |
| | Кустарники | 0,3 | 2,0 | 0,7 |
| | Всего | 12,1 | 14,7 | 14,4 |
| Природно-антропогенные ландшафты | Сады | 1,3 | 1,4 | 0,4 |
| | Виноградники | 0,2 | 0,4 | 0,2 |
| | Сельскохозяйственные поля | 2,6 | 2,8 | 1,6 |
| | Пастбища | 18,5 | 14,9 | 13,7 |
| | Всего | 22,6 | 19,5 | 15,9 |
| Антропогенные ландшафты | Населенные пункты | 1,3 | 1,9 | 5,7 |
| | Всего | 1,3 | 1,9 | 5,7 |
| Итого | | 36,0 | 36,0 | 36,0 |

К 2009 году площадь населенных пунктов выросла более чем в 3 раза по сравнению с 1987 годом и составляла 5,7 тыс. га, тогда как в 1987 году их площадь была равна 1,9 тыс. га. За счет застройки территории площадь пастбищ, несмотря на то, что многие поля и сады были заброшены и переведены в ранг пастбищ, в целом снизилась.

К 2009 году увеличилась площадь леса в ходе естественного возобновления (рис. 5.13). Резко сократилась площадь садов и виноградников: с 1,4 тыс. га в 1987 году до 0,4 тыс. га в 2009 году и виноградников: с 0,4 тыс. га до 0,2 тыс. га соответственно.

По сравнению с 1955 годом доля естественных ландшафтов возросла (главным образом, за счет лесовосстановительных работ), а затем несколько уменьшилась. В целом этот фактор не мог быть решающим в резком

увеличении величины расхода воды в р. Салгир. Площадь лесных насаждений постоянно росла и в целом к 2009 году увеличилась почти на 2 тыс. га.

Роль леса на колебания стока достаточно сложно оценить. Считается, что лес сам по себе не увеличивает сток. Леса имеют важное регулирующее влияние на характер стока. Свободная инфильтрация и временное задерживание воды в пористой лесной подстилке и в верхней части корневой системы играют важную роль в снижении пика паводков и в пополнении водоносных слоев, откуда происходит их сток в засушливые годы.

Увеличение доли сельскохозяйственных угодий уменьшает сток за счет сноса рыхлого материала и постепенного заиливания им русла реки.

Площади садов, виноградников – угодий, которые требуют полива, незначительно выросли в 1987 году и резко сократились в 2009 году (табл. 5.12). Площадь пастбищ по сравнению с 1955 годом к 1987 году уменьшилась на 3,6 тыс. га в основном за счет роста доли сельскохозяйственных земель, а с 1987 по 2009 годы – на 1,2 тыс. га за счет роста населенных пунктов.

Площадь населенных пунктов с 1955 по 1987 годы выросла на 0,6 тыс. га, а с 1987 по 2009 год – на 3,8 тыс. га. Таким образом, наибольшие изменения характерны для застроенных территорий.

Начиная с 1989 года, резко увеличилась численность населения (табл. 5.12), а, соответственно, увеличился забор воды, как на коммунальные нужды, так и на полив придомовых участков.

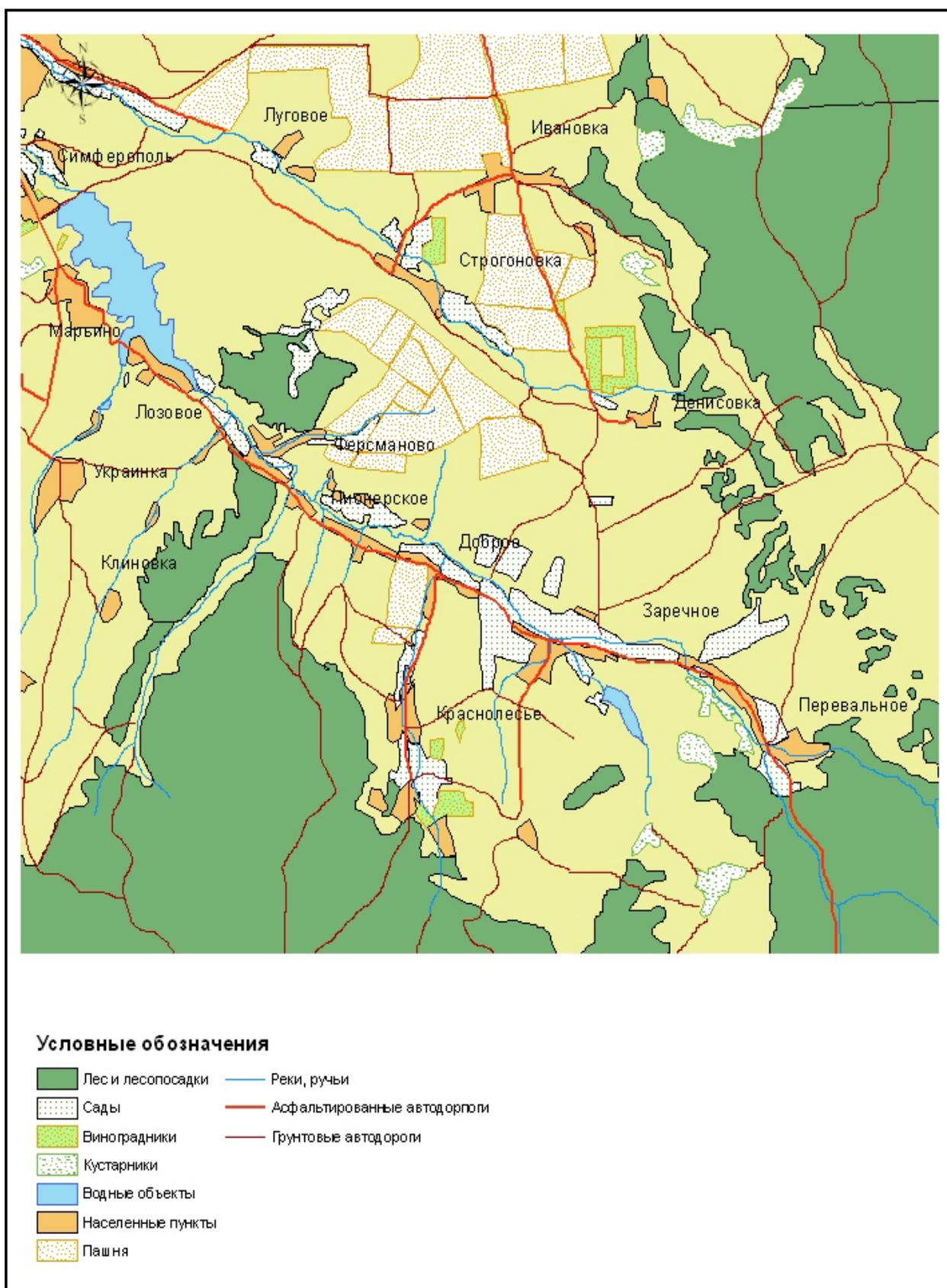


Рис. 5.11. Структура землепользования в пределах водосбора р. Салгир в 1955 году [130]

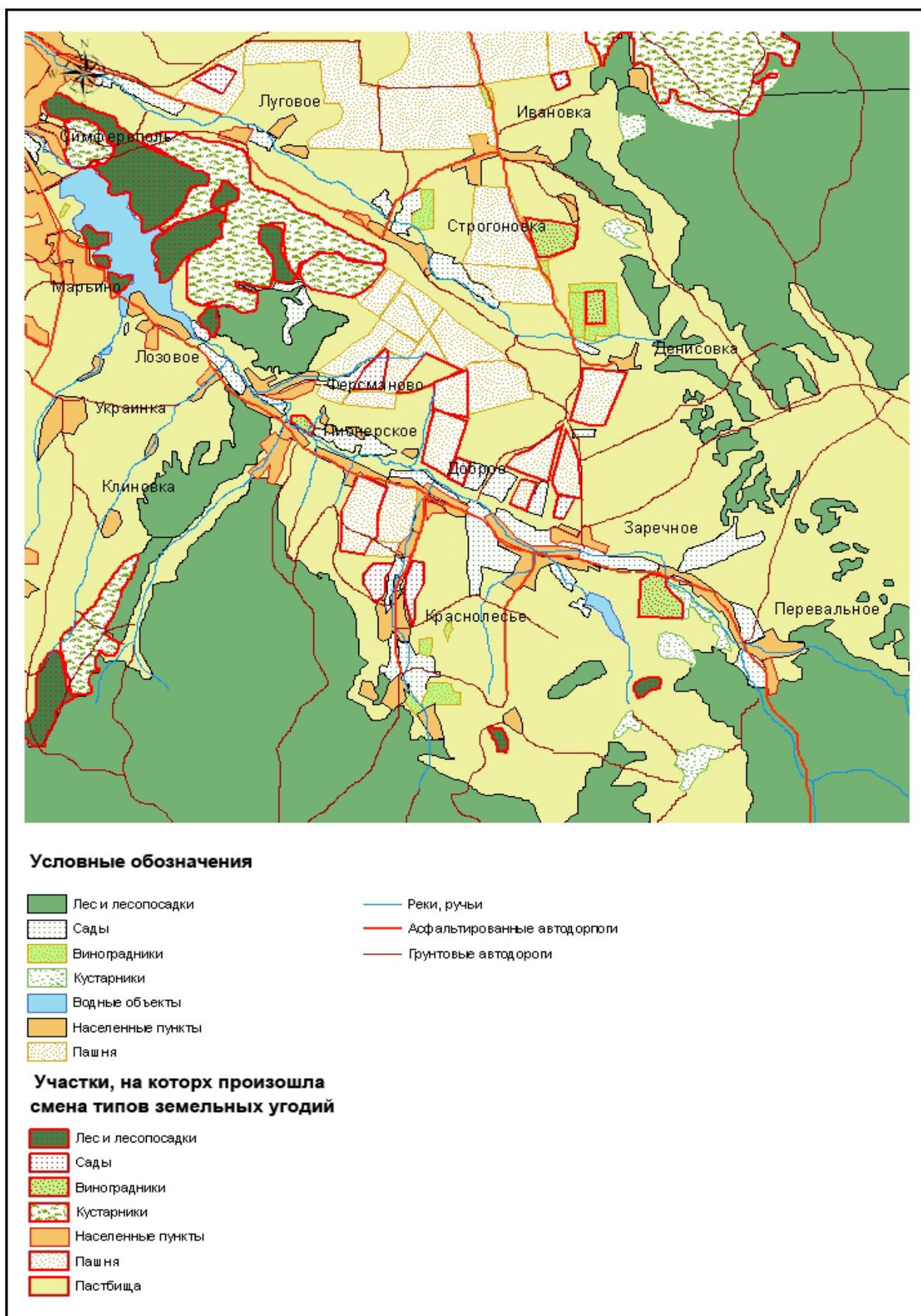


Рис. 5.12. Структура землепользования в пределах водосбора р. Салгир в 1987 году [130]

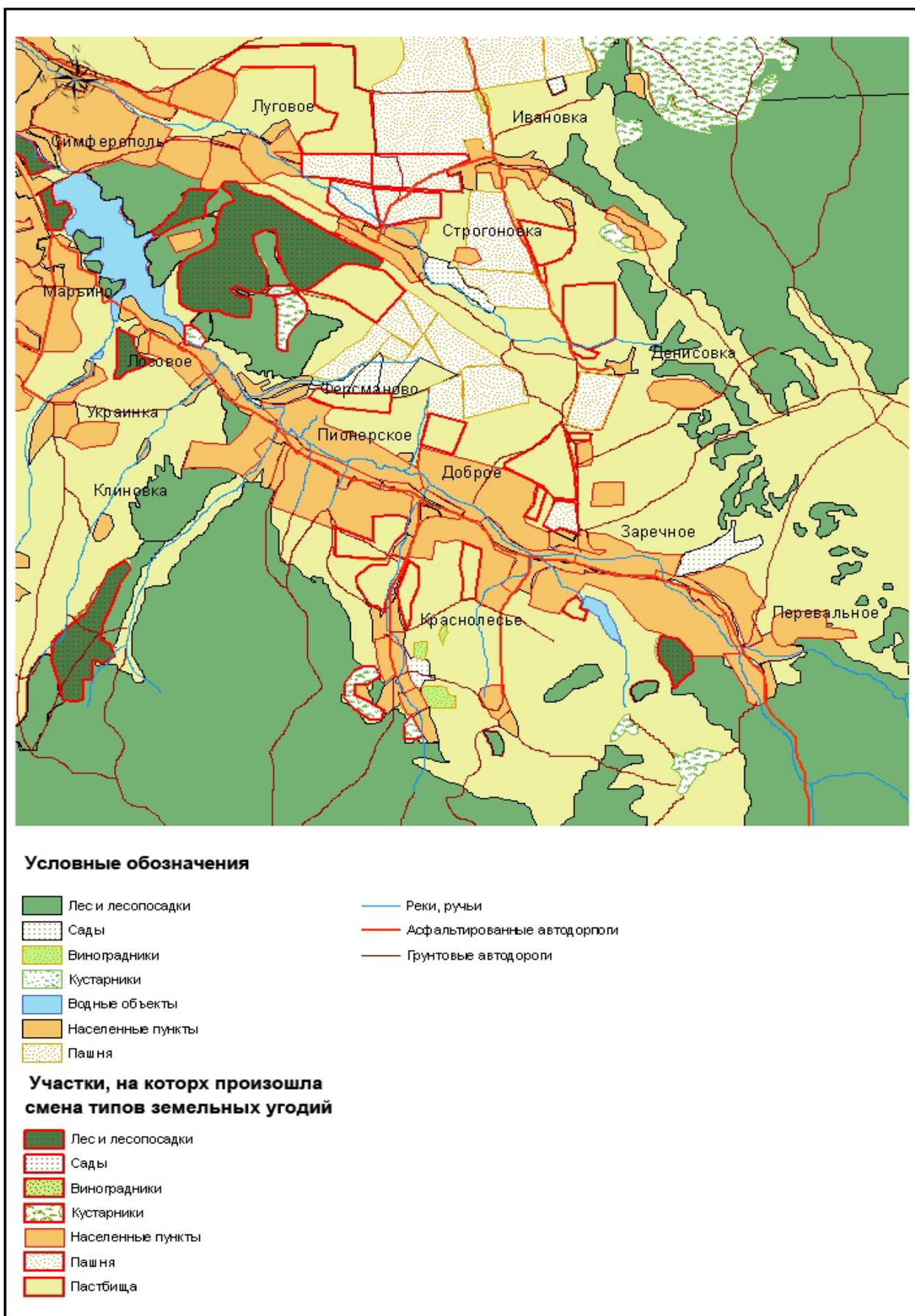


Рис. 5.13. Структура землепользования в пределах водосбора р. Салгир в 2009 году [130]

