



ГОРБУНОВ Роман Вячеславович

Доктор географических наук, директор ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН». Геоэколог, ландшафтовед, специалист в области изучения структуры, функционирования и динамики ландшафтов, реакции ландшафтов на изменения климата. Действительный член Русского географического общества, Общества почвоведов имени В.В. Докучаева, Международной ассоциации ландшафтной экологии. Заслуженный деятель науки и техники Республики Крым. Автор более 200 научных публикаций.

ISBN 978-5-907533-64-6



9 785907 533646

Р. В. ГОРБУНОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Р. В. Горбунов

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

на примере Крымского полуострова

Москва
2022

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

Р. В. Горбунов

**ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ И ДИНАМИКА
РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ
В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА
(НА ПРИМЕРЕ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА)**



Москва 2022

УДК [911.52:551.583](292.471)"19/20"
ББК 20.1+26.237
Г67

Рецензенты:

Сухова Мария Геннадьевна, доктор географических наук, доцент,
Горно-Алтайский государственный университет

Позаченюк Екатерина Анатольевна, доктор географических наук, профессор,
Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского

Горбунов Р. В.

Г67 Функционирование и динамика региональных геоэкосистем в условиях изменения климата (на примере Крымского полуострова) / Р. В. Горбунов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2022. – 191 с.
ISBN 978-5-907533-64-6

В работе на основе теоретических и теоретико-методологических подходов геоэкологии и ландшафтной экологии разработаны научные основы оценки трансформации процессов функционирования и динамики геоэкосистем в условиях региональных проявлений изменения климата. Разработан методический аппарат для оценки реакции геоэкосистем на региональные проявления изменения климата. На примере Крымского полуострова изучены природные и антропогенные предпосылки функционирования и динамики региональных геоэкосистем в условиях изменения климата. Выполнен анализ изменения климата в Крыму в XX – начале XXI в. на основе представлений о циркуляционных эпохах и периодах Северного полушария. Проанализированы изменения в функционировании и динамике региональных геоэкосистем в условиях климатических изменений.

Монография предназначена для специалистов в области геоэкологии, ландшафтоведения, региональной климатологии, а также для студентов и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК [911.52:551.583](292.471)"19/20"
ББК 20.1+26.237
Г67

Рекомендовано к печати ученым советом
ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
(протокол № 11 от 19.08.2022 г.)

ISBN 978-5-907533-64-6

© Горбунов Р. В., 2022.
© ООО «КМК», издание, 2022.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	5
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ДИНАМИКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ.....	8
1.1. История и современное состояние исследований функционирования и динамики региональных геоэкосистем.....	8
Этап 1. Первичные исследования в области экологии – формирование экологии как науки, формирование представлений о функционировании природных систем.....	8
Этап 2. Обобщение накопленных знаний и углубление представлений о функционировании природных систем.....	9
Этап 3. Развитие идей о функционировании геоэкосистем на планетарном, региональном и локальном уровне.....	9
Этап 4. Современные исследования.....	11
1.2. Исследование функционирования и динамики региональных геоэкосистем Крыма.....	21
1.3. Теоретико-методологические аспекты исследования функционирования и динамики геоэкосистем в условиях климатических изменений.....	24
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	30
2.1. Методика изучения пространственно-временной динамики полей основных метеоэлементов на региональном уровне в условиях климатических изменений.....	30
2.2. Методика изучения функционирования региональных геоэкосистем в условиях климатических изменений.....	38
2.3. Методика анализа межгодовой динамики региональных геоэкосистем в условиях изменения климата.....	42
2.3.1. Методика изучения пространственно-временной динамики характеристик экологических ниш региональных геоэкосистем.....	42
2.3.2. Методика анализа пространственно-временной динамики продуктивности региональных геоэкосистем.....	43
РАЗДЕЛ 3. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА.....	48
3.1. Географическое положение.....	48
3.2. Геолого-геоморфологическое строение.....	48
3.3. Климат.....	61
3.4. Поверхностные и подземные воды.....	68
3.5. Почвенный покров.....	77
3.6. Растительный и животный мир.....	83
3.7. Ландшафтная структура.....	86
РАЗДЕЛ 4. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В КРЫМУ.....	89
4.1. Пространственно-временная динамика температуры воздуха.....	89
4.2. Пространственно-временная динамика атмосферных осадков.....	92
РАЗДЕЛ 5. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА.....	97
5.1 Изменение элементов радиационного баланса.....	97
5.1.1. Геоэкосистемы Горного Крыма.....	97
5.1.2. Геоэкосистемы Равнинного Крыма.....	110
5.2. Изменение температуры воздуха.....	114
5.2.1. Геоэкосистемы Горного Крыма.....	116
5.2.2. Геоэкосистемы Равнинного Крыма.....	121
5.3. Изменение количества атмосферных осадков.....	124
5.3.1. Геоэкосистемы Горного Крыма.....	127
5.3.2. Геоэкосистемы Равнинного Крыма.....	133

РАЗДЕЛ 6. ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	136
6.1. Пространственно-временная динамика характеристик экологических ниш региональных геоэкосистем	136
6.2. Пространственно-временная динамика продуктивности региональных геоэкосистем	151
6.2.1. Динамика продуктивности	151
6.2.2. Связь продуктивности с динамикой гидротермических условий.....	162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	171
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	173

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из самых обсуждаемых научных проблем является проблема глобального изменения климата. Этому вопросу посвящено множество публикаций, направленных как на исследование причин климатических изменений, так и последствий этих изменений. Среди основных работ, интегрирующих знания по данному вопросу, следует упомянуть доклады группы IPCC, посвященные всестороннему изучению как причин, так и последствий климатических изменений. Не вступая в дискуссию о причинах климатических изменений, следует отметить справедливость подходов как в международном, так и в национальном менеджменте, направленных на поиск механизмов адаптации всей системы природопользования к изменяющимся условиям среды. Рост температуры воздуха на планете запустил процессы трансформации такой силы, что они вызывают перестройку всей системы экогеодинамических процессов в ландшафтной сфере Земли. Реакция геоэкосистем на климатические изменения проявляется в изменении процессов трансформации вещества и энергии, то есть речь идет об изменении их функционирования, что в итоге приводит к формированию различных стратегий их развития – от усложнения до упрощения структуры. Вместе с тем такие изменения всегда имеют региональный аспект, а хозяйственная деятельность, связанная со сферами производства, как правило, реализуется на региональном и локальном пространственных масштабах. То есть можно и совершенно справедливо говорить о том, что именно на региональном и локальном уровнях происходят процессы, вызывающие необходимость адаптации системы природопользования к региональным проявлениям глобальных климатических изменений. При этом речь идет о природопользовании в широком понимании – от системы производства до сохранения биологического и ландшафтного разнообразия.

Таким образом, соотношение процессов функционирования с климатическими изменениями позволяет выявлять тенденции в динамике региональных геоэкосистем и, соответственно, разрабатывать научно обоснованные рекомендации по адаптации системы природопользования к изменяющимся условиям среды.

Текущий период исследований в области функционирования и динамики геоэкосистем является достаточно насыщенным с точки зрения проводимых работ, научных направлений, используемых методологических подходов и парадигм. Работы в данном направлении лежат на стыке географической и биологической науки и тесно переплетены в геоэкологических, ландшафтно-экологических и эколого-биологических исследованиях геоэкосистем.

Данная работа базируется на теоретико-методологических разработках в области экологии и ландшафтной экологии, в которых формулируется как теоретический аппарат, так и методологический и методический подходы к исследованию функционирования и динамики геоэкосистем.

Вопросам изучения изменения климата в Крыму посвящены работы [38; 42; 44; 46–59; 95; 125; 128; 141; 144; 152; 155; 176; 185; 246; 247; 250; 252; 261;

273; 275; 280; 282; 288; 289; 291; 292; 296 и др.]. В них показано, что изменение климата в Крыму характеризуется наличием регионального аспекта, связанного с неравномерностью и разнонаправленностью протекающих процессов в различных его регионах, что обусловлено спецификой ландшафтной дифференциации территории полуострова. Показано, что изменение климата в Крыму проявляется в целом в повышении температуры воздуха, росте континентальности и увеличении количества осадков, причем за счет увеличения ливневых осадков, что приводит к формированию условий для внутриландшафтной дифференциации и к развитию ландшафтов на всех пространственных уровнях организации. Ряд публикаций посвящен вопросам изучения реакции геоэкосистем на климатические изменения. Среди них следует отметить работы [45; 92; 142; 143; 241; 246; 247; 290], иллюстрирующие отдельные аспекты данного вопроса. В то же время при наличии достаточно большого количества публикаций, посвященных изучению изменения климата в Крыму, в настоящее время практически отсутствуют работы, направленные на системное изучение реакции геоэкосистем на климатические изменения, что определяет актуальность данного исследования.

Сформулированная актуальность и степень изученности темы определяют цель исследования – на основе теоретических и теоретико-методологических подходов геоэкологии и ландшафтной экологии разработать научные основы оценки трансформации процессов функционирования и динамики геоэкосистем в условиях региональных проявлений изменения климата, биологического разнообразия геоэкосистем с целью осуществления оценки их уязвимости к изменению климата и антропогенной деятельности, и их реализация на примере Крымского полуострова.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Выполнить анализ изученности вопроса функционирования и динамики геоэкосистем. Сформулировать теоретико-методологические основы изучения функционирования и динамики геоэкосистем в условиях климатических изменений.

2. Разработать методический аппарат для оценки реакции геоэкосистем на региональные проявления изменения климата.

3. На примере Крымского полуострова изучить природные и антропогенные предпосылки функционирования и динамики региональных геоэкосистем в условиях изменения климата.

4. Выполнить анализ изменения климата в Крыму в XX – начале XXI в. на основе представлений о циркуляционных эпохах и периодах Северного полушария.

5. Проанализировать изменение функционирования региональных геоэкосистем в условиях климатических изменений.

6. Выполнить анализ динамики характеристик экологических ниш и продуктивности региональных геоэкосистем Крымского полуострова как интегральных показателей динамики ландшафтов.

Автор выражает благодарность члену-корреспонденту РАН, доктору сельскохозяйственных наук Плугатарю Юрию Владимировичу за поддержку и помощь на всех стадиях проведения исследования; доктору географических наук, профессору Бокову Владимиру Александровичу за многолетнюю поддержку, консультации и конструктивную критику работ; Щербине Андрею Дмитриевичу за постоянное моральное стимулирование; сотрудникам Карадагской научной станции имени Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН, научно-исследовательского центра геоматики Института биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН за помощь в проведении многолетних полевых исследований, совместные работы в области моделирования региональных проявлений изменения климата, реакции геозкосистем на эти изменения. Особую благодарность хотелось бы выразить кандидату географических наук Горбуновой Татьяне Юрьевне, моей супруге, за терпение и мужество на всех стадиях написания этой работы.

РАЗДЕЛ 1.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ДИНАМИКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ

1.1. История и современное состояние исследований функционирования и динамики региональных геоэкосистем

Развитие представлений о функционировании и динамике геоэкосистем (ландшафтов) происходило параллельно как в географии, так и в биологии. Поэтому для анализа развития представлений о функционировании и динамике геоэкосистем следует обратиться и попытаться скоординировать результаты исследований как в области географических, так и в области биологических наук.

Рассмотрим основные исторические этапы формирования представлений о функционировании и динамике геоэкосистем в ретроспективном анализе.

Этап 1. Первичные исследования в области экологии – формирование экологии как науки, формирование представлений о функционировании природных систем

Первый этап, естественно, будет связан с периодом зарождения и формирования экологии как науки. Здесь важное значение имеют работы основоположников экологии как науки, посвященные исследованию экологии сообществ и организмов. Однако для нас на данном этапе представляют наибольший интерес труды, посвященные функционированию геоэкосистем и заключающиеся в интеграции разрозненных знаний смежных наук (биологии, географии, химии, сельскохозяйственных и технических наук).

Первичные идеи о функционировании природы, безусловно, заложены в работах ученых – основоположников экологического учения XVIII – начала XIX веков. Это, прежде всего, К. Линней, Ж. Б. Ламарк, Ж. Л. Бюффон, А. Гумбольдт, Г. Р. Тревиранус, А. Декандоль, Ж. Б. Буссенго, Ю. Либих, А. Гризебах, К. Ф. Рулье, Т. Мальтус, П.-Ф. Ферхюльст, Ч. Дарвин, Э. Геккель, Ж. Э. Реклю, Л. И. Мечников, П. Видаль де ла Блаш, Дж. Марш, В. В. Докучаев, А. И. Воейков и др.

На данном этапе были заложены фундаментальные законы экологии, которые и определяют функционирование природных систем, происходило формирование знаний о взаимосвязях в природных системах как отражения функционирования данных систем.

Логичным завершением данного этапа является оформление основного категорийного аппарата экологии как науки. Возможно считать, что краткое «резюме» научных исследований в рамках данного этапа дал Э. Геккель в 1866 г., определив категорию экологии как науки. Классик экологии для раскрытия сущности функционирования природных систем использовал тер-

мин «физиология взаимоотношений», подчеркивая, что экология – это наука об отношениях организмов и окружающей среды. При этом для определения окружающей среды применялся термин «условия существования» органической и неорганической природы. В этом определении и подчеркивается основное значение функционирования природных систем в организации экологических знаний.

Этап 2. Обобщение накопленных знаний и углубление представлений о функционировании природных систем

С точки зрения временного промежутка данный этап охватывает конец XIX – начало XX века. За точку отсчета данного периода можно принять 1877 г., а событием, положившим ему начало, может выступать крайне важное обобщение знаний в сфере экологии, осуществленное К. Мебиусом. Речь идет об учении о биоценозе как совокупности живых существ в пределах одной территории, тесно связанных между собой. По сути, в данном учении было обобщено и закреплено представление о функционировании природных комплексов на основе взаимосвязи их компонентов, которое впоследствии получило развитие до уровня современного понимания геоэкологических взаимодействий.

Развитие представлений о функционировании природных систем на данном этапе также связано с множеством имен знаменитых ученых-экологов. Среди них отметим Ф. Клементса, С. И. Коржинского, Ч. Элтона, Дж. Гринелла, А. Лотку, Г. Ф. Гаузе, Л. Г. Раменского, Г. А. Глисона, Э. Хантингтона, В. В. Докучаева, В. И. Вернадского, Г. Ф. Морозова, Е. В. Вульфа, Н. Н. Клепинина, А. А. Григорьева, Л. С. Берга, В. Н. Сукачева, Г. Н. Высоцкого и многих других.

На данном этапе были сформированы представления о сукцессии сообществ и взаимосвязи растительного покрова и климатических факторов, представление об экологической нише, растительном континууме, первичные представления об инвайронментализме, учении о лесе и его влиянии на гидрологический режим, фитоценозе. Параллельно представлениям об геоэкологии идет развитие представлений о ландшафте, его морфологической структуре.

Логичным завершением данного этапа выступает 1935 г., когда А. Тенсли выдвинул общепринятый теперь термин «экосистема». Для нашего исследования в определении основного термина современной экологии имеет значение то, что автор подчеркивает факт, что функционирование в геоэкологии осуществляется за счет круговорота веществ и энергии. Таким образом, на данном этапе раскрываются уже конкретные механизмы функционирования геоэкологии, а представления о данных взаимодействиях выходят на региональный уровень.

Этап 3. Развитие идей о функционировании геоэкологии на планетарном, региональном и локальном уровне

Данный период охватывает временной промежуток с середины XX в. до начала XXI в. и является, пожалуй, самым продуктивным этапом с точки зре-

ния развития теоретических и методологических основ изучения функционирования и динамики геоэкосистем. Именно на данном этапе формируются представление о динамике геоэкосистем и современные предпосылки изучения данного вопроса. Именно на этом этапе В.Б. Сочава вводит представление о геосистеме, как независимо от ее размерности иерархически организованном целом, состоящим из взаимосвязанных компонентов природы, подчиняющихся закономерностям, действующим в географической оболочке или в ландшафтной сфере; земном пространстве всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом [239].

Историография данного вопроса заслуживает отдельного исследования в связи с многогранностью аспектов методологии и практики изучения геоэкосистем на данном этапе, многообразием научных школ и известных ученых, их представляющих.

Отдельно выделим научные направления, посвященные развитию представлений об экологии и учения о ноосфере. В данный период развитие получили идеи великих философов-экологов 1920-х гг. – В.И. Вернадского, П. Тейяра де Шардена и Э. Леруа. Среди авторов отметим А. Л. Яншина, Н. Н. Моисеева, В. П. Казначеева, В. А. Зубакова, А. В. Кузнецова, А. И. Субетто и др. Значимость данного направления с точки зрения функционирования и динамики геоэкосистем носит перспективный характер и имеет концептуальное значение.

На данном этапе публиковались и работы по изучению функционирования геоэкосистем на глобальном уровне. Во многом это связано с изучением аспектов моделирования глобальных экологических процессов и моделей, например, климатических. Среди авторов отметим Н. Н. Моисеева, В. А. Александрова, А. М. Тарко, М. И. Будыко, Г. С. Голицына, Ю. А. Израэля.

Отметим, что весомый вклад в изучение функционирования геоэкосистем внесен современными классиками отечественного ландшафтоведения, что обусловлено смежностью научных знаний в сфере геоэкологии и экологии ландшафта.

Исследования в области ландшафтной экологии 30–40 лет назад носили как прикладной, так и теоретический характер, и на сегодня они позволяют сформулировать основные положения функционирования и динамики ландшафта. Среди авторов отметим А. Г. Исаченко, Д. Л. Арманда, В. А. Николаева, А. Д. Арманда, А. Ю. Ретеюма, К. Н. Дьяконова, И. Г. Черванева, В. А. Боккова, Г. Е. Гришанкова, А. Н. Ласточкина, В. И. Данилова-Данильяна, М. А. Глазовскую, М. Д. Гродзинского, Б. Б. Родомана, Б. Б. Перельмана, Ю. Л. Раунера, А. А. Крауклиса, Е. Н. Романову, Э. Г. Коломыца, В. Н. Солнцева, В. Б. Сочаву, Н. Л. Беручашвили, Н. Ф. Реймерса, Ф. Н. Милькова и др.

Данные ученые являются представителями различных школ и направлений в отечественном ландшафтоведении. Их работы крайне разнообразны и охватывают вопросы структуры и организации ландшафта. Присутствуют

и прикладные работы в области территориального планирования, охраны окружающей среды, изучения антропогенных и культурных ландшафтов.

Многие положения ландшафтоведения данного временного промежутка крайне тесно переплетаются и дополняют общую теорию геоэкосистем. Провести четкую грань между экологическими и ландшафтными исследованиями в данном периоде достаточно затруднительно, и, в целом, – это нерационально.

Этап 4. Современные исследования

Текущий период исследований в области функционирования и динамики геоэкосистем является достаточно насыщенным с точки зрения проводимых работ, научных направлений, используемых методологических подходов и парадигм.

Работы в данном направлении лежат на стыке географической и биологической науки и тесно переплетены в геоэкологических, ландшафтно-экологических, эколого-биологических исследованиях природных систем. Отметим, что к настоящему времени сформировались крупные зарубежные и отечественные школы в данной области, работают крупные научно-исследовательские учреждения и научные коллективы, ведутся международные и национальные научные проекты.

Рассмотрение современного состояния вопроса начнем с анализа проводимых зарубежных исследований, что позволит сформировать общее представление об общемировых тенденциях и направлениях в изучении функционирования и динамики геоэкосистем.

Обращает на себя внимание широкий спектр публикаций по рассматриваемой тематике в зарубежных изданиях. Приведем лишь наиболее близкие по теме исследований публикации иностранных авторов. Детальный обзор зарубежных работ, а также анализ развития представлений о функционировании и динамике геоэкосистем может рассматриваться как отдельное направление исследований. Проанализируем публикации, наиболее близкие по своему содержанию к данному исследованию, а также работы, связанные с исследованием геоэкосистем, похожих на представленные на территории Крымского полуострова.