Расчет забора воды на водопотребление населением рассчитан исходя из известной нормы на водопотребление, равной 400 л на человека в сутки и численности населения сел, расположенных в пределах исследуемой территории. Из расчета 400 л на человека в сутки, забор воды населением, проживающем в селах Пионерское, Доброе, Заречное, Перевальное только на коммунальные нужды с 1989 года увеличился на 989588000 л/год к 2001 году, и составил 2373668000 л/год. В переводе в сток водопотребление, исходя из имеющихся данных по численности населения в 1989 году составляло 0,04 куб. м/с (5 мм) тогда, когда речной сток был равен 1,69 куб. м/с, а в 2001 году – 0,07 куб. м/с (9 мм) при речном стоке равном 0,6 куб. м/с.

Также произведен расчет водопотребления на полив. Расход воды на полив в 1987 году составлял 0,06 куб.м/с, в 2009 году – 0,17 куб.м/с, что в пересчете составляет 7,24 мм и 20,5 мм соответственно. Часть стока, ушедшая на забор воды из русла, через испарение с поверхности земли, а также транспирацию и инфильтрацию частично возвращается в русло реки, но большая часть стока теряется безвозвратно.

Таким образом, возросший забор воды на коммунальные нужды и полив придомовых участков способствовал уменьшению значений речного стока. Однако, наблюдается иная тенденция: значения слоя стока увеличиваются во времени.

Для внесения большей ясности рассчитаны составляющие уравнения водного баланса для данной территории. В табл. 5.8 приведены данные по параметрам, определяющим водный баланс территории, исходя из следующей формулы:

$$X = E + y + V + W,$$

где X – количество осадков, мм; E – испарение, мм; y – слой стока, мм; V_k – водозабор на коммунальные нужды, мм; V_e – водозабор на полив, мм; W – влагосодержание в почве, мм [88]. Элементы водного баланса рассчитаны для двух периодов: с 1957 по 1986 и с 1987 по 2008 годы.

Таблица 5.8

Параметры, определяющие водный баланс исследуемой территории

| Период | Осадки, мм | Испарение, мм | Слой стока, мм | Водозабор, мм | | Влажосодержание, мм |
|---------------|---------------|------------------|----------------------|------------------|-------|------------------------|
| | X | E | y | V_k | V_e | W |
| 1957– 1986 | 732 | 540 | 122 | 5 | 7 | 58 |
| 1987– 2008 | 815 | 572 | 180 | 9 | 21 | 33 |

Испарение выросло в среднем на 32 мм, слой стока увеличился на 58 мм, забор воды вырос на 18 мм. Влажосодержание рассчитывалось как остаточный элемент.

Хотя имел место рост температуры воздуха, испарения и водозабора воды, уменьшения речного стока в течение второго периода не произошло.

Это может быть объяснено двумя факторами:

1. Увеличением доли зимних осадков;
2. Увеличением частоты выпадения ливневых осадков.
3. Упрощение структуры ландшафтов, что могло отразиться на снижении транспирации и, следовательно, привести к возрастанию речного стока.

В подтверждение первому объяснению может послужить анализ зимних осадков (декабрь, январь, февраль) по Ангарскому перевалу (рис. 5.14).

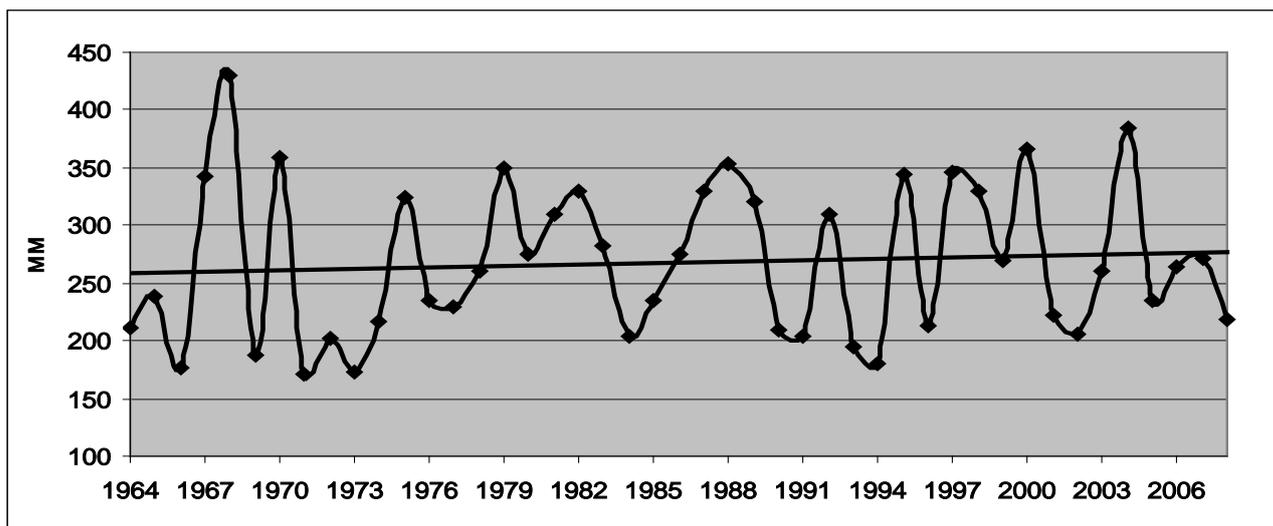


Рис.5.14. Динамика зимних осадков на метеорологической станции «Ангарский перевал»

Среднее значение суммы осадков за зимние месяцы с 1957 по 1986 годы составляло 262 мм, а с 1987 по 2008 годы – 274 мм. Из рис. 5.14 видно, что количество атмосферных осадков увеличилось с течением времени.

В подтверждение второму объяснению могут служить следующие аргументы. Н.К. Кононова [86] указывает на то, что с 1998 года происходит уменьшение продолжительности меридиональных южных процессов и рост меридиональных северных, которые способствуют росту частоты экстремальных процессов, в том числе и выпадению ливневых осадков.

В зарубежном издании в докладе [174] также упомянуто о том, что 80–90-е годы были самыми влажными за период инструментальных наблюдений. При этом высокий уровень увлажнения обеспечивался за счет роста количества ливневых осадков во внутриконтинентальных районах.

В подтверждение третьему объяснению служит увеличившаяся площадь населенных пунктов. С застроенных территорий, как известно, речной сток больше, нежели с естественных или сельскохозяйственных ландшафтов.

5.3. Трансформация экзогенных геоморфологических процессов

5.3.1. Сокращение пляжей, абразионные процессы

Отрицательное влияние на количество береговых наносов оказывает хозяйственная деятельность человека. Главными причинами являются: безвозвратное водопотребление, регулирование стока, забор песка и т.д.

Во второй половине XX-го века аккумулятивные образования размывались интенсивнее, чем в первой, из-за сокращения ширины пляжей в связи с разработками отложений в береговой зоне для строительных целей и зарегулированием стока водотоков, а также в связи с распашкой, террасированием склонов. Речных наносов стало не хватать для поддержания стабильности берега, поэтому также прослеживалась активизация абразионных процессов.

В долинах рек и временных водотоков были построены водохранилища и большое число прудов. Альминское, Аянское и Бахчисарайское водохранилища были построены еще до Великой Отечественной Войны. В связи с развитием народного хозяйства были сооружены остальные водохранилища естественного стока. Массовое строительство прудов в Крыму приходится на 60-е – 80-е годы прошлого века.

Известно, что в водохранилищах и прудах отлагается часть речных наносов, в результате чего сокращается твердый сток.

Объем наносов, переносимых рекой за год является важной характеристикой питания пляжей. Систематические наблюдения над стоком взвешенных наносов рек Крыма были организованы Гидрометслужбой в 1935 году.

Однако сток наносов Крымских рек изучен достаточно плохо. Поэтому нет достоверных данных об общем количестве наносов, поступающих с крымских рек в акваторию Черного моря. Плохая изученность наносов объясняется сложным характером их формирования и трудностью их измерения.

В устьях рек и в береговой зоне происходит естественная сортировка наносов по крупности, после чего часть создает береговые отложения, а мелкая составляющая твердого вещества уносится в открытую часть моря и медленно осаждается на дне. Так, к примеру, из 100 % объемов наносов северо-восточной части Черного моря 34 % относятся к береговым, остальные 66 % – к морским.

В Черное море ежегодно в виде стока речных наносов малых рек Крыма в среднем поступает 73,2 тыс. куб. м наносов (табл. 5.9). Из этого количества до 16,4 тыс. куб. м являются берегоформирующими и образуют прибрежно-морские отложения в виде пляжей, остальные – 56,8 тыс. куб. м наносов являются морскими, которые участвуют в современном процессе седиментации в глубокой части моря. Такое количество наносов в море поступает в условиях регулирования и водохозяйственного использования стока, в естественных условиях (без водохранилищ и прудов) общее количество стока наносов составляло бы не менее 132,5 тыс. куб. м, соответственно почти в два раза больше наносов в год являлось бы берегоформирующими [53].

Таблица 5.9

Сток речных наносов рек Крыма

| Название реки | Сток речных наносов, (тыс. куб. м/год) | В бассейне реки | |
|---------------|---|---------------------------------|------------------------|
| | | водохранилище (наименование) | пруды (кол-во штук) |
| Альма | 24,6 | Альминское | 54 |
| Кача | 6,72 | Загорское Бахчисарайское | 29 |
| Коккозка | 14,4 | – | 4 |
| Бельбек | 18 | – | 57 |
| Черная | 0,32 | Чернореченское | 32 |
| Дерекойка | 1,54 | – | 1 |
| Улу-Узень | 3,6 | Изобильненское | 6 |
| Демерджи | 2,58 | Кутузовское | 12 |
| Таракташ | 1,47 | – | 6 |

Таким образом, в результате зарегулирования рек водохранилищами и прудами объем наносов целом в Крыму сократился почти в два раза.

По данным Клюкина [82] до зарегулирования стока в береговую зону Чалкинского, Карадагского и Коктебельского участков ежегодно поступало 9,8 тыс. куб. м, а после зарегулирования – 4,8 тыс. куб. м отложений.

До зарегулирования стока в акваторию из речных долин выступали небольшие конусы, подводное продолжение которых прослеживалось на 50–100 м от берега до глубины 5 м. В настоящее время они размыты и появляются временно только после прохождения значительных паводков. Размыв конусов связан с уменьшением поступающего с суши материала для перемещения его вдольбереговыми течениями.

Распашка и террасирование склонов в гораздо меньшей степени влияет на уменьшение твердых наносов. Она приводит к заилению русел водотоков, и, соответственно, к задержке твердого стока. Добыча строительных материалов, главным образом, песка на берегах Черного моря, и в шельфовой зоне, а также строительство морских портов и военных сооружений привело к постепенному сокращению ширины пляжей. Разработки нарушили сложившееся равновесие, сопровождались сокращением пляжей и активизацией абразии.

В табл. 5.10 перечислены антропогенные факторы, приведшие к сокращению ширины пляжей.

В первой половине XX-го века конус выноса реки Отузки выступал в море, а юго-западнее его до мыса Крабий располагались пляжи, ширина которых достигала 20–30 м. Сходная ситуация прослеживалась на фотоснимках, сделанных в 1954 году. После длительных разработок песчано-гравийного материала подводным карьером и строительства прудов в бассейне реки Отузки, ширина пляжей сократилась в 2–3 раза. Выносы из реки Отузки участвуют в питании маломощного ненасыщенного вдольберегового потока наносов, распространяющегося от Карадага к устью реки Козы. Раньше в береговую зону поступало больше аллювия и, соответственно, между устьем Отузки и мысом Крабий располагались более широкие пляжи, нежели сейчас. Поскольку мощность потока у Карадагского

берегового участка практически не изменилась, то дефицит пляжеобразующих наносов был связан с уменьшением твердого стока Отузки.