Отметим, что дискуссия о сложности изучения функционирования геоэкосистем в зарубежных публикациях поднимается достаточно давно. Четко выделяется вопрос эволюции представлений, связанных с функционированием геоэкосистем.

В качестве одной из первых публикаций в данном направлении в современном периоде отметим работу Дж. Грайма [294], посвященную углублению дискуссии относительно взаимосвязи биоразнообразия и функционирования экосистем; она была опубликована еще в конце 1990-х гг.

Среди теоретических работ выделим публикацию М. Лореау с соавторами [310], анализирующую биоразнообразие и функционирование экосистем

с позиций современных знаний и будущих вызовов. Авторы рассматривают вопрос описания взаимосвязи между видовым разнообразием и экосистемными процессами на региональном уровне во всех типах экосистем и связь экосистемных процессов и абиотических факторов.

Вызывает интерес теоретическая и практическая монография Р. Хобса и К. Садинга [299], посвященная исследованиям динамики экосистем и вопросам моделирования их восстановления и устойчивости. Авторы достаточно глубоко рассматривают вопросы методических подходов к изучению динамики экосистем, а далее, на примере конкретных объектов, приводят результаты исследований особенностей восстановления различных сообществ. Рассматриваются аридные, лесные, степные, саванноидные сообщества, водно-болотные угодья; уделяется большое внимание продуктивности каждой категории экосистем.

Высокое теоретическое значение имеет работа, посвященная сравнению показателей подобия временных рядов для классификации и выявления изменений динамики экосистем [307]. Авторы отмечают, что временные ряды данных дистанционного зондирования или производные индексы растительности и биофизические продукты являются особенно полезными для характеристики динамики наземных экосистем.

Вопросы моделирования динамики и функционирования экосистем также рассмотрены в работе Дж. Блэкфорда, Дж. Аллена и Ф. Гилберта [270]. Авторы на примере шести контрастных участков на основе большого массива эмпирических данных анализируют полученные результаты с использованием методов современного моделирования. Работа проведена на примере экосистем Европы.

С теоретической точки зрения вопросы эколого-эволюционной динамики сообществ и экосистем проанализированы в статье Г. Фуссмана, М. Лореау и П. Абрамса [285]. Авторы рассматривают теоретические и эмпирические исследования для выявления случаев, когда эволюционные процессы существенно влияют на динамику популяций, сообществ и экосистем.

Достаточно полным научным обобщением проблематики функционирования экосистем и их изучения в научных кругах является работа М. Лореау [309]. Автор справедливо подчеркивает, что взаимосвязь между биоразнообразием и функционированием экосистем стала сегодня одной из основных научных проблем. По мере продвижения экспериментов растет потребность в адекватных теориях и моделях для обеспечения надежной интерпретации и обобщения экспериментальных результатов, а также для формулирования новых гипотез.

Оригинальные теоретические идеи выдвигают Дж. Ву и О. Лоукс [354] относительно сдвига парадигмы в идеологии изучения экосистем. Авторы делают акцент на смещении целей современных исследований с балансных исследований функционирования экосистем на изучение динамики их иерархических патчей.

Интерес представляют теоретические работы, посвященные эволюционным вопросам в динамике геоэкосистем. В научном сообществе рассматриваются вопросы последствий коэволюции растений и травоядных для динамики и функционирования экосистем [308], а также вопросы функционального и филогенетического разнообразия экосистем с точки зрения их функционирования [283]; некоторые аспекты данных работ являются весьма значимыми. Опубликованы и чисто биологические работы, рассматривающие компонентные аспекты биологии геоэкосистем. Данные труды разнообразны по году выпуска и периоду исследований [337; 348].

Теоретический интерес представляет работа П. Балванера с соавторами [267], посвященная подходам к количественной оценке воздействия биоразнообразия на функционирование экосистем и экосистемные услуги. Авторы приводят достаточно убедительные экспериментальные данные о взаимосвязи между биоразнообразием и темпами экосистемных процессов.

Среди зарубежных публикаций можно найти крупные научные исследования по проблематике оценки динамики экосистем, географии растений и круговорота углерода в рамках глобальных геоэкосистем. Среди данных трудов отметим публикацию С. Ситча с соавторами [345], ведущих работы в области глобальных вегетационных моделей.

Среди теоретических работ выделим публикацию М. Смит, А. Напа и С. Коллинса [346], посвященную выявлению теоретических основ динамики экосистем в условиях глобальных изменений климата. Авторы подчеркивают значения кумулятивности процессов при развитии экосистем.

Не меньший интерес имеет работа Ф. Массола и Д. Гравела [318]. В публикации приводятся результаты исследования связи динамики сообществ и экосистем через пространственную экологию, уделяется внимание построению трофических цепей как одного из элементов функционирования экосистем.

Обращает на себя внимание публикация Э. Бонд и Дж. Чейза [272], посвященная теоретическим аспектам изучения функционирования экосистем на региональном и локальном пространственных уровнях организации. Авторы предлагают оригинальный метод включения как местных, так и региональных процессов, определяющих биоразнообразие и его последствия для функционирования экосистем.

Присутствуют и экспериментальные исследования взаимосвязи между биоразнообразием и функционированием геоэкосистем, представленные, например, в исследованиях Ш. Наима и Дж. Райта [326]. Авторы подчеркивают важность биоразнообразия для функционирования экосистем на любом пространственном уровне, и прежде всего региональном.

Вопросы структуры, функционирования и динамики аридных экосистем достаточно подробно освещены в работе М. Агиара и О. Сала [260]. Авторы рассматривают вопросы механизмов функционирования и продуктивности аридных экосистем, проводят анализ моделей структуры растительного по-

крова в динамике, основываясь на ландшафтном анализе. Поднимаемые в статье научные аспекты во многом близки к вопросам аридизации ландшафтов Северного Крыма.

В продолжение этих исследований О. Сала, М. Лоик и Дж. Эльрингер [340] рассматривают динамику и функционирование засушливых и полузасушливых экосистем. С точки зрения нашей работы в данных исследованиях интерес представляют пороговые значения при функционировании экосистем. Также важное значение имеют выводы авторов относительно памяти и сезонности в понимании динамики засушливых и полузасушливых экосистем.

Интересной работой в области функционирования экосистем является публикация Ю. Бая с соавторами [263]. В статье рассмотрены вопросы устойчивости экосистем и компенсационные эффекты на пастбищах Внутренней Монголии.

Вопросы роли видов и местообитаний в функционировании прибрежных экосистем отражены в работе С. Хоукинса [297]. Многие выводы данной публикации актуальны и для прибрежных геоэкосистем Крымского полуострова, в особенности в части пограничного положения данных областей в ландшафтной структуре. В продолжение отметим публикацию [351], посвященную показателям устойчивости и оценки восстановления эстуарных экосистем в условиях изменения климата.

Традиционно как среди отечественных публикаций, так и среди зарубежных, представлен большой массив научных исследований, посвященных изучению функционирования геоэкосистем конкретных региональных природных объектов. Число таких зарубежных публикаций за последние 20–30 лет достаточно велико. Отметим лишь некоторые из них – самые интересные, на наш взгляд.

Д. Баэрд и Р. Уланович в своих ранних публикациях посвятили немало времени изучению сезонной динамики экосистем Чесапикского залива в США [266]. Особое внимание при этом уделяется вопросам сезонных тенденций в потоке энергии и трофической динамики экосистем. Двойная природа динамики экосистем подчеркивается в теоретической работе Р. Улановича [349], которая продолжает исследования, приведенные выше.

Отметим достаточно объемную монографию Л. Аббади с соавторами [259], посвященную изучению структуры, функционирования и динамики экосистем саванн. Интерес представляет подход авторов к изучению динамики данных экосистем на основе анализа гидроклиматических параметров. Данная работа перекликается с исследованиями Г. Ванга и А. Эльтахира [352], занимающихся вопросами динамики экосистем саванн и засухами. Авторы рассматривают достаточно существенный временной промежуток исследований – с 1960-х гг. Особое внимание в данной публикации уделяется вопросам геофизики экосистем.

С. Кребс, С. Боутин и Р. Бунстра провели научные исследования по вопросам изучения динамики экосистем бореальных лесов. Авторы в своей ключевой монографии [304] рассматривают особенности сообществ данных

экосистем, особенности структуры сообществ и особенности экосистемной организации в целом.

Нельзя не отметить и труды, посвященные исследованию субтропических лесных геоэкосистем – традиционного объекта изучения, популярного у американских и английских ученых. Пик исследований пришелся на 1980–1990-е гг. Среди работ, посвященных непосредственно динамике данных геоэкосистем, отметим публикацию Дж. Франджи и А. Луго [284].

Традиционными являются работы по изучению геоэкосистем саванн Африки. В качестве примера приведем работу А. Синклеера с соавторами [344]. В ней приведены результаты долгосрочных экологических исследований с целью более глубокого понимания динамики экосистем и вопросов управления. В квазиестественном эксперименте авторы изучили данные многолетнего мониторинга различных компонентов экосистемы Серенгети-Мара и проследили последствия их изменений, причинно-следственные связи между ними.

Эти же авторы имеют и весомые теоретические работы, например, исследования, посвященные пониманию динамики геоэкосистем для сохранения биоты [343]. Авторы отмечают, что экосистемы обладают новыми свойствами более высокого порядка, которые могут влиять на сохранение видов. Авторы определяют некоторые из этих свойств, чтобы упростить их понимание. Отмечается, что экосистемы функционируют во множестве взаимодействующих пространственных и временных масштабов, которые вместе структурируют систему и влияют на динамику отдельных популяций.

Вопросы взаимосвязи лесоводства как хозяйственной отрасли с динамикой геоэкосистем также представляют интерес для зарубежных ученых. Так, например, И. Бергерон и Б. Харвей в своих публикациях рассматривают данную проблему на примере бореальных лесов Квебека [269]. Детально проанализирован вопрос лесовосстановления.

Определенный интерес в условиях Крымского субсредиземноморья могут иметь результаты исследований по моделированию воздействий изменения климата на частоту пожаров и динамику растительности в геоэкосистемах средиземноморского типа [324].

Близкой по тематике к предыдущей публикации является работа по изучению вопросов управления лесным хозяйством и сохранения биоразнообразия на основе динамики природных геоэкосистем в Северной Европе. Т. Куулувайнен [305] отмечает, что раскрытие картины природных характеристик структуры и динамики лесных экосистем свидетельствует о гораздо большем разнообразии, чем их традиционное понимание, что подчеркивает важность динамичных структур древостоя и ландшафта.

Определенную категорию научных исследований и публикаций в зарубежных научных изданиях составляют работы, посвященные мониторингу и полевым исследованиям функционирования и динамики геоэкосистем. Так, предлагается создание системы мониторинга и прогнозирования динамики геоэкосистем с использованием системы TOPS [327].

Среди работ данного направления отметим также публикацию Е. Левина с соавторами [306], содержащую не только мониторинговые, но и геофизические аспекты. Авторы рассматривают взаимосвязь моделей поступления солнечной радиации, интенсивности почвенных процессов и сукцессии лесных экосистем.

Вопросы разработки интегрирующей концепции климатических и экосистемных моделей для функциональных типов ландшафтов рассматриваются в публикации Г. Бонана с соавторами [271]. Обращает на себя внимание работа, посвященная изучению взаимосвязи экогидрологических процессов и экзогенных геолого-геоморфологических процессов и дифференциации растительного покрова как основного компонента экосистем [311].

В отдельную категорию выделим публикации, посвященные дистанционному зондированию и моделированию функционирования и динамики геоэкосистем. История развития ГИС-моделирования функционирования геоэкосистем и их динамики в зарубежных изданиях также крайне обширна.

Н. Петторелли с соавторами [332] рассматривают вопрос использования индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для оценки экологической реакции на изменение окружающей среды. Сегодня данное направление дистанционного зондирования достаточно популярно и распространено в странах СНГ для изучения динамики геоэкосистем.

Среди подобных работ отметим публикации, посвященные оценке потенциала спутниковых данных MODIS для прогнозирования фенологии растительности в различных биомах: исследование с использованием наземных измерений NDVI [298], работы по обнаружению изменений растительности с помощью дистанционного зондирования и ГИС-тематического моделирования [286], работы, посвященные вопросам эффективности использования снимков со спутников Landsat 7 и Landsat 8 с целью дешифрирования растительного покрова [322; 338]. Данные публикации являются относительно новыми и актуальными.

Нельзя не отметить спектр работ, посвященных картографированию геоэкосистем. Традиционно для картографирования геоэкосистем в зарубежных публикациях, равно как и в отечественных, поднимаются вопросы масштабов картографирования, структуры, иерархии геоэкосистем, их функционирования и динамики, классификации. Отметим лишь некоторые труды по данной проблематике [264; 265; 293; 321; 331]. Детальный обзор современных подходов к картографированию геоэкосистем приведен в работе [316].

Естественно, весомую роль в картографировании геоэкосистем играют геоинформационные технологии. Это достаточно популярная тематика с большим числом публикаций и практических примеров. Так, рядом иностранных авторов поднимается вопрос о неопределенности при дистанционном картографировании и геоинформационном моделировании экосистем и ландшафтов [336], разрабатываются технологии для веб-сервисов для картографирования геоэкосистем с использованием экспертного мнения [317], традиционно рассматриваются вопросы геоинформационного карти-

рования для обеспечения деятельности по оказанию экосистемных услуг и обеспечения системы природопользования [279; 312; 315; 319; 334]. К числу классических и крайне важных для нашего исследования отнесем работу по картированию регионального испарения и фотосинтеза лесов путем увязки спутниковых данных с моделированием экосистем [339].

Ожидаемо большинство работ посвящено картографированию геоэкосистем конкретных регионов с использованием различных подходов и методов [268; 302; 313; 314; 325]. Картографирование геоэкосистем, в том числе в функциональном и динамическом аспектах, имеет крайне важное значение при охране природы, природоохранном менеджменте и заповедном деле в целом. Это также подчеркивается в ряде зарубежных публикаций по данной тематике [301; 347].

Среди современных технологий отметим трехмерное лидарное сканирование земной поверхности с целью картографирования структуры и динамики геоэкосистем [276].

Широкий спектр работ посвящен теоретическим и методическим аспектам использования геоинформационных технологий в картографировании и изучении функционирования геоэкосистем. Среди них выделим интересные, на наш взгляд, и глубоко проработанные научные труды по вопросам исследования геоэкосистем и методов ландшафтной экологии [295; 300; 320; 328–330]. В целом данное направление является общедоступным и легко применимым при изучении динамики и функционирования геоэкосистем. Между тем, с методической точки зрения, в настоящее время идет активное развитие геоинформационных технологий и существует большое число нерешенных теоретических, методических и прикладных задач.

Многообразные исследования динамики и функционирования геоэкосистем в мире тесно коррелируют с отечественными работами и, с учетом глобализации современных экологических исследований, во многом актуальны и для отечественной науки. Многие подходы и алгоритмы научных исследований, методология и методы практически тождественны. Детализируем современные направления и подходы в изучении функционирования и динамики геоэкосистем в отечественном научном экологическом пространстве.

В качестве временного промежутка для анализа современных исследований были выбраны последние пять лет. Это обусловлено крайне большим массивом и разнообразием работ в данном направлении. Безусловно, в современный период проводятся глубокие теоретические исследования функционирования и динамики геоэкосистем. Отметим основные фундаментальные теоретические направления.

В сфере ландшафтных исследований фундаментальными можно назвать работы Г. А. Исаченко [97; 99]. На основе крайне обширного эмпирического материала и опыта изучения ландшафтов автор разрабатывает концепцию их многолетней динамики.

К глубоким теоретическим трудам, выводы которых базируются на многолетних стационарных и экспериментальных исследованиях, отнесем работы

М. М. Фартушиной, М. К. Есеналиева, С. Г. Чекалина с соавторами [81; 248; 249], посвященные изучению функционирования экосистем и теоретизации этого вопроса. Отметим, что данные исследования продолжают работы научной школы известного отечественного почвовед В. А. Ковды [113].

Интерес представляют теоретические работы М. В. Зильбермана с соавторами [91; 191], посвященные вопросам функционирования экосистем в рамках динамической модели взаимодействия биомассы и ресурсов. Авторы предлагают достаточно простую к реализации модель, которая позволяет проводить эксперименты по изъятию биомассы и реакции экосистемы на данные воздействия.

В отечественных научных публикациях также уделяется весомое внимание изменению особенностей функционирования и динамики экосистем при колебании и изменении климата. Среди интересных трудов отметим работы Н. Н. Зеленской [86; 88; 89]. Интересные теоретические выводы в своих публикациях делают Н. Н. Зеленская и А. С. Керженцев [87] относительно режимов функционирования степных экосистем. Экосистема традиционно анализируется как единое целое, при этом авторы рассматривают подходы к восполнению утраченных функций степных экосистем. В работах авторов также рассмотрены вопросы функционирования экосистем и потепления климата, затрагиваются вопросы картографирования и анализа устойчивого функционирования лесных экосистем [89].

Одним из теоретических направлений является изучение вопросов нагрузок на геоэкосистемы. Так, теорию формирования критических нагрузок разрабатывают представители научной школы во главе с Н. С. Касимовым [124].

Отдельно отметим широкий спектр публикаций Э. Г. Коломыца, посвященных теоретическим и практическим аспектам ландшафтно-экологического анализа, теории данного анализа и практическим примерам его использования для различных регионов России, дендроиндикации в условиях изменения климата [116–123].

Теоретические вопросы геоэкологического картографирования, в том числе его динамические и функциональные аспекты, рассмотрены в работах С. А. Сладкопеева. Автор справедливо выделяет проблемные вопросы, рассматривает сложность теоретизации данного вопроса, уделяет внимание разнообразию подходов к картографированию в различных научных школах [228; 229].

Теоретическое обобщение материалов проведенных исследований всегда было свойственно отечественным авторам. Отечественные геоэкология и ландшафтоведение и сегодня отличаются более глубокой проработкой теоретических аспектов изучения геоэкосистем. При этом важное внимание всегда уделялось вопросам классификаций и систематизации данных. В данном русле из последних публикаций отметим работу Ю. Г. Пузаченко с соавторами [208]. В русле классификации экосистем и растительного покрова на основе эколого-фитоценотического и эколого-флористического разнообразия лежит работа Н. Г. Беляевой с соавторами [13].

Аналогично зарубежным публикациям, в отечественных традиционно развивается направление лесомелиорации ландшафтов. К сожалению, сегодня оно развивается не так интенсивно в отечественной науке в теоретическом плане, как в 1970–1980-е гг. Среди публикаций данного направления, затрагивающих теорию функционирования искусственных лесных ландшафтов, отметим работы и исследования А. С. Рулева с соавторами [222; 223].

Одним из новых и перспективных подходов к изучению геоэкосистем представляется теоретико-информационный подход при исследовании природных комплексов. Опыту и теории его применения посвящены работы П. С. Петренко [189; 190]. Автор сравнивает в своих публикациях информационный и вещественно-энергетический подходы, выделяет их сильные и слабые стороны при исследовании динамики природных комплексов.

В отдельное направление выделим публикации, посвященные вопросам изучения связи биоразнообразия и функционирования геоэкосистем. По данному вопросу как в отечественных, так и в иностранных научных кругах написано много работ [1; 5; 14; 33; 226; 234; 236]. Отдельные труды посвящены изучению реакции геоэкосистем, и в первую очередь баланса углекислого газа, на климатические изменения [83–85; 104]. С исследованием динамики и функционирования ландшафтов связаны работы [2; 71; 103; 161–169; 217–220; 237]. В них представлены различные аспекты динамики и функционирования ландшафтов, методов комплексных физико-географических исследований, моделирования процессов и взаимодействий в ландшафтах. Здесь следует отметить, что параллельно и во взаимосвязи с экологическими подходами и методами в изучении функционирования и динамики геоэкосистем развиваются ландшафтные и ландшафтно-экологические методы, которые также могут быть эффективно применены при исследовании функционирования геоэкосистем (парагенетический, парадинамический, типологический, хронологический, балансовый, экосистемный, геотопологический, геоморфологический, фитоиндикационный и другие методы).