Таблица 5.10

Антропогенные факторы сокращения ширины пляжей Крыма

| Район сокращения пляжа | Причины | Ширина пляжа до и после антропогенного фактора (или другая характеристика), м | |
|------------------------------------|---|---|--------------------------|
| | | до | после |
| от р. Отузка до м. Крабий | -разработка песчано-гравийного материала в подводном карьере; -строительство прудов в бассейне р. Отузка | 1937, (1954): 20–30 м | конец XX века: 8–13 м |
| бухта Коктебель | -промышленная добыча в 1954–1967 годах песчано-гравийных смесей; -строительство прудов в долинах | 50-е годы: 20–30 м | середина 60-х: 4–10 м |
| бухта Провато (п. Орджоникидзе) | -добыча песка и гравия | начало 50-х: 20–25 м | начало 70-х: 8–15 м |
| Ялтинская бухта, Чукурларский пляж | -добыча 2 млн. куб. м песка и гравия с дна моря | 1953: 17,8 м | 1964: 14,6 м |
| Сасык-Сивашская пересыпь | -строительство плотин днепровского каскада | начало 50-х годов: вывезено 15 млн. м ³ песка | – |
| пляжи Каламитского залива | - строительство искусственного причала Евпаторийского морского торгового порта | построено в 1983–1985 годах | – |
| Евпаторийские пляжи | -строительство военного объекта «Нитка», построенного под Саками | 1982 год задерживало 27–30 тыс. т/год | – |

У поселка Коктебель еще в середине XX-го века был песчано-гравийно-галечный пляж шириной 20–30 м, отложения которого разрабатывались кустарно для местных нужд в небольших объемах. В связи с промышленной добычей в 1954–1967 годах в бухте Коктебель песчано-гравийных смесей, а также строительством прудов в долинах, пляж стал быстро сокращаться и, к середине 60-х годов, его ширина уже составляла 4–10 м.

В 50–60-е годы песок и гравий разрабатывались в бухте Провато у поселка Орджоникидзе, в результате чего пляж сократился в 2–3 раза и море за 20 лет срезало полосу берега шириной 20–25 м и высотой 3–6 м.

По данным Игоря Борисовича Корженевского в Ялтинской бухте за 12 лет было поднято со дна моря два млн. куб. м песка и гравия, что уменьшило ширину Чукурларского пляжа на три метра (до 14,6 м). В результате эксплуатации Ялтинского месторождения строительного песка (1952–1975 гг.) на дне бухты в 250–300 м от набережной образовался подводный карьер протяженностью более 2 км. Следствием этого явилось сокращение пляжа и повышенный риск возникновения оползневых явлений в сейсмически активной зоне на Крымском полуострове.

Серьезной проблемой является сокращение пляжных ресурсов в пределах г. Саки (табл. 5.11). Значительная часть береговой линии смывается во время зимних штормов [139].

Таблица 5.11

**Сокращение средней ширины пляжной полосы в пределах
г. Саки (по материалам проекта концепции развития морского берега
Крыма на 2006–2016 годы).**

| | | | | | | | |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Годы | 1983 | 1986 | 1994 | 1996 | 1999 | 2001 | 2002 |
| Средняя ширина пляжа, м | 31 | 22 | 18,5 | 17 | 14 | 11 | 10 |

Аналогичное положение в зоне Евпаторийского порта, где в течение ряда лет производился отбор песка. В начале 50-х годов из района Сасык-

Сивашской пересыпи на стройки Украины, в том числе и на плотины днепровского каскада, было вывезено 15 млн. куб. м песка. Добыча велась не только на берегу, но и в подводных карьерах. В дальнейшем море заполнило карьеры песком евпаторийских пляжей [120]. Юрий Горячкин – заместитель заведующего отделом гидрофизики шельфа МГИ НАН Украины назвал основной антропогенной причиной начавшегося в 1983–1985 годах наступления моря на пляжи Каламитского залива строительство искусственного причала Евпаторийского морского торгового порта.

Существенное снижение поступления наносов на евпаторийские пляжи связано также с объектом «Нитка», построенным под Саками в 1982 году. Это вытянутая на 120 м в море взлетно-посадочная полоса для тренировок летчиков палубной авиации. В результате строительства возникла своеобразная плотина на пути вдольберегового потока наносов, отрицательно влияющая на побережье длиной 12 км. «Нитка» задерживала 27–30 тыс. т наносов в год. Только после намыва с южной стороны косы, примыкающей к молу, движение наносов восстановилось.

По данным Сакской гидрогеологической режимно-эксплуатационной станции сокращение ширины евпаторийских пляжей составляет от 0,5 до 3 м в год.

Веками морской берег находился в динамическом равновесии. Обвалы, оползни, речные и селевые потоки обеспечивали материал пляж, и он, в свою очередь, противостоял штормам и удерживал оползни [120].

Наблюдаются достаточно интересные зависимости процессов: с одной стороны твердый сток водотоков, материал оползней, земляных обвалов способствовал насыщению пляжа материалом, что препятствовало его размыву и активизации абразии. Течения перемещали этот материал вдоль берегов, поддерживая динамическое равновесие. Однако в связи с уменьшением твердого стока после зарегулирования водотоков водохранилищами и прудами, твердого материала на пляжи стало доставляться меньше, активизация оползней частично снизилась, активизировалась абразия, которая, в свою очередь, стала способствовать увеличению неустойчивости абразионных оползней и обвалов.

Если до зарегулирования стока объем выносов из эрозионных форм был соизмерим с объемом продуктов абразии и сноса с береговых склонов, то после зарегулирования объем выносов стал вдвое меньше. Дефицит наносов волнового поля, возникший в результате зарегулирования стока, в последние десятилетия частично компенсируется за счет активизации абразионной, оползневой и обвальной деятельности.

Однако в активизации абразии большую роль играют не только антропогенные факторы, то есть строительство гидротехнических сооружений, подводная и надводная добыча песка, распашка и террасирование в пределах речных бассейнов, но и природные факторы: штормовая деятельность, являющаяся следствием циклонов, господствующих над Черным морем, а также большое количество атмосферных осадков.

Самыми неустойчивыми и изменчивыми являются берега Каламитского и Каркинитского заливов, особенно бухты Бакальской между селами Аврора и Портовое. Клиф разрушался с 1974 по 1991, в штормовые 1981, 1986 и 1988. Это самая высокая скорость размыва протяженного отрезка абразионного берега Крыма. Во второй половине XX-го века море срезало 100–200 м низкого (1–1,5 м) берега из суглинков с фундаментами домов бывшего села Сергеевка и постройками села Портовое.

Снос с береговых уступов увеличивается во влажные и уменьшается в засушливые годы, а размыв продуктов сноса и абразия – соответственно в штормовые и спокойные годы. Больше всего наносов поступает в береговую зону, когда влажные годы предшествуют штормовым или совпадают с ними: 1981, 1988, 1992, 1997, 2000 годы.

Жестокий шторм с юга в 1931 году совпал с влажным периодом, а в 1992 году случился после него. В последней четверти XX-го века обильный снос с береговых уступов происходил в 1976, 1977 и 1991 годы, а наиболее интенсивная абразия проявилась в 1988 и 1992 годы.

В результате приведенного выше материала, была составлена схема, отображающая причинно-следственные связи, приводящие к активизации абразионных процессов (рис. 5.15). Таким образом, к активизации абразии

5.3.2. Оползни

Проведен анализ природных и антропогенных факторов активизации оползней в Крыму. Основными оползневыми районами полуострова считаются оползни северных склонов – 1925 км², Южных склонов – 1200 км², оползни Западного побережья Крыма и побережья Керченского полуострова. Южный оползневой район делится на Юго-западный подрайон – 380 км² (м. Айя – г. Костель), Центральный подрайон – 360 км² (г. Кастель – м. Ай-Фока), Юго-Восточный подрайон – 460 км² (м. Ай-Фока – м.Ильи) [66, 67].

А.А. Клюкиным [82] было проанализировано изменение активности оползней и годовых сумм осадков с 1981 по 2001 годы (табл. 5.12). Территория балансового участка входит в состав Юго-Восточного подрайона Южного оползневого района от мыс Ай-Фока до мыса Ильи. В пределах участка находится 125 действующих оползней: 75 % эрозионных, 22 % абразионных и 3 % искусственных.

Таблица 5.12

Изменение активности оползней и годовых сумм осадков с 1982 по 2001 годы на территории балансового участка [82]

| годы | Активность оползней, % | Атмосферные осадки, мм/год | годы | Активность оползней, % | Атмосферные осадки, мм/год |
|------|------------------------|----------------------------|------|------------------------|----------------------------|
| 1982 | 29 | 354 | 1992 | 26 | 395 |
| 1983 | 18 | 271 | 1993 | 12 | 270 |
| 1984 | 14 | 346 | 1994 | 8 | 356 |
| 1985 | 10 | 382 | 1995 | 9 | 462 |
| 1986 | 12 | 246 | 1996 | 18 | 517 |
| 1987 | 14 | 497 | 1997 | 42 | 576 |
| 1988 | 25 | 559 | 1998 | 25 | 356 |
| 1989 | 20 | 372 | 1999 | 19 | 510 |
| 1990 | 19 | 522 | 2000 | 11 | 242 |
| 1991 | 38 | 736 | 2001 | 10 | 405 |

Активность оползней установлена А. А. Клюкиным по морфологическим признакам при ежегодном обследовании и оценивалась коэффициентом активности в процентах. Эти данные представлены графически, что позволяет более четко увидеть связь проявлений оползнеобразования с величиной атмосферных осадков (рис. 5.16).

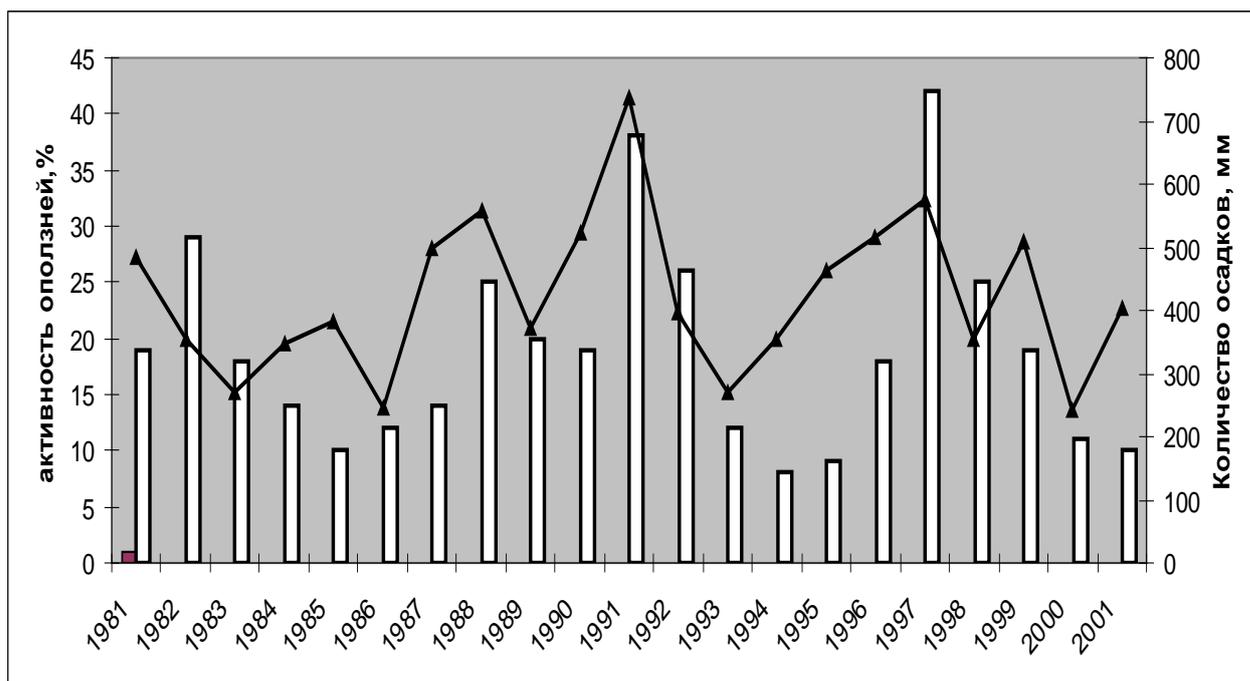


Рис. 5.16. Зависимость активности оползней от количества осадков с 1981 по 2001 годы на территории балансового участка (по данным А.А. Клюкина [82])

Максимумы активности отмечены в 1982, 1988, 1991–1992 и 1997–1998 гг., а минимумы – в 1984–1987, 1993–1995 и 2000–2001 гг.

Периоды активизации оползней совпадали с влажными периодами. В результате обильного увлажнения грунтов атмосферными осадками их объемная масса возрастает до 20–30 %.

Активизация происходила во влажные годы (1988, 1991, 1997 годы) и после влажных лет (1982, 1992 гг.), а также в засушливые и нормальные по увлажнению годы, если выпадали экстремальные дожди, таяли сугробы метелевого снега, водотоки и волны подрезали склоны. Эти явления нередко

совпадали или происходили в близкое время, особенно в годы высокой циклонической активности. Коэффициент корреляции активности оползней с годовыми суммами атмосферных осадков составил 0,59, при сдвиге на 1 год – 0, 63 [82].