Обращают на себя внимание работы, посвященные функциональному разнообразию сообществ. В. И. Василевич рассматривает вопросы взаимосвязи функционирования экосистем и функционирования растительного сообщества, выделяет ряд функциональных признаков данных сообществ, которые, в свою очередь, обеспечиваются флористическим разнообразием [33].

Важное значение при формировании представлений о функционировании и динамике геоэкосистем имеют методы математического моделирования и расчетные методы. Из современных работ по данной проблематике отметим [221; 240; 258]. Не менее важное значение имеет балансовый метод изучения геоэкосистем. Именно составление вещественно-энергетических балансов позволяет, на наш взгляд, наиболее емко раскрыть механизмы функционирования геоэкосистем. Отметим некоторые публикации по данной тематике за последние годы [39; 160].

Традиционно широкий спектр научных работ посвящен изучению динамики и функционирования геоэкосистем для конкретных регионов или

природных объектов. Количество данных публикаций достаточно велико. Рассмотрим лишь труды, наиболее близкие по тематике и региональному аспекту к нашим исследованиям.

Вопросам моделирования лесных геоэкосистем посвящены работы В. Н. Шанина с соавторами [255; 256]. Исследователи проводят моделирование динамики лесных геоэкосистем с целью прогнозирования на основе EFIMOD с различными динамичными сценариями при разных степенях антропогенного воздействия. Результаты подобного моделирования могут быть актуальны и для лесов Крыма, в особенности лесных посадок.

Большое значение при изучении функционирования геоэкосистем имеют работы, связанные с анализом динамики и функционирования почвенного покрова как одного из геоэкосистемных компонентов. В данном направлении отметим публикации К. Ш. Казеева и С. И. Колесникова, посвященные состоянию и динамике различных типов почв в регионах России и вопросам биодиагностики почв [102; 172].

Изучению вопросов мониторинга горных геоэкосистем посвящены работы [211–213]. Особое внимание авторы уделяют вопросам мониторинга животного мира как важной составляющей любой геоэкосистемы, динамическим процессам в ландшафте, пространственному анализу горных геоэкосистем. Многие выводы авторов актуальны и для условий Крыма, в особенности в части технологических подходов по дистанционному зондированию территорий.

Одним из ведущих регионов по числу тематических публикаций и пространственно-территориальному охвату при изучении функционирования и динамики геоэкосистем является Сибирь. Данный регион внес большой вклад в развитие исследований этой тематики в российской экологии и ландшафтоведении. Ландшафты Сибири изучали многие классики отечественной науки. Исследования, безусловно, продолжаются и сейчас. Отметим лишь несколько работ [12; 31; 75; 82; 90; 98; 170]. Даже из данного перечня видно, как широко разнообразие работ в методическом плане, региональных аспектах и используемых научных подходах.

Не меньший интерес представляют работы, посвященные изучению динамики геоэкосистем, прежде всего лесных, в Европейской части России. В этих трудах, как и в публикациях авторов из регионов Сибири, очевидно широкое разнообразие тематик работ, используемых методов и подходов, объединяемых вопросами изучения функционирования геоэкосистем данного региона. Аналогично отметим лишь некоторые публикации, чтобы продемонстрировать широкий охват исследований [6; 60; 96; 129; 130; 245; 251; 254; 255; 257].

Как и в зарубежных научных исследованиях, в отечественных большую долю занимают публикации, связанные с геоинформационными технологиями и дистанционным зондированием Земли. Систематизацию методов биогеоинформационного изучения экосистем проводят В. Б. Пышкин, Е. И. Игнатов и И. Л. Прыгунова [214]. Авторы подчеркивают перспективность данного направления в изучении экосистем и приводят интересный обзор всего мно-

гообразия геоинформационных методов и подходов в современной отечественной экологии.

Присутствуют публикации, по своему уровню и содержанию близкие к зарубежным, относительно применения индекса NDVI при использовании спектрорадиометра MODIS. Отметим работу Г. В. Лобанова с соавторами [156], посвященную изучению по данной методологии вопросов функционирования лесных ландшафтов на основе колебания биопродуктивности при различных метеорологических условиях. Вегетационные индексы используются для изучения динамики как природных ландшафтов, так и техногенных [236].

Детальные исследования функционирования экосистем территории России с использованием геоинформационных технологий и дистанционного зондирования осуществляются группой под руководством М. Ю. Пузаченко [32; 209; 210; 224; 225]. Ими проводятся исследования динамики и изменений ландшафтного покрова на основе мультиспектральных дистанционных данных, особое внимание уделяется лесным экосистемам, рассматриваются вопросы варьирования индекса листовой поверхности в корреляции данных полевых наблюдений и дистанционного зондирования, уделяется внимание теоретическим аспектам картографирования экосистем и использованию полученных материалов в области охраны природы и управления особо охраняемыми природными территориями.

Активно развивается направление разработки алгоритмов дистанционного зондирования геоэкосистем, а также методов геоинформационного моделирования для конкретных регионов России, уделяется внимание вопросам мониторинга геоэкосистем с использованием ГИС, поднимаются вопросы эффективности использования ГИС в лесоведении, сельскохозяйственной экологии, мелиорации ландшафтов [115; 175; 227; 243; 253]. Анализ публикационной активности отечественных авторов в области геоинформатики позволяет выделить изучение динамики геоэкосистем в отдельное направление исследований в области изучения функционирования и динамики геоэкосистем с использованием дистанционных методов зондирования поверхности.

1.2. Исследование функционирования и динамики региональных геоэкосистем Крыма

История изучения геоэкосистем крымскими исследователями достаточно богата. С Крымом связаны имена многих ученых-классиков, внесших огромный вклад в развитие наук о Земле, биологических наук; их работы оказали крайне важное влияние на формирование теоретических аспектов геоэкологии в целом. Останавливаться на ретроспективном анализе данных публикаций мы не будем, так как данный вопрос заслуживает отдельного исследования. Рассмотрим современное состояние исследований в области функционирования и динамики геоэкосистем в крымской научной среде.

Сегодня исследования геозкосистем Крыма ведутся в ряде крупных научных учреждений полуострова, имеющих свои научные школы в данном направлении. Это, прежде всего, Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского, Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма.

Перейдем к рассмотрению научных школ в Крымском федеральном университете имени В. И. Вернадского. Здесь были заложены основы изучения природы Крыма, работали многие известные «первооткрыватели» природы Крыма начала и середины прошлого века. Сегодня в науке университета сохраняются направления, связанные с изучением функционирования и динамики геозкосистем.

Большую роль в становлении современной ландшафтной экологии и геоэкологии в университете сыграли работы ученых – представителей научной школы В. А. Бокова. Он внес значительный вклад в теоретические аспекты геоэкологического знания, разработку подходов и методов ландшафтно-экологический исследований, пространственного-временного анализа территорий, рассматривал вопросы геотопологии и геофизики ландшафтов [18–24; 153; 215; 246; 247]. Среди работ представителей данной научной школы отметим публикации А. И. Лычака [158; 159], Т. В. Бобры [15–17], В. О. Смирнова [230–233], Л. М. Соцковой [238], Л. Я. Гаркуши [40; 41], Л. А. Багровой [10; 11], Н. А. Драган [69], А. Г. Панина [181; 182], посвященные различным аспектам ландшафтно-экологических и геоэкологических исследований.

Говоря о ландшафтно-экологических исследованиях в Крыму, нельзя не отметить работы Е. А. Позаченюк в области изучения современных ландшафтов, ландшафтного планирования, ландшафтного разнообразия, концепции экологической ниши и позиционных отношений [201–204; 235]. Изучению карстовых процессов в Крыму посвящены работы Б. А. Вахрушева [34–36]. Е. И. Ергина изучает процессы почвообразования на территории полуострова [76; 77].

Следует также выделить работы биологического направления. А. В. Ена, являясь представителем известной династии ученых, внесших весомый вклад в изучение природы Крыма, является автором значимых публикаций в области исследования флоры, растительности, биологического и ландшафтного разнообразия Крыма, охраны природы [72; 73]. Работы А. В. Ивашова с соавторами посвящены вопросам биологического и экосистемного разнообразия, теоретическим аспектам современной экологии как науки, разнообразию и структуре биогеоценозов [64; 93; 94]. С. П. Иванов занимается вопросами охраны биологического разнообразия Крымского полуострова [207].

В отдельную категорию можно выделить исследования геозкосистем, осуществляемые сотрудниками Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН. Здесь следует упомянуть ландшафтно-экологические работы Т. В. Панкеевой с соавторами [183; 184] и геоботанические и флори-

стические исследования Л. В. Бондаревой с соавторами [25–29; 335]. Публикации Н. В. Шадрина и Е. В. Ануфриевой посвящены исследованию функционирования и динамики лиманных геоэкосистем Крымского полуострова [262; 341; 342].

Большой вклад в развитие представлений о функционировании и динамике геоэкосистем Крымского полуострова вносят научные сотрудники Карадагской научной станции имени Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН – филиала Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН. На территории Карадагского заповедника располагается ландшафтно-экологический стационар, работы которого непосредственно направлены на изучение функционирования и динамики типичных геоэкосистем Юго-Восточного Крыма. Среди основных публикаций по результатам работы стационара следует отметить [16; 17; 92; 153; 154; 246; 247]. Вопросам изучения связи абиотических и биотических компонентов в геоэкосистемах, функционирования и динамики геоэкосистем посвящены работы Л. П. Мирановой [173; 174].