Табл. 5.13 составлена по материалам А. А. Ключкина [82].

Таблица 5.13

Причины активизации оползней в пределах балансового участка

| Период активизации | Причины активизации |
|--------------------|---|
| 1982 | - дожди в конце 1981года; - талые воды весной 1982 года; -значительная абразия берегов в 1981 году |
| 1988 | -превышение норм атмосферных осадков в 1987–1988 на 25%; -таяние мощных сугробов; -размыв берегов несколькими сильными штормами в 1988 году |
| 1991–1992 | -обильные осадки, превысившие норму в 1990 – 1991 годах на 49%; -экстремальные суточные (278 мм) и месячные (350 мм) осадки, выпавшие в сентябре 1991 году; -подрезка склонов паводками в сентябре 1991 года; -шторм в ноябре 1992 года. |

Конец XX-го и начало XXI-го веков отмечены в мире и в регионе очень высоким уровне циклонической активности, неоднократным выпадением экстремальных атмосферных осадков, формированием разрушительных паводков, увеличением интенсивности волнения и абразии берегов.

Так, в периоды смены или совпадения влажных и штормовых лет создаются благоприятные условия для активизации оползней и размыва их языков. Тогда скорость размыва за короткое время превышает среднее значение в 2–3 раза и более. Такая ситуация сложилась в 1987–1988 годы.

Выдвижение оползневых языков к урезу или в акваторию сопровождалось значительным размывом.

Весной 1958 года прибойный поток срезал 6 м языка активизировавшегося оползня у северо-восточной окраины Коктебеля. В 1980–1983 годах с языка оползня, выдвинувшегося в акваторию у мыса Мальчин, прибойный поток смыл 5 тыс. куб. м суглинка, что соизмеримо со среднегодовым размывом всех отложений 5-го класса [143].

Экстремальный шторм, разразившийся у берегов Крыма 15.11.1992 года, был связан с выходом на Черное море глубокого средиземноморского циклона. Юго-западный ветер, скорость которого достигала 30–50 метров, разогнал волны высотой до 12 метров и длиной до 150 м [79]. Волны шторма отмыли с языка оползня, соскользнувшего в 1991 году к бухте Тихой, около 1500 куб. м. крупнообломочных отложений с супесчаным заполнителем.

Также проведен анализ взаимосвязи активизации катастрофических оползней с количеством атмосферных осадков.

Масштаб проявления оползня принято соотносить с его объемом в куб. м. Так, катастрофическими оползнями считают оползни, объем которых десятки и сотни миллионов куб. м.

В своей книге «Оползни Крыма» [66, 67] .И.Ф. Ерыш и В.Н. Саломатин приводят перечень катастрофических оползней. Эти оползни приурочены к Горному Крыму и ЮБК. Поскольку мы располагаем данными по количеству осадков более чем за 100 лет по пунктам Ай-Петри, Ялта, Феодосия, сопоставим временные данные активизации катастрофических оползней и значения сумм осадков (рис. 5.17).

Активизация оползней совпадает с максимальными значениями годовых сумм осадков, как, например, в 1915, 1933, 1939, 1955, 1965 – 1968, 1970, 1973, 1977, 1979 – 1981, 1987, 1988, 1990, 1997 годах либо, запаздывает на год-два. Так, например, 1940 году произошла активизация 3-ех катастрофических оползней, тогда как максимальные суммы осадков на всех трех пунктах выпали на год раньше. Такая же ситуация характерна и для

1907, 1924, 1932, 1938, 1940, 1946, 1953, 1954, 1956 – 1958, 1964, 1969, 1978, 1982–1983, 1989, 1993, 1995, 1998.

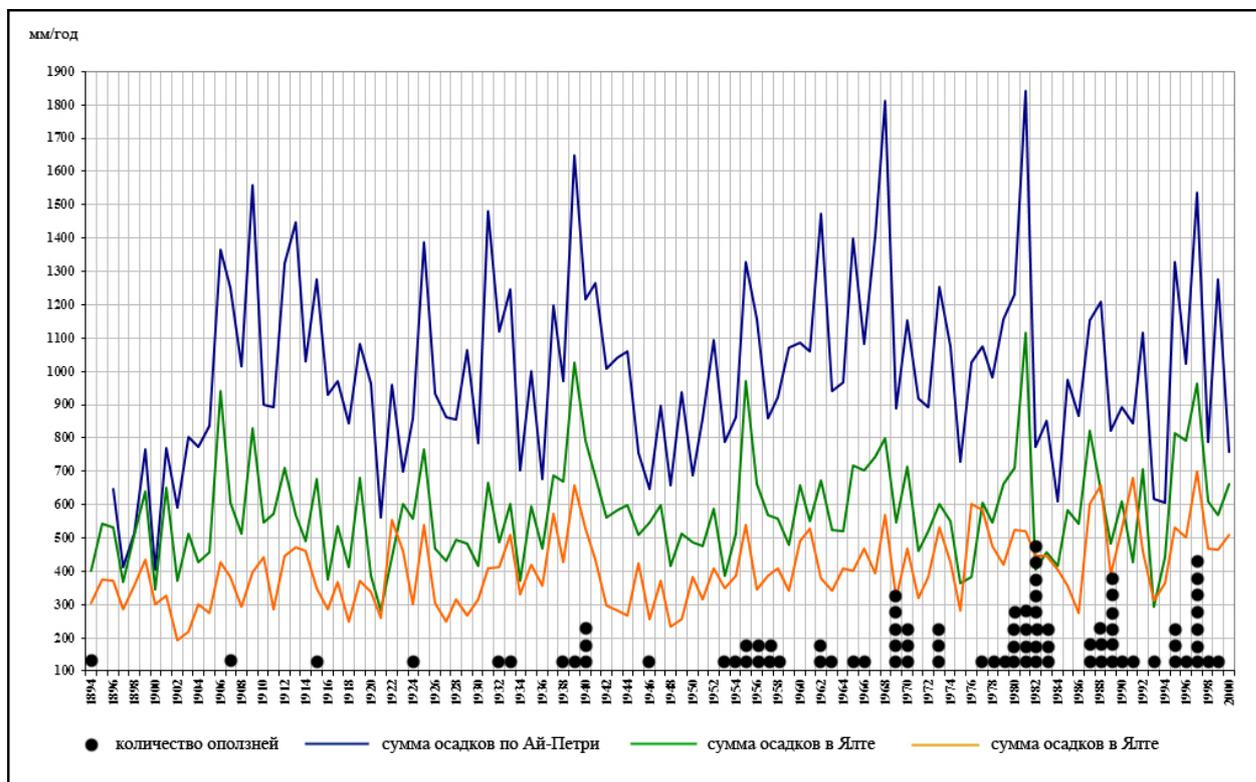


Рис. 5.17. Соотношение частоты оползневых процессов с годовой суммой осадков на Ай-Петри, Ялте и Феодосии в течение XX столетия

Как видно из рис. 5.18, активизация катастрофических оползней хорошо коррелирует с максимальными суммами осадков по пунктам Ай-Петри, Ялта и Феодосия.

Во второй половине XX века естественные оползни за счет возросшей антропогенной нагрузки на ландшафты стали носить антропогенный характер. Активизация оползневых процессов связана не только с усилением циклонической деятельности, но и с усилением техногенной нагрузки, которая в разных случаях проявлялась по-разному: в виде подрезки подошвы оползня, механической нагрузки на тело оползня в результате

строительства дорог, рекреационных и жилых комплексов, возведения водохранилищ, прокладки трубопроводов и др. [123].

В Крыму по данным Ялтинской комплексной гидрогеологической и инженерно-геологической партии насчитывается свыше 1600 оползней. Их количество увеличивается ежегодно на 5–7 новых оползней за счет техногенных оползней, связанных со строительством [66].

Строительство автотроллейбусной горной дороги Симферополь – Алушта – Ялта и автомагистрали Ялта – Севастополь. Общая длина дороги около 160 км. Строилась она с 1959 по 1972 годы. При ее строительстве было срезано и отсыпано на прилегающие склоны 16,5 млн. м³ горных пород (табл. 5.14).

Значительная часть дороги была выполнена, не учитывая негативное воздействие на геологическую среду. Это привело к появлению на склонах множества подрезок и насыпей.

Таблица 5.14

Сведения об объемах земляных работ по участкам автодороги Симферополь – Алушта, Ялта – Севастополь (1959 – 1972) и возникших техногенных дорожных оползнях [66]

| Участки автодороги | Симферополь – Алушта | Алушта – Ялта | Ялта – Севастополь |
|--|----------------------|---------------|--------------------|
| Объем земляных работ (млн.м ³) | 0,5 | 6 | 10 |
| Сроки строительства | 1959 – 1960 | 1961 – 1963 | 1964 – 1973 |

Так, строительство этих дорог послужило причиной активизации большого числа оползней: в среднем на каждый километр приходится один оползень (табл. 5.15).

Таблица 5.15

**Техногенные и естественно-техногенные оползни на участках
автотроллейбусной дороги Ангар-Богаз – Ялта [66]**

| Участки дороги | Ангар-Богаз – Алушта | Алушта – Ялта | Объездная Ялты |
|------------------------|-------------------------|---------------|----------------|
| Длина, в км. | 16 | 26,2 | 11,8 |
| Количество оползней | 13 | 36 | 19 |

Это обстоятельство в период повышения активности оползней Горного Крыма в 1986–1969 гг. и в 1981–1982 гг. и в 1995–1998 приводит к повсеместному нарушению устойчивости дорожного полотна [66].

Количество техногенных оползней из года в год стремительно растет – в 1946 году их было всего 12, а в 1998 году – уже в 25 раз больше (табл. 5.16). Каждый год инженерно-хозяйственной деятельности приносит в среднем до 6 – 10 техногенных оползней.

Таблица 5.16

Темпы роста техногенных оползней в Крыму [66]

| годы | 1946 | 1962 | 1971 | 1982 | 1990 | 1995 | 1998 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Количество техногенных оползней | 12 | 122 | 162 | 209 | 251 | 265 | 300 |

По данным табл. 5.16 составлен график, отображающий рост катастрофических оползней с 1946 по 1998 годы (рис. 5.18).

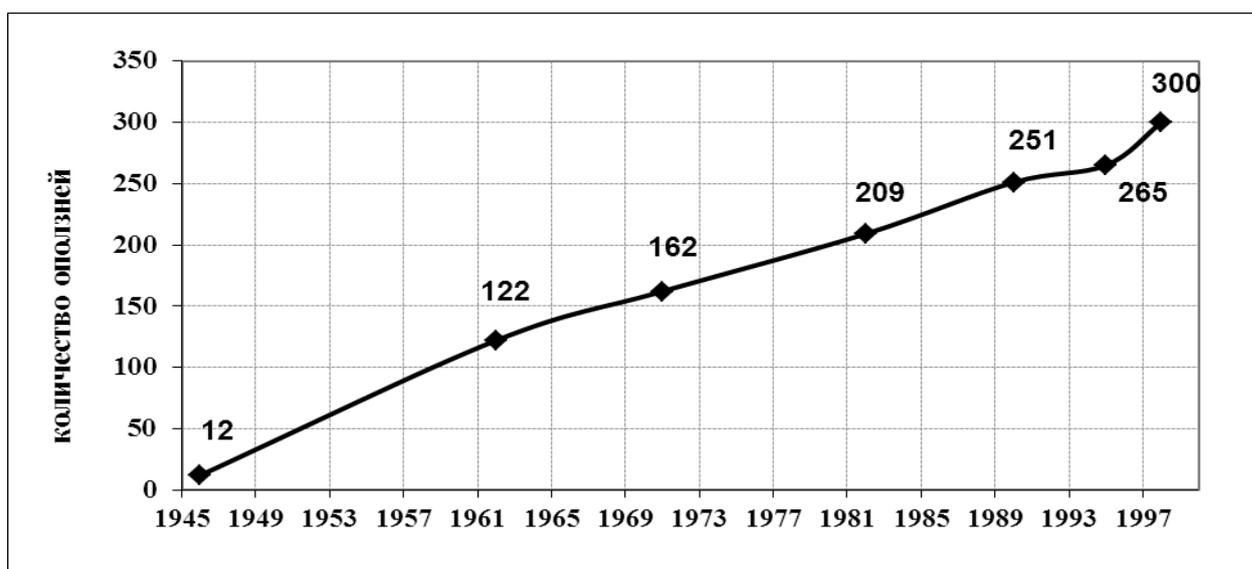


Рис. 5.18. Рост катастрофических оползней с 1946 по 1998 годы

Таким образом, причинами активизации оползней могут быть как природные, так и антропогенные факторы. К природным факторам относят землетрясения, циркуляционные механизмы, геологическое строение, штормовую деятельность моря, абразию. К антропогенным причинам – работы по добыче полезных ископаемых, в результате чего часто имеет место подрезка склонов, нарушение гидрологических условий, пригрузка склона; сельскохозяйственные работы, прокладка дорожного полотна, возведение водохранилищ, строительство жилых зданий и сооружений. Естественно, имеет место переплетение природных и техногенных факторов. Часто один фактор усиливает другой, способствуя более быстрому процессу оползнеобразования.