Ведущее место среди работ Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН занимают труды представителей научной школы Ю. В. Плугатаря и работы непосредственно самого автора, лежащие в русле изучения теоретических аспектов экологии, экологической роли, функционирования лесных геоэкосистем полуострова. Важное место занимают работы, посвященные вопросам лесной мелиорации, изучения влияния рекреации на состояние и функционирования лесных геоэкосистем, оптимизации агроландшафтов Крыма, интродукции растений в условиях Южного берега Крыма, мониторинга лесных геоэкосистем полуострова [192–199; 205; 206].

Вопросы биоиндикации геоэкосистем имеют ключевое значение в изучении их функционирования и динамики. Данные вопросы в мировом и российской научном пространстве занимают важное место. Отметим, что в Крыму проводились работы по этому направлению, заложившие основы современных подходов к биоиндикации геоэкосистем с функциональной точки зрения. Данные исследования проводились и проводятся В. В. Корженевским. Автор внес существенный вклад в изучение природных геоэкосистем полуострова. Среди его основных работ отметим следующие [136–140]. Научные интересы В. В. Корженевского затрагивают также теоретическое и практическое изучение ботанических аспектов функционирования геоэкосистем, исследование роли биологического разнообразия в обеспечении устойчивости геоэкосистем, изучение вопросов емкости местообитаний, эколого-фитоценотического картирования [43; 80; 132; 134; 135]. Отметим и работы автора, проведенные совместно с крымскими учеными-ландшафтоведом и геоморфологами: они позволили осуществить синтез экологических и ландшафтных знаний в изучении функционирования и динамики ландшафтов Крымского полуострова [131; 133; 137].

Выделим работы Н. А. Багриковой [8; 9], С. Ю. Костина [148; 149] и Е. С. Крайнюк [150; 151] в области многолетнего исследования геоэкосистем Крымского

полуострова с точки зрения охраны природы, сохранения и изучения биологического разнообразия. Вопросам биоразнообразия древесных растений в естественной флоре Крыма и их биоэкологическим особенностям, методам исследования лесных геоэкосистем посвящены работы В. П. Исикова [100; 101]. С изучением экологии лесов Горного Крыма, прежде всего сосновых, и организацией вопросов лесомелиорации на полуострове связаны публикации В. П. Кобы [111; 112]. Обращают на себя внимание работы Н. Б. Ермакова в области изучения функционирования геоэкосистем с позиций геоинформационного моделирования, картографирования и мониторинга [78; 79]. Вопросам агроклиматического районирования и почвенных исследований Крыма посвящены публикации Н. Е. Опанасенко [3; 179; 180] и И. В. Костенко [145–147].

Отдельно следует отметить работы представителей Научно-исследовательского института сельского хозяйства Крыма, в котором формируется новая школа по изучению агроландшафтов под руководством В. С. Паштецкого. В частности, в рамках исследований сформулированы научные основы оптимизации агроландшафтов Крыма [187]. Развивается направление, связанное с использованием методов геоматики в управлении агроландшафтами [70; 277; 278].

1.3. Теоретико-методологические аспекты исследования функционирования и динамики геоэкосистем в условиях климатических изменений

Как было показано ранее, вся система природопользования рассматривается на региональном и локальном пространственных масштабах. На этих же масштабах осуществляется и непосредственное управление системой природопользования. Таким образом, необходимо определение операционно-территориальной единицы, которая была бы комплементарна региональной системе управления, то есть в основу должно лечь такое территориальное образование, которое будет характеризоваться определенной степенью целостности и самоорганизации на региональном пространственном масштабе, которое определит и степень природно-ресурсного потенциала в своих границах. Обращаясь к теории ландшафтоведения и ландшафтной экологии, а также к разработкам в области территориального и ландшафтного планирования, следует отметить, что в данных работах в основу исследования положено понятие ландшафта как территориальной системы, состоящей из взаимодействующих природных или природных и антропогенных компонентов, а также комплексов более низкого таксономического ранга [61]. Как справедливо указывают авторы в работе [242], уровень географического ландшафта имеет особое значение для принятия планировочных решений. Именно на нем требуется применение принципа эмерджентности, являющейся основным свойством любой системы, в том числе ландшафта. С учетом таких свойств, как целостность, эмергентность, самоорганизация и

саморазвитие, ландшафт формирует свой собственный ландшафтный потенциал, то есть способность выполнять заданные функции или, говоря более современным языком, оказывать экосистемные услуги. Таким образом можно сказать, что ландшафт является определенным образом организованной в пространстве геоэкосистемой регионального масштаба, в пределах которой и учитывая свойства которой и осуществляется (должно осуществляться) управление природопользованием. В этой связи в качестве операционно-территориальных единиц исследования в данной работе предлагается использовать ландшафты как региональные геоэкосистемы, которые, следуя определениям термина «экосистема» Ю. Одум [177] и «ландшафт», принятым в ландшафтной экологии, являются обособленными в пространстве сложными самоорганизующимися, саморегулирующимися и саморазвивающимися системами, характеризующимися наличием открытых и замкнутых, стабильных в пространстве и времени потоков вещества и энергии между биотической и абиотической составляющими.

Такое определение наилучшим образом иллюстрирует понимание ландшафта как региональной геоэкосистемы, а также определяет возможность изучения реакции региональных геоэкосистем на климатические изменения с точки зрения изучения трансформации процессов функционирования и динамики.

Таким образом, в качестве операционно-территориальных единиц исследования реакции геоэкосистем на изменения климата на региональном уровне в Крыму могут быть использованы ландшафты Крымского полуострова. В настоящее время существует несколько ландшафтных карт, построенных с использованием различных подходов [7; 15; 73; 74; 200; 235]. В основу данной работы положена карта Г. Е. Гришанкова [235], построенная на ландшафтно-типологической основе и наилучшим образом отображающая ландшафтную структуру Крымского полуострова.

В настоящее время как в экологии, так и в геоэкологии, нет общепринятого представления о функционировании и динамики геоэкосистем. М. Д. Гродзинский [62] совершенно справедливо указывает, что среди всех разделов ландшафтной экологии динамическая ландшафтная экология имеет наименее согласованную терминологию, что объясняется, по его мнению, тем обстоятельством, что понимание базовых понятий, связанных с динамикой в ее материнских науках (географии и биологии), различно. Кроме того, проблеме он видит в том, что современная ландшафтная экология, а вслед за ней и геоэкология, приняла теории самоорганизации, нелинейной термодинамики и хаоса, где сложилось свое понимание этих понятий. Анализ литературы в области функционирования и динамики ландшафтов позволяет разграничить эти понятия, хотя часто функционирование рассматривали как часть динамики.

Под функционированием, как правило, понимают совокупность процессов перемещения, обмена и трансформации вещества и энергии в ландшафте: когда мы говорим о функционировании геоэкосистем, мы, по сути, говорим о

процессах формирования радиационного, теплового, водного и вещественного балансов. Эти процессы, их внутригодовая и межгодовая изменчивость запускают динамические процессы в геоэкосистемах и формируют в итоге индивидуальные стратегии геоэкосистем, под которыми В. Н. Петлин [188] понимает совокупность взаимосвязанных черт, признаков и свойств ландшафтных систем, обеспечивающих ее приспособление к изменяющимся условиям природной и антропогенно модифицированной окружающей среды и направленных на выполнение программы индивидуальной и групповой эволюции. Таким образом, можно говорить, что формируемая ландшафтная (геоэкосистемная) стратегия – это один из параметров реакции, в том числе на изменения внешних условий.

Под динамикой ландшафта в общем смысле понимается изменение в его эволюции, которое не приводит к смене инварианта. Если же смена инварианта происходит, то говорят о развитии ландшафта. На деле такие процессы сложно различимы, но это является принципиальным с теоретико-методологической точки зрения. В этой связи рационально ввести понятие И. И. Мамай [161–169] о динамике состояний как более или менее длительных отрезков существования геоэкосистем, характеризующихся определенными свойствами структуры, то есть составных частей (компонентов, морфологических единиц) и процессов. По длительности они разделяются на внутригодовые (суточные, погодные, внутрисезонные, сезонные, годовые) и многолетние (подфазы, фазы) состояния. При этом если происходят изменения, которые приводят к изменению структуры геоэкосистем, то следует уже говорить о ее развитии.

Выход геоэкосистемы из своего инварианта возможен только в случае, если она выходит за пределы своей экологической амплитуды, то есть тех характеристик факторных пространств, которые позволяют сохранять геоэкосистеме ее внутреннюю структуру и поддерживать функционирование. Изменение климата делает этот процесс континуальным, постепенно усиливая или ослабляя внутриландшафтную факторную неоднородность, а соответственно, формируя либо стратегии развития, либо стратегии стабилизации геоэкосистем. Таким образом, изучение процессов трансформации вещества и энергии в геоэкосистемах и их динамических характеристик позволяет судить о реакции геоэкосистем на региональные проявления изменения климата.

Разработанный обширный теоретико-методологический аппарат исследования функционирования и динамики геоэкосистем требует адаптации к задачам, направленным на выявление реакций на климатические изменения. В то же время само изменение климата необходимо дефрагментировать на операционно-временные единицы, что позволило бы рассчитать научно обоснованные и объективные климатические нормы, обусловленные процессами в атмосфере, которые позволили бы в итоге выработать рекомендации для оптимизации природопользования.

Формирование климатических характеристик любой территории зависит от ее географического положения и характера подстилающей поверхности,

которые являются константами, а также от циркуляции воздушных масс, являющейся динамической составляющей формирования климатических условий. Глобальные циркуляционные процессы в тропосфере запускают механизмы трансформации перемещения воздушных масс над регионами, что вызывает в комплексе с местными факторами региональные проявления климатических изменений.

Наилучшим образом процессы в атмосфере нетропических широт Северного полушария, на наш взгляд, типизированы Б. Л. Дзердзеевским с соавторами [65–67]. В типизации выделяется 41 элементарный циркуляционный механизм (далее – ЭЦМ); они различаются между собой направлением и количеством одновременных арктических вторжений (блокирующих процессов) и выходов южных циклонов на полушарии. С определенным типом ЭЦМ в каждом районе связаны характерные для этого типа погодные (синоптические) условия с соответствующими метеорологическими показателями. Именно это позволяет на основании типизации циркуляционных механизмов анализировать влияние циркуляции атмосферы на формирование полей метеорологических элементов.