5.3.3. Осыпи

А.А. Клюкин рассчитал среднюю годовую и многолетнюю скорость денудации пород сухих и увлажняемых обрывов (табл. 5.17). За 15 лет наблюдений (1985–2000 гг.) скорость денудации пород сухих обрывов была на 2–5 порядков меньше, чем увлажненных.

Таблица 5.17

**Средняя скорость денудации пирокластических пород на
увлажняемых обрывах [82]**

| Период наблюдений | Скорость денудации, мм/год | Сумма осадков, мм |
|-------------------|-------------------------------|----------------------|
| 1985–1986 | 0,6 | 293 |
| 1986–1987 | 1,5 | 291 |
| 1987–1988 | 2,7 | 533 |
| 1988–1989 | 2,1 | 509 |
| 1989–1990 | 0,8 | 317 |
| 1990–1991 | 3,6 | 624 |
| 1991–1992 | 1,9 | 720 |
| 1992–1993 | 0,9 | 316 |
| 1993–1994 | 0,8 | 287 |
| 1994–1995 | 1,2 | 447 |
| 1995–1996 | 0,7 | 339 |
| 1996–1997 | 2,6 | 628 |
| 1997–1998 | 2 | 544 |
| 1998–1999 | 1,1 | 384 |
| 1999–2000 | 1 | 430 |

Результаты наблюдений свидетельствуют, что на сухих обрывах породы выветривались очень медленно, их скорость денудации не превышала 0,01 мм/год. Средняя скорость денудации увлажняемых обрывов была минимальной (0,6 и 0,7 мм/год) в засушливые 1985–1986 и 1995–1996 годы, а максимальной (4,7 и 3,6 мм/год) – во влажные 1987–1988 и 1990–1991 годы. Высокие значения денудации отмечены во влажные годы (рис. 5.19). Коэффициент корреляции скорости денудации с атмосферными осадками составил 0,68.

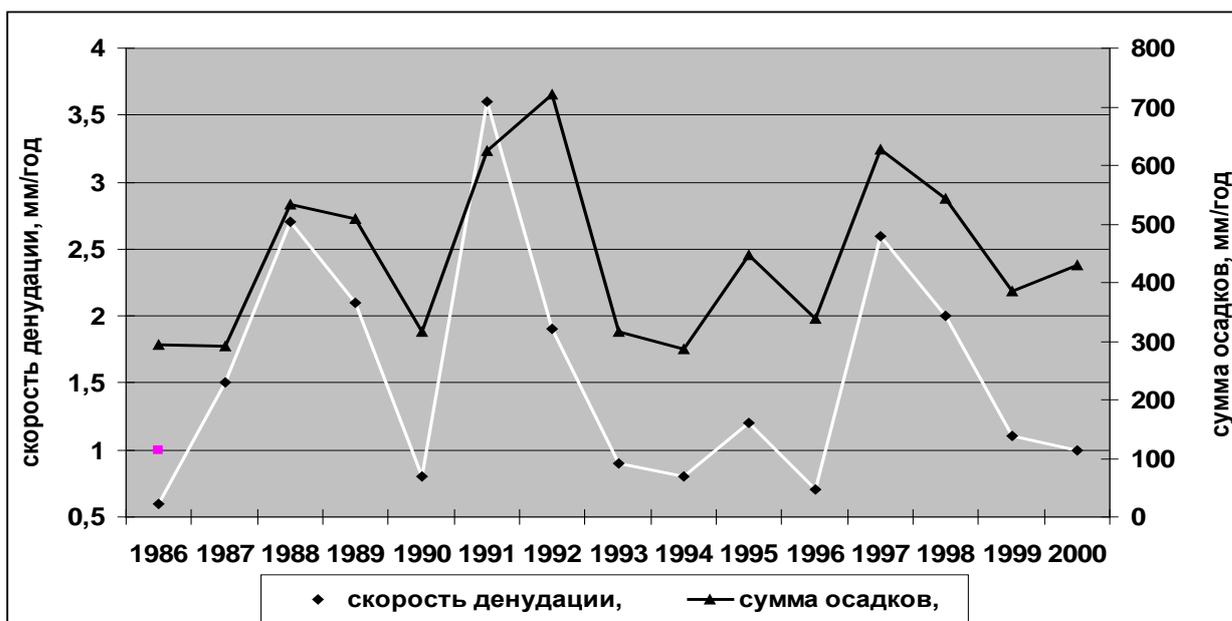


Рис. 5.19. Зависимость скорости денудации пирокластических пород на увлажняемых обрывах от суммы осадков (по данным [82])

Как видно из табл. 5.17, скорость денудации пирокластических пород хорошо коррелирует с количеством осадков, выпавших за данный период. Коэффициент корреляции составляет 0,78. В отдельные годы наблюдаются отклонение: в 1992 году при больших осадках (720 мм/год) скорость денудации не очень значительна – 1,9 мм/год. Это можно объяснить тем, что в предыдущий 1990 год значение скорости денудации было достаточно высокое, и денудационный материал не успел накопиться к 1991 году.

5.3.4. Скальные обвалы

Скальные обвалы обычно связаны с зонами повышенной трещиноватости и напряженности пород, а земляные – с подрезкой склонов абразией и эрозией, подвижками оползней и снижением прочности грунтов от увлажнения. В результате потери сцепления и снижения прочности из увлажненных четвертичных суглинков и глин откалываются глыбы и валуны скальных пород. Они падают на пляжи и скатываются в овраги [82].

В пределах балансового участка 66 % массы коллювия снесена восемью самыми значительными обрушениями. Шесть из них произошло на Береговом хребте Карадага и по одному на побережье бухт Чалка и Тихая. Они случались в 1987, 1990–1991 и 1997–1999 годах. Все эти годы были влажными (табл. 5.18).

Таблица 5.18

Причины обрушения скальных пород (по данным [82])

| Годы обрушений | Причина | Масса обвалов, т | Местоположение |
|-----------------|--|---|-----------------------------|
| 16–17.08.1987 | 2 ливня слоем 53,2 и 35,9 мм | 240 т вулканитов | пляж Львиный бухта Карадага |
| 12.1987 | ливень | 160 т андезитов-базальтов и вулканических туфов | бухта Пограничная |
| зима 1990– 1991 | ливень | 320 т вулканического туфа | мыс Пятый |
| 2.9.1991 | ливень (278 мм) | 640 т песчаников с прослоями глин | бухта Чалка |
| 15.11.1992 | 8-балльный шторм | 500 т вулканитов | бухта Разбойничья |
| зима 1997– 1998 | дождь, затем морозное выветривание пород (-12°С) | 220 т вулканитов | скала Трон (Карадаг) |

Как видно из табл. 5.18, периоды высокой активности обрушений скальных пород совпадали с периодами, когда количество выпавших атмосферных осадков и число штормов интенсивностью более 4-х баллов превышало норму.

Главными факторами активизации гравитационных процессов являлись атмосферные осадки в сочетании с морозным выветриванием пород, абразионной и эрозионной подрезкой склонов. Около 60–70 % массы отложений перемещалось со склонов в холодный период года, когда указанные факторы действовали эффективнее.

5.3.5. Сели

Сели – сложный экзогенный процесс, интегрирующий действие других процессов. Сели формируются в склоновых и долинных селевых бассейнах. Склоновым селевым бассейнам свойственны большая густота расчленения, крутые и обрывистые склоны. В бассейнах долин сели формируются реже, чем в склоновых. Это происходит потому, что селеформирующие осадки редко охватывают весь бассейн долины или половину его площади.

Наиболее опасным сезоном для формирования селей является лето. Летом обильные интенсивные ливни образуются в результате прохождения циклонов.

Детальный анализ проявления селевых процессов в Крыму сделан А.Н. Олиферовым [114, 115, 116, 117, 118]. В Крыму селевые потоки проходили в сентябре 1899 и в 1912 в долине реки Демерджи, в конце декабря 1911 в Ялте, 18.07.1911 в деревне Ай-Серез, в 1912 в Байдарской долине, в 1914 в районе поселка Щebetовка, в 1939 году в Козской долине, 10.06.1949 на реке Учан-Су, в 1964 и 1967 в бассейне реки Кутлак, 17.4.1965 на притоке реки Андюз, 09.07.1967 на реке Ворон, в 1968 в долине реки Демерджи, 5.7.1980 в ущелье урочища Кокия у мыса Айя, 11.08.1983 в долинах рек Кутлак и Узень, весной 1987 на склоне горы Коклюк у села Наниково, 2.9.1991 в овраге, открывающемся в бухту Тихую, 11.8.1997 в долине реки Демерджи [82, 114, 115].

Причиной селеформирования могут быть длительные обильные обложные дожди. Они глубоко промачивают рыхлые отложения, создавая условия для зарождения селей. В Крыму сели формируются чаще в те годы, когда нарушается зональная циркуляция и развивается меридиональный перенос. Механизм влияния циркуляции атмосферы на развитие опасных

процессов заключается в том, что типу погоды при определенном ЭЦМ соответствуют определенный режим и степень увлажнения территории, ее температурный режим.

При этом для каждого из экзогенных геологических процессов характерен определенный тип погоды, способствующий росту его активности.

Современные изменения климата сопровождаются ростом повторяемости метеорологических экстремумов, что в свою очередь ведет к росту повторяемости опасных природных процессов на различных территориях. Горные территории особенно чувствительны к изменениям метеорологического режима. Наиболее опасными природными процессами в горах, быстро реагирующими на изменения погоды, являются сели, грязекаменные или водокаменные потоки, возникающие при наличии достаточного количества рыхлообломочного материала и воды, способной привести этот материал в движение.

Проанализирована связь между селями и макроциркуляционными процессами (элементарными циркуляционными механизмами, ЭЦМ по Б.Л. Дзердзеевскому), каталогизация которых ведется с 1899 года. Н.К. Кононова и И.В. Мальнева [87] провели исследование относительно зависимости проявления селей от определенных ЭЦМ. При обобщении этих данных по месяцам оказалось, что в наиболее селеопасные месяцы преобладают именно те ЭЦМ, с которыми преимущественно связано прохождение селей. Наиболее подробный анализ проведен для горных систем Крыма и представлен в табл. 5.19.

Наиболее селеопасным оказался ЭЦМ 13 л (циклоническая циркуляция на Северном полюсе, 4 выхода южных циклонов на полушарии, в том числе

со Средиземного моря через Черное на Европейскую часть России). С ним связано 35 % всех известных селей. В меньшей степени возникновение селей в этих районах связано с ЭЦМ 2а, 7а, 9а, 12а, при которых также отмечается выход средиземноморских циклонов, но осадки при них менее интенсивны. Наиболее селеопасными являются месяцы и сезоны, в которые эти ЭЦМ чередуются.

Таблица 5.19

Повторяемость селей по циркуляционным эпохам

(по данным Н.К. Кононовой [87])

| Циркуляционные эпохи | Период наблюдений за селями | Число лет наблюдений | Число селей | Число селей в среднем за год |
|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|-------------|------------------------------|
| Крым | | | | |
| Юго-западный селевой район | | | | |
| I | – | – | – | – |
| II | 1948–1960 | 13 | 3 | 0,23 |
| III | 1961–1968 | 8 | 2 | 0,25 |
| Юго-восточный селевой район | | | | |
| I | – | – | – | – |
| II | 1948-1960 | 13 | 65 | 5,0 |
| III | 1961-1968 | 8 | 58 | 7,25 |

Влияние различной погоды на формирование селей определяется особенностями очагов их зарождения. В эрозионных очагах Юго-Восточного Крыма преобладают породы таврической серии. Скорость физического выветривания достигает наибольших величин при сочетании метеорологических факторов, обеспечивающих попеременное увлажнение – высушивание и замораживание – оттаивание пород на склонах. Максимальная скорость выветривания глинистых пород наблюдается при значительных ливневых осадках и высоких температурах воздуха летнего периода. Наибольшая активизация селевых процессов в этом районе за последние 60 лет наблюдалась в 1948, 1956 и 1968 гг. Во всех случаях в день

прохождения селей отмечался ЭЦМ 9а, а его повторяемость за год и за летний период превышала среднюю многолетнюю. Также превышала норму повторяемость ЭЦМ 13л, наиболее селеопасной оказывается погода, обеспечивающая частое чередование влажных и засушливых периодов, способствующих переувлажнению и последующему высушиванию и растрескиванию пород.

Таким образом, некоторые ЭЦМ (7ал, 9а, 12а, 13л) являются селеопасными для Крыма (табл. 5.20).

Таблица 5.20

Макроциркуляционные процессы, приносящие селеопасную погоду в горную систему Крыма (по данным Н.К. Кононовой [87])

| Горная система | Селеопасные районы | Селеопасные ЭЦМ для районов | Селеопасные ЭЦМ для горной системы в целом |
|----------------|--------------------|-----------------------------|--|
| Крым | Юго-западный Крым | 7ал, 9а, 12а, 13л | 9а, 13л |
| | Юго-восточный Крым | 9а, 13л | |

Наиболее селеопасными для Крыма являются ЭЦМ 7ал, 9а, 12а и 13л. Изменение их продолжительности по циркуляционным эпохам показано в табл. 5.21.

Таблица 5.21

Изменение продолжительности селеопасных ЭЦМ по циркуляционным эпохам Крыма (по данным Н.К. Кононовой [87])

| циркуляционные эпохи | типы ЭЦМ | | | | |
|----------------------|----------|-----|----|-----|-----|
| | 2а | 7ал | 9а | 12а | 13л |
| I | 3 | 10 | 12 | 12 | 1 |
| II | 3 | 13 | 8 | 11 | 7 |
| III | 10 | 8 | 11 | 19 | 42 |

Как видно из табл. 5.21, суммарная продолжительность селеопасных ЭЦМ существенно выросла (с 38 дней в I эпохе до 90 дней в III). Каждый второй день в течение теплого полугодия оказывается селеопасным. В связи с этим рост повторяемости селей в современный период закономерен.

Современные изменения климата сопровождаются ростом повторяемости метеорологических экстремумов, что в свою очередь ведет к росту повторяемости опасных природных процессов на различных территориях. Горные территории особенно чувствительны к изменениям метеорологического режима. Наиболее опасными природными процессами в горах, быстро реагирующими на изменения погоды, являются сели, оползни, осыпи др.

С циклонами и антициклонами связаны разные погодные экстремумы: с циклонами – сильные ветры (ураганы), гололед (обрыв проводов, поломка деревьев), метели, оттепель и гололедица, вымокание озимых и др.; летом – ливни, град, грозы, сели, оползни, размыв шоссейных и железных дорог. С антициклонами – сильные морозы, вымерзание культур, повреждение коммуникаций; летом – жара, сушь, гибель урожая, пожары. В Крыму в последующие годы возможно и то, и другое, т. к. и число циклонов резко уменьшаться не будет, а область действия антициклонов может захватить полуостров.

Выводы по разделу

За рассматриваемый период произошли существенные изменения климатических условий, вызванные изменением структуры земельных угодий: уменьшение площади лесов, рост пахотных земель и площади

населенных пунктов определили снижение радиационного баланса. Однако эта общая тенденция нередко прерывалась обратными процессами, связанными с увеличением площади леса в отдельные периоды в связи с лесопосадками.

Существенное влияние на погодно-климатические условия оказало орошение на площади почти 400 тыс. га. Подтверждена гипотеза о том, что орошение выступает фактором, способствующим снижению летних среднемесячных температур в пределах орошаемых районов в период с 1972 по 1990 годы.

Изменение погодно-климатических условий по-разному проявилось в отдельные месяцы: увеличение температуры в феврале-марте и понижение температуры в апреле-мае привело к росту повторяемости повреждения плодовых культур в результате заморозков. Рост речного стока с 1955 по 2009 годы произошел вследствие увеличения доли зимних осадков и частоты выпадения ливневых осадков, уменьшения транспирации вследствие роста площади населенных пунктов.

Активизация катастрофических оползней хорошо коррелирует с максимальными суммами осадков по пунктам Ай-Петри, Ялта и Феодосия. Оползни активизируются либо в год с максимальными значениями осадков, либо спустя год или два.

Активизация оползневых процессов связана не только с усилением циклонической деятельности. Во второй половине XX века она стала носить антропогенный характер. Усиление техногенной нагрузки в разных случаях проявлялось по-разному: в виде подрезки подошвы оползня, механической нагрузки на тело оползня в результате строительства дорог, рекреационных и жилых комплексов, возведения водохранилищ, прокладки

трубопроводов и др.

Наиболее оползне- и селеопасными для Крыма являются элементарные циркуляционные механизмы, относящиеся к северной и южной меридиональным группам циркуляции. Суммарная продолжительность оползне- и селеопасных ЭЦМ существенно выросла с 38 дней в начале XX века до 90 дней в начале XXI века.

ВЫВОДЫ

Под физико-географическими процессами понимается смена состояний геокомпонентов и геосистем разных рангов, обусловленная совокупным действием внешних природных и антропогенных факторов, а также внутренних факторов, связанных с составом и структурой геосистем. Природные факторы характеризуются двумя составляющими: часть из них имеет внешнюю природу – связана с поступлением в ландшафт вещества и энергии извне (тектонические движения, общая циркуляция атмосферы), другая часть обусловлена возникновением в ландшафте собственных потоков и внутренних преобразований.

В масштабе века наибольшее значение из внешних факторов природного характера имела атмосферная циркуляция. Ее динамика была зафиксирована в форме элементарных циркуляционных механизмов, выделенных Б.Л. Дзердзеевским. В многолетнем ходе метеорологических показателей – температуры воздуха и атмосферных осадков (годовых величин) доминирует положительный тренд, осложняемый цикличностью. С 80-х годов XX века прослеживается нарушение ритмичности колебаний атмосферных осадков.

В Крыму с 90-х годов XX века наблюдается значительный рост температуры воздуха. Прогноз среднегодовых значений температуры воздуха на основе метода множественной регрессии показывает дальнейшее потепление на ближайшие 10 лет.

Чередование меридиональных южных и меридиональных северных групп циркуляции создает условия для обострения атмосферных фронтов, формирования обильных осадков и резких контрастов температуры воздуха, что вызывает рост экстремальных природных явлений. В первом десятилетии XXI века произошло смещение вегетационного периода на более ранние сроки. Возросла повторяемость заморозков, что привело к увеличению вероятности ущерба для урожайности сельскохозяйственных культур.

Предложена периодизация истории хозяйства Крымского региона с конца XIX до начала XXI вв. Выделено 9 периодов, в которых проанализирована смена типов хозяйствования и природопользования, связанных с социально-экономическими событиями. В регионе в течение рассматриваемого периода произошли значительные изменения характера землепользования.

Подстилающая поверхность Крыма постоянно претерпевала трансформации, что сказывалось на изменении радиационного баланса полуострова. Увеличивающаяся площадь орошаемых земель с 60-х вплоть до 90-х годов способствовала уменьшению альбедо и, соответственно, увеличению радиационного баланса. Замена лесных ландшафтов на пастбищные и пахотные угодья, наоборот, приводила к росту альбедо и снижению радиационного баланса.

Подтверждено предположение о том, что орошение выступает фактором, способствующим снижению летних среднемесячных температур воздуха в пределах орошаемых районов.

Рост числа экзогенных процессов в последние десятилетия XX – начале XXI вв. стал результатом не только возросшей в Крыму антропогенной деятельности, но и произошел вследствие господства и высокой продолжительности северной и южной меридиональных групп циркуляции, способствующих выпадению ливневых осадков и повышению температуры воздуха в регионе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авессаломова И. А. Общие положения динамики и функционирования / И. А. Авессаломова, К. Н. Дьяконов, А. Н. Иванов, И. И. Мамай, А. И. Беляков // Функционирование и современное состояние ландшафтов; под ред. К. Н. Дьяконова, Э. П. Романовой. – М. : Издательский дом Городец, 2004. – С.101–112.
2. Адаменко Т. И. Изменение агроклиматических условий и их влияние на зерновое хозяйство Украины [Электронный ресурс] / Т. И. Адаменко // АПК – Информ On-Line (11.10.2004 г.). – Режим доступа к журн.: <http://www.apk-inform.ru/showart.php>.
3. Адаменко Т. И. Перспективы украинского зернового рынка в контексте потепления климата / Т. И. Адаменко // Зерновой форум-2008 : VII междунар. конф., 26–27 мая, г. Ялта.
4. Амеличев Г. Н. Гипогенный карст Симферополя (Предгорный Крым) и его эволюция / Г. Н. Амеличев, А. Ю. Дмитриева, Г. В. Самохин // Спелеология и карстология. – Симферополь, 2012. – № 8. – С. 50–62.
5. Арманд А. Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем / А. Д. Арманд. – М. : Наука, 1988. – 260 с.
6. Арманд Д. Л. О статье М. И. Будыко «К теории интенсивности физико-географического процесса» / Д. Л. Арманд // Вопросы географии. – 1949. – № 15. – С. 46–52.
7. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте: основы теории и логико-математические методы / Д. Л. Арманд. – М. : Мысль, 1975. – 287 с.
8. Арманд Д. Л. Географическая среда и рациональное использование природных ресурсов / Д. Л. Арманд. – М. : Наука, 1983. – 238 с.
9. Атлас. Автономная Республика Крым / [редкол. : Н. В. Багров, Л. Г. Руденко и др.]. – Симферополь : ЗАО «Институт передовых технологий», 2004. – 80 с.

10. Багров Н. В. Экология Крыма : справ. пособ. / Н. В. Багров, В. А. Боков. – Симферополь : Крымское учебно-педагогическое государственное издательство, 2003. – 360 с.
11. Баландин Р. К. Природа и цивилизация / Р. К. Баландин, Л. Г. Бондарев. – М., 1988. – 392 с.
12. Беручашвили Н. Л. Геофизика ландшафта / Н. Л. Беручашвили. – М. : Мысль, 1990. – 287 с.
13. Биологическое и ландшафтное разнообразие Крыма : проблемы и перспективы. – Симферополь : Сонат, 1999. – 180 с.
14. Бобра Т. В. Ландшафтные границы: подходы к анализу и картографированию / Т. В. Бобра. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2001. – 165 с.
15. Бобра Т. В. Ландшафтные границы: выявление, анализ, картографирование / Т. В. Бобра. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2005. – 168 с.
16. Бобра Т. В. Новые объекты ландшафтных исследований / Т. В. Бобра // Геополитика и экогеодинамика регионов. – Симферополь : ТНУ, 2009. – Т. 5, Вып. 1. – С. 20–35.
17. Боков В. А. Пространственно-временная организация геосистем / В. А. Боков. – Симферополь : СГУ, 1983. – 87 с.
18. Пространственно-временной анализ в территориальном планировании : учеб. пособ. / В. А. Боков, И. Е. Тимченко, И. Г. Черванев, А. Н. Рудык. – Симферополь : ТНУ, 2005. – 183 с.
19. Боков В. А. Использование местоположений для расчета показателей тепла и влаги / В. А. Боков, В. О. Смирнов // Культура народов Причерноморья. – 2009. – № 166. – С. 128–136.
20. Боков В. А. Природные предпосылки формирования ландшафтно-экологических процессов / В. А. Боков, А. И. Лычак // Трансформация ландшафтно-экологических условий в Крыму в XX веке – начале XXI века. – Симферополь, 2010. – С. 36–66.

21. Боков В. А. История изучения ландшафтно-экологических процессов в Крыму и их классификация / В. А. Боков // Трансформация ландшафтно-экологических условий в Крыму в XX веке – начале XXI века. – Симферополь, 2010. – С. 23–35.
22. Бокс Дж. Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Дж. Бокс, Г. Дженкинс; [пер. с англ. Л. Л. Левшина; под ред. В. Ф. Писаренко]. – М. : Мир, 1974. – 197 с.
23. Будыко М. И. Климатические факторы внешнего физико-географического процесса / М. И. Будыко // Труды Главной геофизической обсерватории. – Вып. 19 (81), 1950. – С. 5–11.
24. Вахрушев Б.А. Геоморфология карста и понятие о карстовом рельефе / Б.А. Вахрушев // Спелеологія і карстологія. – 2008. – № 1. – С. 47–53.
25. Ведь И. П. Сезонные особенности радиационного, теплового и водного режимов мелиоративных насаждений сосны крымской / И. П. Ведь // Известия АН СССР. Серия географ. – 1978. – № 2. – С. 79–84.
26. Ведь И. П. Климатопы растительных сообществ Горного Крыма / И. П. Ведь // Известия АН СССР. Серия географ. – 1983. – № 3. – С. 83–89.
27. Ведь И. П. Климатический атлас Крыма / И. П. Ведь. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2000. – 120 с.
28. Ведь И. П. Климат и облесение Крымских нагорий / И. П. Ведь; под ред. А. Н. Олиферова. – Симферополь : ТНУ им. В. И. Вернадского, 2007. – 136 с.
29. Вернадский В. И. Биосфера / В. И. Вернадский. – М. : Мысль, 1967. – 374 с.
30. Воейков. А. И. Новейшие исследования ледников и причин их изменений / А. И. Воейков // Избранные сочинения. – М. : АН СССР, 1881 – Т. III. – С. 365–375.
31. Вопросы экономики сельского хозяйства Крыма. – Симферополь : Крымиздат, 1961. – 227 с.

32. Воскресенский К. П. Норма и изменчивость годового стока рек Советского Союза / К. П. Воскресенский. – Л. : Гидрометеиздат, 1962. – 552 с.
33. Гаркуша Л. Я. Закономерности распространения грабовых лесов горного Крыма и их классификация / Л. Я. Гаркуша // Вестник Московского университета. Серия 5 : География. – 1984. – № 5. – С. 89–96.
34. Гаркуша Л. Я. Связь растительного покрова с условиями увлажнения / Л. Я. Гаркуша, А. И. Лычак, Р. В. Горбунов // Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века. – Симферополь, 2010. – С. 266–275.
35. Геоэкология Украинского сектора глубоководной зоны Черного моря / В. А. Емельянов, А. А. Пасынков, Л. А. Пасынкова, Л. А. Прохорова; отв. ред. А. Ю. Митропольский; – К. : Академперіодика, 2012. – 349 с.
36. Гирс А. А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов / А. А. Гирс. – Л. : Гидрометеиздат, 1974. – 280 с.
37. Гольдин Б. М. Некоторые данные о селевых паводках в Крыму / Б. М. Гольдин, Б. Н. Иванов // Известия Крымского отдела Географического общества СССР. – 1958. – Вып. 5. – С. 105–127.
38. Гольдин Б. М. Характеристики крымских селей и метеогидрологические условия их формирования / Б. М. Гольдин // Селевые потоки и горные русловые процессы. – Ереван: Изд-во АН Армянской ССР, 1968. – С. 231–234.
39. Голубев В. Н. К изучению эколого-биологической структуры растительности Крыма / В. Н. Голубев // Оптимизация окружающей среды и интенсификация растениеводства: сб. научн. тр. – Ялта, 1987. – Т. 101. – С. 23–26.
40. Голубев Г. Н. Геоэкология / Г. Н. Голубев. – М. : Геос, 1999. – 338 с.