По направлению перемещения барических образований на Северном полушарии ЭЦМ объединены в четыре группы циркуляции: зональную (без блокирующих процессов), нарушения зональности (один блокирующий процесс на полушарии), меридиональную северную (2–4 блокирующих процесса и столько же выходов южных циклонов) и меридиональную южную (циклоническая циркуляция над Арктикой без блокирующих процессов, 2–4 выхода южных циклонов на полушарии) (таблица 1.1).

Каждый ЭЦМ длится несколько дней. Смена одного ЭЦМ другим с 01 января 1899 г. фиксируется в Календаре последовательной смены ЭЦМ [114]. Анализ отклонений суммарной годовой продолжительности меридиональной северной, меридиональной южной и обобщенной зональной групп циркуляции позволил выявить длительные (в несколько десятилетий) периоды положительных аномалий продолжительности какой-либо группы циркуляции. Эти периоды получили название циркуляционных эпох [65].

Таблица 1.1. Характеристика групп циркуляции атмосферы Северного полушария в типизации Б. Л. Дзердзеевского [127]

Группа циркуляции	Типы ЭЦМ, входящие в группу	Атмосферное давление в Арктике	Количество блокирующих процессов	Количество выходов южных циклонов
Зональная	1 и 2	Высокое	0	2–3
Нарушения зональности	3–7	Высокое	1	2–3
Меридиональная северная	8–12	Высокое	2–4	2–4
Меридиональная южная	13	Низкое	0	3–4

С 1899 г. на Северном полушарии сменились три циркуляционные эпохи (рисунок 1.1, таблица 1.2): две меридиональные (с 1899 по 1915 г. и с 1957 г. по настоящее время) и одна зональная (1916–1956 гг.).

В работе меридиональная северная циркуляционная эпоха не рассматривалась, что связано со слабым развитием сети метеонаблюдений и сильной неоднородностью данных, не позволившей получить достоверные модели.

Таким образом, использование в качестве операционно-временных единиц исследования границ циркуляционных эпох и периодов Северного полушария позволяет получать циркуляционно обоснованные климатиче-

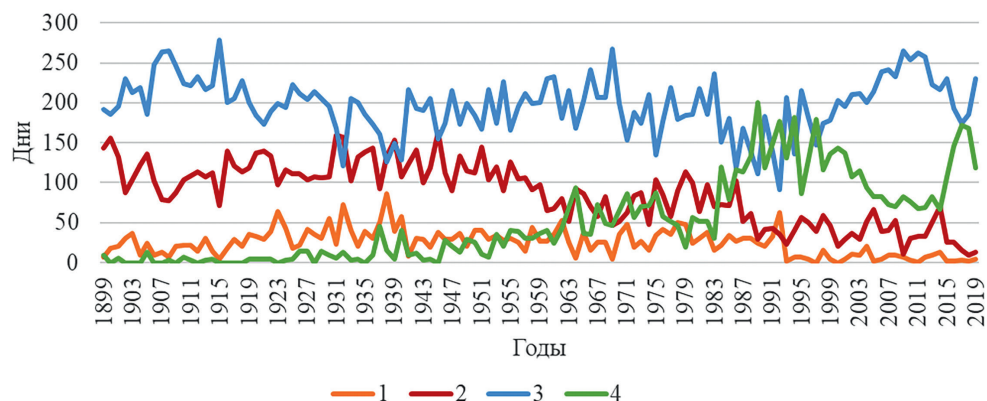


Рисунок 1.1. Продолжительность групп циркуляции Северного полушария: 1 – зональная; 2 – нарушение зональности; 3 – меридиональная северная; 4 – меридиональная южная [126].

Таблица 1.2. Границы циркуляционных эпох Северного полушария и периодов внутри третьей эпохи [127]

Циркуляционная эпоха	Годы	Периоды внутри эпох	Годы
Меридиональная северная (МСЦЭ)	1899–1915		
Зональная (ЗЦЭ)	1916–1956		
Меридиональная южная (МЮЦЭ)	С 1957 по наст. время	Одновременного увеличения продолжительности меридиональных северных и южных процессов (первый период МЮЦЭ)	1957–1969
		Повышенной продолжительности зональных процессов (второй период МЮЦЭ)	1970–1980
		Быстрого роста продолжительности меридиональных южных процессов (третий период МЮЦЭ)	1981–1997
		Уменьшения продолжительности меридиональных южных процессов и роста меридиональных северных (четвертый период МЮЦЭ)	1998–2019

ские нормы и статистические поверхности факторных полей, что является важным как с точки зрения исследования реакции геоэкосистем на климатические изменения, так и с точки зрения выработки рекомендаций в области оптимизации природопользования.

РАЗДЕЛ 2.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Методика изучения пространственно-временной динамики полей основных метеоэлементов на региональном уровне в условиях климатических изменений

Изучение пространственно-временной динамики метеоэлементов основывалось на получении среднемноголетних карт рассматриваемых характеристик для каждой циркуляционной эпохи и периода. Вычитание карт последующего временного периода из предыдущего позволяет увидеть и проанализировать пространственно-временные изменения полей рассматриваемых метеоэлементов.

Расчеты поступающей солнечной радиации выполнялись на основе данных реанализа, по материалам Европейской организации спутниковой метеорологии (EUMETSAT) [281]. Система спутниковой обработки данных EUMETSAT по мониторингу климата (CM SAF) посвящена долгосрочному мониторингу состояния и изменчивости климатической системы. Она генерирует и архивирует полученные на спутнике продукты мониторинга климата, близкие к реальному времени, на постоянной основе (EDR), а также высококачественные, проверенные, однородные и согласованные записи климатических данных (TCDR, FCDR). CM SAF является консорциумом с участием нескольких европейских метеорологических служб (FMI, KNMI, MeteoSwiss, RMI, SMHI, Met Office) с Deutscher Wetterdienst (DWD, Германия) в качестве ведущей организации.

Продукты CM SAF получены из нескольких приборов на борту операционных спутников на геостационарной и полярной орбитах, то есть спутников Meteosat и NOAA соответственно.

CM SAF предоставляет наборы климатических данных о параметрах облачности, альbedo поверхности, потоках радиации в верхней части атмосферы и на поверхности, характеристиках атмосферной температуры и водяного пара, вертикально интегрированном водяном паре (суммарном, многослойном), параметрах турбулентного потока и осадках над поверхностью океана, а также о яркостных температурах.

Поверхностный набор солнечных радиационных данных – Heliosat (SARAH) – это новейшая запись данных климатических данных CM SAF Surface Radiation, основанная на спутниках Meteosat. SARAH предоставляет климатологические данные о поверхностном излучении (SIS), поверхностном прямом нормализованном излучении (DNI) и эффективном облачном альbedo (CAL), полученные из видимых каналов приборов MVIRI и SEVIRI на борту геостационарных спутников Meteosat. Данные доступны за период с 1983 по 2015 г. (ежемесячные, ежедневные и среднечасовые); они охватыва-

ют область $\pm 65^\circ$ долготы и $\pm 65^\circ$ широты на регулярной сетке $0,05^\circ \times 0,05^\circ$. Точность данных была определена в отношении измерений поверхностных сылок; для среднемесячных значений точность составляет $5,5 \text{ Вт/м}^2$ (SIS) и $17,5 \text{ Вт/м}^2$ (DNI) [333].

Набор данных представлен файлами в формате netCDF, используемом для хранения многоспектральных данных. Из базы данных были взяты среднемесячные данные по суммарной и прямой солнечной радиации с 1983 по 2015 г. Данные были преобразованы в формат geotiff с извлечением информации по территории Крымского полуострова. Данные представлены в виде слоев за каждый месяц каждого года. В программе ArcGIS были рассчитаны среднемноголетние значения поступления прямой, рассеянной и суммарной солнечной радиации в Крыму по месяцам и в сумме за год, а также их среднеквадратические отклонения.

Карты температур воздуха над Крымским полуостровом были построены с использованием программы ClimateEU [274] на основе методологии, описанной в [353]. В программе ClimateEU содержатся исторические и прогнозируемые данные по более чем 50 параметрам сезонных и годовых климатических и биологических переменных. Исторические данные с 1901 по 2009 г. основаны на наборе данных CRU-TS 3.1 [323].

Для получения данных реанализа в программе ClimateEU, в программе ArcGIS на территории Крымского полуострова был создан слой точек с расстоянием между ними $0,01^\circ$. С помощью инструмента X,Y Coordinate для каждой точки были извлечены координаты широты и долготы. Из космического снимка SRTM были получены значения абсолютной высоты для каждой из заданных точек. Далее эта база в табличном варианте была перенесена в Microsoft Excel и загружена в программу ClimateEU, где для каждой из заданных точек была получена база данных, содержащая информацию за 1916–2013 гг.

На основании этого файла Microsoft Excel в программе ArcGIS был построен точечный shape-файл, содержащий атрибутивную таблицу с полученными значениями температуры воздуха. Интерполяция этих значений позволила построить комплекс карт, отражающих температурные показатели Крымского полуострова.

Опыт картографирования осадков в Крыму, как правило, ориентирован на картирование осадков территории Горного Крыма: весьма успешными оказались работы под руководством профессора В. А. Бокова [246; 247] и работа И. В. Глущенко [42]. Вместе с тем равнинная часть полуострова осталась неохваченной исследователями. В связи с этим, воспользовавшись опытом предыдущих исследований и приняв в расчет хорошие результаты регрессионного моделирования полей атмосферных осадков в Горном Крыму, была предпринята попытка построения регрессионной модели, описывающей поступление осадков на территории всего Крымского полуострова.

В качестве критериев моделирования были рассмотрены следующие факторы, оказывающие влияние на пространственную дифференциацию осадков в Крыму:

- высота над уровнем моря;
- расчлененность рельефа в заданном радиусе окружности;
- разность высот рельефа по направлению к преобладающим влагонесущим воздушным массам в заданном радиусе окружности;
- залесенность территории;
- расстояние от береговой линии;
- расстояние от осевой линии Главной гряды Крымских гор.