41. Горбунов Р. В. Собственная диссимметрия склоновых локальных ландшафтных комплексов / Р. В. Горбунов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – Вып. 4. – С. 157–173.
42. Горбунов Р. В. Водный баланс на локальном уровне / Р. В. Горбунов, А. В. Зуев, В. О. Смирнов // Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация. – Симферополь, 2011. – С. 125–136.
43. Горшков С. П. Климат, солнечно-земные связи и землепользование / С. П. Горшков, А. В. Кушлин // Мир геоэкологии. – М. : ГЕОС, 2008. – 296 с.
44. Грицевич И. Г. Энергетическая безопасность и проблема изменения климата / И. Г. Грицевич. – М. : WWF, 2006. – 32 с.
45. Григорьев А. А. Предмет и задачи физической географии: (общие принципы изучения структуры физико-географического процесса) / А. А. Григорьев // На методологическом фронте географии и экономической географии. – М. ; Л. : Соцэкгиз, 1932. – С. 45–59.
46. Григорьев А. А. О некоторых основных физико-географических закономерностях / А. А. Григорьев // Известия АН СССР. Серия географ. и геофиз. – 1937. – № 4. – С. 501–517.
47. Григорьев А. А. Закон интенсивности физико-географического процесса / А. А. Григорьев // Известия ВГО. – 1943. – Т. 75, № 1. – С. 3–13.
48. Григорьев А. А. Основы теории физико-географического процесса / А. А. Григорьев // Труды II Всесоюзного географического съезда. – 1948. – Т. 1. – С. 249–257.
49. Григорьев А. А. Закономерности строения и развития географической среды / А. А. Григорьев – М. : Мысль, 1966. – 382 с.
50. Гришанков Г. Е. Ландшафтно-типологические комплексы равнинного и предгорного Крыма, как основа рационального ведения сельскохозяйственного производства / Г. Е. Гришанков // Природные условия

и естественные ресурсы Крыма, пути их рационального использования: материалы конференции. – Симферополь, 1969. – С. 54–56.

51. Гришанков Г. Е. Парагенетическая система ландшафтных зон Крыма / Г. Е. Гришанков // Вопросы географии. – 1977. – Вып. 104. – С. 128–139.

52. Гришанков Г. Е. Введение в физическую географию. Предмет и метод / Г. Е. Гришанков. – К. : О-во Знания, – 2001. – 251 с.

53. Джаошвили Ш. Реки Черного моря [техн. отчет] / Ш. Джаошвили; под общ. ред. проф. И. Хомерики. – 2003. – 58 с.

54. Дзердзеевский Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов / Б. Л. Дзердзеевский, З. М. Курганская, З. М. Витвицкая // Труды НИУ ГУГМС. – М. : Гидрометеиздат, 1946. – 80 с.

55. Дзердзеевский Б. Л. Типизация циркуляционных механизмов в северном полушарии и характеристика синоптических сезонов / Б. Л. Дзердзеевский, В. М. Курганская, З. М. Витвицкая // Тр. н.-и. учреждений. Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. – Вып. 21. Центральный институт прогнозов. – М. ; Л. : Гидрометиздат, 1946. – 80 с.

56. Дзердзеевский Б. Л. Общая циркуляция атмосферы и климат: избранные труды / Б. Л. Дзердзеевский. – М., 1975. – 286 с.

57. Дидух Я. П. Растительный покров Горного Крыма / Я. П. Дидух. – К. : Наукова думка, 1992. – 294 с.

58. Драган Н. А. Почвенные ресурсы Крыма / Н. А. Драган. – Симферополь : ТНУ, 2002. – 140 с.

59. Драган Н. А. Почвенные ресурсы Крыма и их рациональное использование / Н. А. Драган. – Симферополь : Доля, 2004. – 208 с.

60. Докучаев В. В. Русский чернозем: Отчет Вольн. Экон. о-ву / В. В. Докучаев. – СПб. : Вольн. Экон. о-во, 1883. – 376 с.

61. Дублянская Г. Н. Теоретические основы изучения парагенезиса карст-подтопления / Г. Н. Дублянская, В. Н. Дублянский. – Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 1998. – 204 с.
62. Дублянский В. Н. Карстовые пещеры и шахты горного Крыма / В. Н. Дублянский. – Л. : Наука, 1977. – 182 с.
63. Дублянский В. Н. Карстовая республика (Карст Крыма и его проблемы). Приложение к журналу «Полуостров природы» / В. Н. Дублянский, Г. Н. Дублянская. – Симферополь, 1996. – 88 с.
64. Дьяконов К. Н. Теоретические положения и направления исследований современного ландшафтоведения / К. Н. Дьяконов, Ю. Г. Пузаченко // География, общество, окружающая среда. Том II. Функционирование и современное состояние ландшафтов. – М. : Издательский дом Городец, 2004. – С.21–36.
65. Ена В. Г. Заповедные ландшафты Крыма / В. Г. Ена. – Симферополь : Таврия, 1983. – 128 с.
66. Ерыш И. Ф. Оползни Крыма : в 2 ч. / И. Ф. Ерыш, В. Н. Саломатин. – Симферополь : Апостроф, 1999. – Ч. 1: История отечественного оползневедения. – 1999. – 247 с.
67. Ерыш И. Ф. Оползни Крыма : в 2 ч. / И. Ф. Ерыш, В. Н. Саломатин. – Симферополь : Апостроф, 1999. – Ч. 2: Методы изучения оползней. – 1999. – 175 с.
68. Жаков С. И. Происхождение осадков в теплое время года / С. И. Жаков. – Л. : Гидрометиздат, 1966. – 176 с.
69. Жучкова В. К. Природная среда – методы исследования / В. К. Жучкова, Э. М. Раковская. – М. : Мысль, 1982. – 164 с.
70. Залетаев В. С. Структурная организация экотонов в контексте управления / В. С. Залетаев // Экотоны в биосфере. – М. : РАСХН, 1997. – С. 11–29.
71. Земельный фонд Крымской области: стат. сб. / Госкомстат УССР, Крым. обл. упр. статистики. – Симферополь, 1991 – 44 с.

72. Иванов Б. Н. Карбонатный карст Украины и Молдавии / Б. Н. Иванов // Тр. МОИП. – Т. XIVII. – М., 1972. – С. 131–140.
73. Изменение климата: Сб. научн. трудов по материалам междунар. научн.-практ. конф. – М. : Академия, 2007. – 237 с.
74. Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование / А. Г. Исаченко. – М. : Высшая школа, 1991. – 368 с.
75. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / [под ред. К. Т. Логвинова, М. Б. Барабаш]. – Л. : Гидрометеоздат, 1982. – 318 с.
76. Климчук А. Б. Гипогенный спелеогенез, его гидрогеологическое значение и роль в эволюции карста / А. Б. Климчук – Симферополь : ДиАйПи, 2013. – 180 с.
77. Клюкин А. А. Эчки-Даг: путеводитель / А. А. Клюкин, В. В. Корженевский, А. А. Щепинский. – Симферополь : Таврия, 1990. – 128 с.
78. Клюкин А. А. Мониторинг склоновых процессов Карадага / А. А. Клюкин, Д. К. Михаленок // Заповідна справа в Україні. – 1995. – Т. 1. – С. 84–93.
79. Клюкин А. А. Воздействие экстремальных штормов на рельеф и прибрежные сообщества эпибентоса Крыма / А. А. Клюкин, Н. С. Костенко // Гидробиологические исследования в заповедниках. Проблемы заповедного дела. – 1996. – Вып. 8. – С. 140–150.
80. Клюкин А. А. Некоторые особенности формирования селевых потоков в Крыму / А. А. Клюкин // Доповіді НАН України. – 1999. – № 10. – С. 104–107.
81. Клюкин А. А. Баланс наносов в береговой зоне Черного моря у Карадага / А. А. Клюкин // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «География». – 2004. – Т. 17 (56), № 3. – С. 82–90.
82. Клюкин А. А. Экзогеодинамика Крыма / А. А. Клюкин. – Симферополь : Спутник, 2007. – 320 с.

83. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика / А. И. Кобзарь. – М. : Физматлит, 2006. – 816 с.
84. Коломыц Э. Г. Прогнозная оценка зональных ландшафтно-экологических условий в свете предстоящих глобальных изменений климата / Э. Г. Коломыц // География и природные ресурсы. – 1999. – № 3. – С. 5–13.
85. Кондратьев К. Я. Глобальный климат / К. Я. Кондратьев. – СПб. : Наука, 1992. – 359 с.
86. Кононова Н. К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Н. К. Кононова; отв. ред. А. Б. Шмакин; Российская акад. наук, Ин-т географии. – М. : Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
87. Кононова Н. К. Активность селей на территории России и ближнего зарубежья в XXI веке / Н. К. Кононова, И. В. Мальнева // Геориск. – 2012. – С. 48–54.
88. Константинов А. Р. Испарение в природе: 2-ое изд. / А. Р. Константинов. – Гидрометеиздат, Ленинград, 1968. – 532 с.
89. Корженевский В. В. Скальнодубовые леса южного макросклона Главной гряды Крымских гор / В. В. Корженевский // Структура растительности и биоэкология растений Крыма. – Ялта: Никитский ботанический сад. – 1982. – С. 21–29.
90. Котляков В. М. Глобальные изменения климата: антропогенное влияние или естественные вариации? [Электронный ресурс] / В. М. Котляков // Экология и жизнь. – 2001. – № 1. – Режим доступа к журн. : <http://www.ecolife.ru/jornal/ecap/2001-1-3.shtml>.
91. Кочкин М. А. Почвы, леса и климат Горного Крыма и пути их рационального использования / М. А. Кочкин. – М. : Колос, 1967. – 368 с.
92. Красная пещера. Опыт комплексных карстологических исследований: [монография] / В. Н. Дублянский, Б. А. Вахрушев,

Г. Н. Амеличев, Ю. И. Шутов; под общ. ред. проф. В. Н. Дублянского. – М. : Изд-во РУДН, 2002. – 190 с.

93. Краткая географическая энциклопедия / [гл. ред. А. А. Григорьев]. – М. : Советская энциклопедия, 1960. – Т. 1. – 564 с.

94. Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения / А. А. Крауклис. – Новосибирск : Наука, 1979. – 172 с.

95. Курортно-рекреационные учреждения Крыма в 1998 год: стат. сб. / Госкомстат Украины, Гос. комитет статистики АРК – Симферополь, 1999 – 18 с.

96. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1980. – 293 с.

97. Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов юго-восточной части Горного Крыма / [под ред. В. А. Бокова]. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2001. – 136 с.

98. Ландшафтно-экологический стационар Карадагского природного заповедника / [под ред. А. Л. Морозовой, Ю. И. Будашкина, В. А. Бокова]. – Симферополь : Национальная академия наук Украины, 1999. – 103 с.

99. Лычак А. И. Проблема изучения пространственной динамики состояний ландшафтных систем / А. И. Лычак // Проблемы экологии и рекреации Азово-Черноморского региона. – Симферополь : Таврида, 1995. – С. 119–123.

100. Лычак А. И. Карта современных ландшафтов Крыма / А. И. Лычак, Т. В. Бобра // Геополитика и экогеодинамика регионов, 2010. – Вып. 2. – С. 17–23.

101. Львович М. И. Мировые водные ресурсы и их будущее [Текст] / М. И. Львович. – М. : Мысль, 1974. – 446 с.

102. Лущик А. В. Формирование режима подземных вод в районах развития активных геодинамических процессов / А. В. Лущик. – К. : Наукова думка, 1988. – 161 с.

103. Мамай И. И. Динамика и функционирование ландшафтов : учеб. пособ. / И. И. Мамай. – М. : МГУ, 2005. – 138 с.
104. Марш Дж. Человек и природа, или о влиянии человека на изменения физико-географических условий природы / Дж. Марш; [пер. с англ.]. – СПб. : Человек и природа, 1866. – 587 с.
105. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений / Под ред. О. А. Дроздова. – Л.: Гидрометеоздат, 1957. – 492 с.
106. Миланова Е. В. Использование природных ресурсов и охрана природы: учеб. пособие / Е. В. Миланова, А. М. Рябчиков. – М. : Высш. шк., 1986. – 286 с.
107. Михайлов В. Н. Гидрология: учеб. пособие., изд 2-е / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. – М. : Высшая школа, 2007. – 463 с.
108. Мишнев В. Г. Заповедные буковые леса Крыма, их состояние и перспективы / В. Г. Мишнев // Лесоведение. – 1971. – № 1. – С. 24–31.
109. Муравейский С. Д. Роль географических факторов в формировании географических комплексов / С. Д. Муравейский // Вопросы географии. Ландшафтоведение. – М. : Мысль, 1948. – Сб. 9. – С. 95–110.
110. Муратов М. И. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова / М. И. Муратов. – М. : Гос. научно-технич. изд-во лит-ры по геологии и охране недр. – Симферополь, 1960. – 207 с.
111. Никитин Е. П. Объяснение – функция науки / Е. П. Никиткин. – М. : Наука, 1970. – 280 с.
112. Народное хозяйство Крымской области : [стат. сб. / отв. ред. Н. М. Семаков]. – Симферополь : Крымиздат, 1957. – 272 с.
113. Обзор состояния народного хозяйства Крымской АССР: архивные матер. ГА АРК. – Р – 137; оп. 1; д. 148а. – 1925. – 200 с.
114. Олиферов А. Н. Борьба с эрозией и селевыми потоками в Крыму / А. Н. Олиферов. – Симферополь : Крымиздат, 1963. – 92 с.

115. Олиферов А. Н. Меры борьбы с селевыми потоками на территории Украинской ССР (обзор) / А. Н. Олиферов. – М. : ОНТИ ВИЭМС, 1968. – 38 с.
116. Олиферов А. Н. Географические аспекты мелиорации селевых ландшафтов : учеб. пособ. / А. Н. Олиферов. – Симферополь : СГУ, 1982. – 76 с.
117. Олиферов А. Н. Анализ физико-географических факторов селеформирования и ландшафтно-технические противоселевые системы в горных странах юга Европейской части СССР : автореф. дис. на соискан. науч. степени докт. геогр. наук. А. Н. Олиферов. – К. , 1984. – 40 с.
118. Олиферов А. Н. Геоинформационная система «Сели Украины и меры борьбы с ними» / А. Н. Олиферов, А. В. Давыдов // Инженерная география. Инженерно-геоморфологические аспекты: межгос. конф. : тез. докл. – Вологда, 1992. – С. 78–79.
119. Олиферов А. Н. Особенности формирования базы данных ГИС «Реки Крыма» / А. Н. Олиферов, А. В. Давыдов // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «География». – 2002. – Т. 15 (54), № 2. – С. 98–105.
120. Олиферов А. Н. Реки и озера Крыма / А. Н. Олиферов, З. В. Тимченко. – Симферополь : Доля, 2005. – 214 с.
121. Олиферов А. Н. Селевые потоки в Крыму и Карпатах / А. Н. Олиферов. – Симферополь : Доля, 2007. – 175 с.
122. Оцінка кліматичних змін на галузь економіки України / [под ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового]. – Одеса : Екологія, 2011. – 696 с.
123. Парубец О. В. Образование оползней как экогеодинамический процесс / О. В. Парубец // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь, 2008. – Т. 21 (60), № 2. – С. 265–268.

124. Парубец О. В. Изменение климата в Крыму / О. В. Парубец // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь, 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 88–96.

125. Парубец О. В. Влияние орошения на температуру воздуха (на примере Крымского полуострова) / О. В. Парубец, П. С. Калиновский // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. Симферополь, – 2009. – Вып. 19. – С. 191–195.

126. Парубец О. В. Влияние орошения на приземную температуру воздуха и АВС-метод / О. В. Парубец // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Симферополь, – 2010. – Т. 23 (62), № 1. – С. 61–68.

127. Парубец О. В. Этапы социально-хозяйственной деятельности / О. В. Парубец // Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века. – Симферополь, 2010. – С. 110–114.

128. Парубец О. В. Система хозяйствования как фактор трансформации физико-географических процессов в Крыму в XX – XXI веках / О. В. Парубец // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. Симферополь, – 2010. – Вып. 3 (22). – С. 155–166.

129. Парубец О. В. Периодизация хозяйственной деятельности в Крымском регионе в XX веке – начале XXI века / В. А. Боков, О. В. Парубец, И. В. Глущенко // Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация. – Симферополь, 2011. – С. 7–15.

130. Парубец О. В. Изменение стока р. Салгир в связи с изменением климатических условий и структуры земельного баланса в пределах водосбора / О. В. Парубец // Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация. – Симферополь, 2011. – С. 86–95.

131. Петлин В. Н. Закономерности организации ландшафтных фаций : автореф. дис. на соискан. науч. степени докт. геогр. наук. В. Н. Петлин. – Одесса, 1999. – 33 с.

132. Пивоварова З. И. Радиационные характеристики климата СССР / З. И. Пивоварова. – Л. : Гидрометеиздат, 1977. – 336 с.
133. Поверхностные водные объекты Крыма: справочник / [под ред. З.В. Тимченко]. – Симферополь : Доля, 2007. – 218 с.
134. Погода в 243 странах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rp5.ru>.
135. Подгородецкий П. Д. Крым: Природа: справ. изд. / П. Д. Подгородецкий. – Симферополь : Таврия, 1988. – 192 с.
136. Поздняков А. В. Самоорганизация в развитии форм рельефа / А. В. Поздняков, И. Г. Черванев; отв. ред. Л. Н. Ивановский; АН СССР, Дальневост. отд-ние, Амур. комплекс. НИИ. – М. : Наука, 1990. – 202 с.
137. Позаченюк Е. А. Введение в геоэкологическую экспертизу : междисциплинарный подход, функциональные типы, объектные ориентации / Е. А. Позаченюк. – Симферополь, 1999. – 413 с.
138. Позаченюк Е. А. Территориальное планирование / Е. А. Позаченюк. – Симферополь : Доля, 2003. – 287 с.
139. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / [Позаченюк Е. А., Шумский В. М., Лесов А. М. и др.]; под ред. Е. А. Позаченюк. – Симферополь : Бизнес-информ, 2009. – 668 с.
140. Поляков А. Ф. Особенности рекреационного лесопользования в горных курортных районах Крыма / А. Ф. Поляков // Лесоведение. – 1993. – № 4. – С. 50–57.
141. Посохов П. П. Экологический очерк лесов Горного Крыма / П. П. Посохов // Ботанический журнал. – 1961. – № 4. – С. 505–528.
142. Преображенский В. С. Беседы о современной физической географии / В. С. Преображенский. – М. : Наука, 1972. – 127 с.
143. Природа Карадага / [под ред. А. Л. Морозова, А. А. Вронский]. – К. : Наукова думка, 1989. – 324 с.
144. Прогноз экзогенных геологических процессов на Черноморском побережье СССР / [под ред. А. И. Шеко]. – М. : Недра, 1979. – 239 с.

145. Региональные справочники по климату, ориентированные на особенности социально-экономических факторов регионов [Электронный ресурс]: / ВНИИГМИ – МЦД, 2009. – Режим доступа: http://meteo.ru/climate/cl_reg.php.

146. Ресурсы поверхностных вод СССР: в 20 т. / [ред. М. С. Каганер]. – Л. : Гидрометеиздат, 1966. – Т. 6 : Украина и Молдавия, Вып. 4 : Крым. – 344 с.

147. Ретеюм А. Ю. Земные миры / А. Ю. Ретеюм. – М. : Мысль, 1988. – 268 с.

148. Ретеюм А. Ю. Периодические возмущения среды, прогнозирование и планирование / А. Ю. Ретеюм // Экологическое планирование и управление. – 2007. – № 4 (5). – С. 4 – 13.

148а. Ретеюм А. Ю. Климат Крыма в прошлом, настоящем и будущем / А. Ю. Ретеюм // Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX-начале XXI века. – Симферрополь: Доля, 2010. – С.67-88.

149. Романова Э. П. Современные ландшафты Европы / Э. П. Романова. – М. : Изд-во Моск. уни-та, 1997. – 312 с.

150. Рубинштейн Е. С. Современное изменение климата / Е. С. Рубинштейн, Л. Г. Полозова. – Л. : Гидрометеиздат, 1966. – 268с.

151. Рябчиков А. М. Структура и динамика геосферы / А. М. Рябчиков. – М. : Мысль, 1972. – 223 с.

152. Сведения о численности населения Крыма за период с 1897 по 1941 год: архивные матер. ГА АРК. – Р – 137; оп. 9; д. 14. – 1941. – 72 с.

153. Смирнов В. О. Радиационный, тепловой и водный баланс лесных экосистем / В. О. Смирнов // Геополитические и географические проблемы Крыма в многовекторном измерении Украины. – Симферрополь, 2004. – С. 258–260.

154. Симонов Ю. Г. Проблемы регионального географического прогноза: состояние, теория и методы / Ю. Г. Симонов. – М. : Наука, 1982. – 264 с.

155. Солнцев В. Н. Системная организация ландшафтов / В. Н. Солнцев.– М. : Мысль, 1981. – 239 с.
156. Сорохтин О. Г. Эволюция и прогноз изменений глобального климата Земли / О. Г. Сорохтин. – М. : Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2006. – 88 с.
157. Соцкова Л. М. Водный баланс и водные ресурсы / Л. М. Соцкова // Трансформация структуры водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века и ее оптимизация. – Симферополь, 2011. – С. 36–52.
158. Сирик В. Ф. Охрана вод / В. Ф. Сирик, Л. М. Соцкова, Н. И. Снегур. – Симферополь : Таврический экологический институт, 1999. – 105 с.
159. Статистический справочник народного хозяйства и культуры Крымской АССР / Управление народно-хозяйственного учета Крымской АССР. – Симферополь, – 1936.
160. Тимченко З. В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма / З. В. Тимченко. – Симферополь : ДОЛЯ, 2002. – 152 с.
161. Тимченко И. Е. Системный менеджмент и АВС-технологии устойчивого развития / И. И. Тимченко, Е. М. Игумнова, И. Е. Тимченко. – Севастополь : ЭКОСИ–Гидрофизика, 2000. – 225 с.
162. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX веке – начале XXI века / [под ред. В.А. Бокова]. – Симферополь : Доля, 2010. – 304 с.
163. Фокина Н. А. Антропогенные факторы абразии / Н. А. Фокина // Строительство и техногенная безопасность.– 2006. – Вып. 15–16. – С. 136–142.
164. Ханвел Дж. Методы географических исследований / Дж. Ханвел, М. Ньюсон. Вып. 2. Физическая география. – М. : Прогресс, 1977. – 290 с.
165. Харвей Д. Научное объяснение в географии / Д. Харвей. – М. : Прогресс, 1974. – 502 с.

166. Холопцев А. В. Прогнозирование климатических норм среднегодовых температур приземного слоя атмосферы на Южном берегу Крыма с использованием метода множественной регрессии [Электронный ресурс] / А. В. Холопцев, О. В. Парубец // Исследования в области естественных наук. – 2014. – № 8. – Режим доступа к журн. : <http://science.snauka.ru/2014/08/8311>.

167. Холопцев А. В. Анализ и прогноз природных составляющих современной пространственно-временной изменчивости ландшафтных комплексов равнинной Украины : автореф. дис. на соискан. науч. степени докт. геогр. наук. А. В. Холопцев. – Одесса : Б.в., 2010. – 44 с.

168. Цветков М. А. Изменение лесистости европейской России в конце XVII столетия по 1914 г. / М. А. Цветков. – М. : Изд-во АН СССР, 1957. – 211 с.

169. Шумский В. М. Хозяйственный комплекс / В. М. Шумский // Современные ландшафты Крыма и сопредельных территорий; под ред. Е. А. Позаченюк. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2009. – С.141–164.

170. Юдин В. В. Геодинамика Крыма и последствия землетрясений / В. В. Юдин // Геодинамические исследования в Украине. – К. : Изд. АНУ, 1995. – С. 36–44.

171. Юдин В. В. Геодинамика Черноморско-Каспийского региона: монография / В. В. Юдин. – К. : УкрГГРИ, 2007. – 117 с.

172. Юдин В. В. Геодинамика Крыма / В. В. Юдин. – Симферополь : ДиАйПи, 2011. – 331 с.

173. Юровский Ю. Г. Гидрогеология прибрежной зоны / Ю. Г. Юровский, И. М. Байсарович. – Симферополь : ДиАйПи, 2005. – 180 с.

174. Экологический энциклопедический словарь / [ред. И. И. Дедю]. – Кишинев : Главная редакция Молдавской советской энциклопедии, 1989. – 406 с.

175. Яцухно В. М. Формирование агроландшафтов и охрана природной среды / В. М. Яцухно, Ю. Э. Мандер. – Минск : Институт геологических наук АНБ, 1995. – 122 с.
176. Davis W. M. The physical geography of the lands / W. M. Davis // Popular Sci. – 1900. – Vol. 57. – P. 157–170.
177. European Climate Assessment & Dataset [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eca.knmi.nl>.
178. Goddard Space Flight Center [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://data.giss.nasa.gov/modelforce/strataer>.
179. Gregory K. J. The Nature of Physical Geography / К. J. Gregory. – London : Edward Arnold, 1985. – 384 с.
180. Landscheidt T. Solar oscillations, sunspot cycles, and climatic change / T. Landscheidt // Weather and climate responses to solar variations. – Boulder : Associated University Press, 1983. – P. 293–308.
181. Landscheidt T. Solar activity: A dominant factor in climate dynamics [Электронный ресурс] / T. Landscheidt. – 1998. – Режим доступа: <http://www.john-daly.com/solar/solar.htm>.
182. The landscape levels of continents and geographic zonality / G. E. Grishankov // – Soviet Geography. 1961. – Vol. 14 – P. 61–77.