Набор указанных факторов был обоснован в предыдущих работах и показал хороший результат при моделировании полей атмосферных осадков.

За основу исследований были взяты данные существующих сегодня 24 метеостанций за весь период их наблюдений (рисунок 2.1).

Среднегодовое количество атмосферных осадков рассчитаны за весь период наблюдений метеостанции до 2013 г. Все работы производились в программе ArcGIS в географической системе координат UTM WGS 1984.

Для построения слоев характеристик рельефа использовался космический снимок SRTM с пространственным разрешением 30 м. Расчет залесенности территории производился на основании данных космического снимка Landsat 8 с пространственным разрешением 30 м. На основании снимков был получен слой ландшафтного покрова, из которого определялись залесенные участки; далее рассчитывался процент залесенности по заданному радиусу.

Высота ячеек раstra над уровнем моря определялась непосредственно из снимка SRTM. Зависимость между высотой и количеством атмосферных осадков представлена на рисунке 2.2. Расчлененность рельефа рассчитывалась для каждой ячейки раstra при помощи фокальной статистики путем



Рисунок 2.1. Метеостанции Крыма, данные которых использованы при моделировании полей атмосферных осадков.

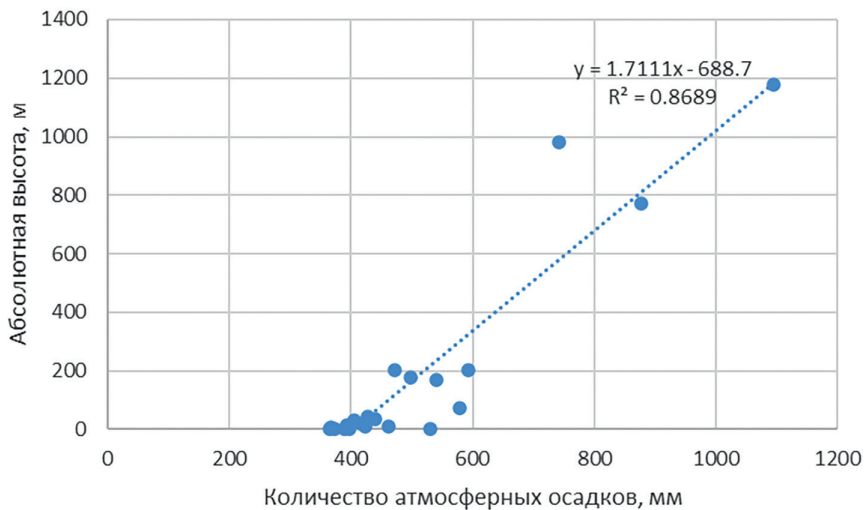


Рисунок 2.2. Зависимость между количеством осадков и абсолютной высотой рельефа.

расчета разницы между максимальной и минимальной высотами в заданном радиусе окружности. Наилучшими значениями коэффициентов корреляции между количеством выпадающих осадков и расчлененностью оказались значения расчлененности в радиусе 6 км. Это было установлено путем проведения ряда картографических экспериментов, заключающихся в расчете коэффициентов корреляции со значениями расчлененности с различными радиусами окружности. На рисунке 2.3 представлена связь количества осадков и расчлененности рельефа в радиусе 6 км.

Расчет разности высот рельефа по направлению к преобладающим влагонесущим воздушным массам в заданном радиусе окружности прово-

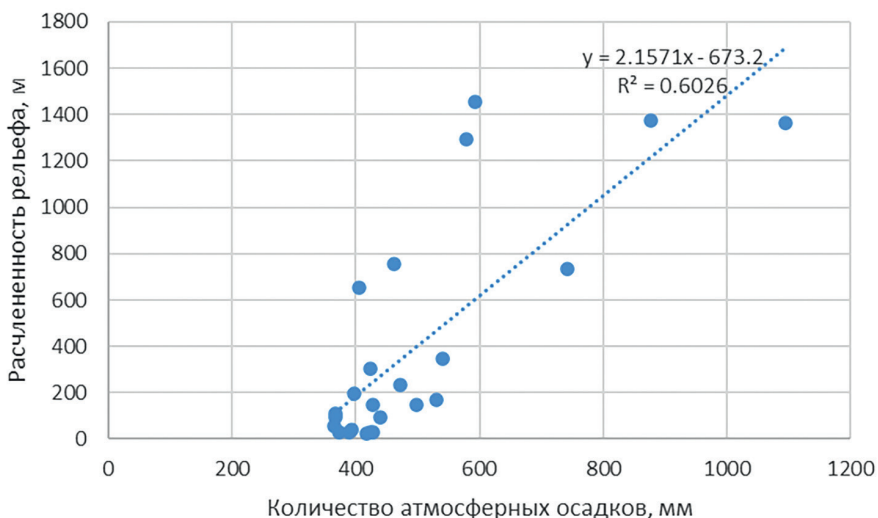


Рисунок 2.3. Зависимость между количеством осадков и расчлененностью рельефа в радиусе 6 км.

Таблица 2.1. Входные параметры модели

Метеостанции	Количество осадков, мм												Факторы							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ХП	ТП	Год	R	H	F	NE	SW
Ишунь	30	27	26	26	33	43	39	32	32	27	32	34	145	226	373	32	1	0,0	0,8	0,3
Раздольное	31	27	26	29	32	46	34	34	30	34	35	36	157	236	392	41	16	0,0	8,1	-8,4
Джанкой	31	28	28	30	43	54	43	39	30	34	33	36	152	269	424	28	9	0,0	1,8	0,8
Черноморское	31	25	24	24	24	31	31	31	37	40	35	36	154	216	367	95	7	0,0	12,8	-21,9
Клепинино	32	29	28	29	40	59	45	39	30	34	34	38	159	270	427	31	36	0,0	1,3	-5,5
Нижегородский	33	28	30	29	43	52	42	40	29	31	33	37	158	258	416	24	20	0,0	2,1	-1,2
Мысовое	28	26	27	27	29	39	31	40	31	31	33	35	148	221	366	109	8	0,0	-14,4	-2,6
Керчь	32	29	29	29	33	54	42	42	35	32	37	39	163	260	427	148	45	0,0	-32,1	25,3
Опасное	42	36	35	36	38	63	65	58	40	36	44	44	202	329	530	168	1	0,0	-56,4	9,5
Евпатория	35	31	28	26	28	35	33	35	36	36	33	40	165	223	389	32	3	0,0	-9,7	6,9
Владиславовка	31	30	31	31	36	50	37	44	38	32	36	38	166	271	439	92	36	2,0	2,2	-16,4
Белогорск	32	29	32	35	44	65	49	39	35	35	36	36	168	305	472	236	202	32,6	19,7	-10,4
Симферополь	39	33	36	34	38	60	54	38	37	36	42	46	198	299	498	148	176	4,0	25,0	-18,0
Феодосия	35	34	31	31	33	45	38	37	37	34	38	40	173	250	423	306	23	3,2	-10,2	-44,3
Карадаг	29	25	35	28	27	37	30	46	58	39	43	36	153	256	405	653	32	20,5	-147,0	-29,3
Караби-яйла	69	58	47	51	67	77	63	53	51	50	63	81	328	415	742	737	983	40,6	79,2	-87,2
Почтовое	46	38	42	33	39	66	53	45	40	41	48	49	224	318	540	348	171	34,5	43,2	-37,5
Ангарский перевал	93	75	68	56	70	85	62	64	58	58	81	98	422	457	877	1376	771	53,7	-333,5	106,8

Метеостанции	Количество осадков, мм												Факторы							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	ХП	ТП	Год	R	H	F	NE	SW
Алушта	52	43	35	28	28	37	32	31	30	40	46	56	236	225	461	754	10	38,0	-184,9	-28,9
Херсонесский маяк	36	31	26	24	21	26	23	24	36	36	40	42	177	191	366	59	3	3,8	2,6	-18,7
Севастополь	37	30	29	26	23	31	28	28	38	39	43	46	186	213	397	197	0	22,5	28,9	-51,2
Ай-Петри	161	129	91	58	58	74	58	55	59	77	111	160	662	438	1096	1366	1176	49,0	-398,8	354,9
Ялта	68	57	44	33	31	43	41	34	40	47	62	79	314	268	579	1294	73	41,5	-338,3	99,4
Никитский сад	77	65	50	33	32	38	34	33	43	52	66	84	337	257	593	1457	204	37,3	-374,1	231,4

Примечание: ХП – холодный период; ТП – теплый период; R – расчлененность рельефа в радиусе 6 км; H – абсолютная высота, м; F – залесенность, %; NE – разность высот рельефа по направлению к северо-восточным воздушным массам в радиусе 6 км; SW – разность высот рельефа по направлению к юго-западным воздушным массам в радиусе 6 км.

дился также с использованием фокальной статистики и калькулятора раstra путем расчета разности между средней высотой в заданном секторе окружности радиусом 6 км и средней высотой окружности радиусом 6 км. Расчеты были произведены по четырем румбам: 0–90° (северо-восточное направление), 90–180° (юго-восточное направление), 180–270° (юго-западное направление), 270–360° (северо-западное направление). Достоверными значения коэффициента корреляции оказались при связи количества атмосферных осадков с расчлененностью рельефа с северо-восточным (–0,65) и юго-западным (0,69) направлениями. Зависимость между количеством осадков и разностью высот рельефа по направлению к преобладающим влагонесущим воздушным массам в радиусе 6 км представлена на рисунках 2.4, 2.5.

Расчет расстояния от береговой линии и от оси Главной гряды Горного Крыма производился при помощи функции «близость» для каждой ячейки раstra. Однако коэффициенты корреляции между указанными факторами и количеством осадков оказались ниже порога достоверности, поэтому данные факторы не учитывались при регрессионном анализе данных.

Таким образом, был получен набор слоев – входных переменных для регрессионного анализа. Для точек метеостанций были извлечены значения указанных параметров (таблица 2.1), и по полученным значениям был выполнен регрессионный анализ.

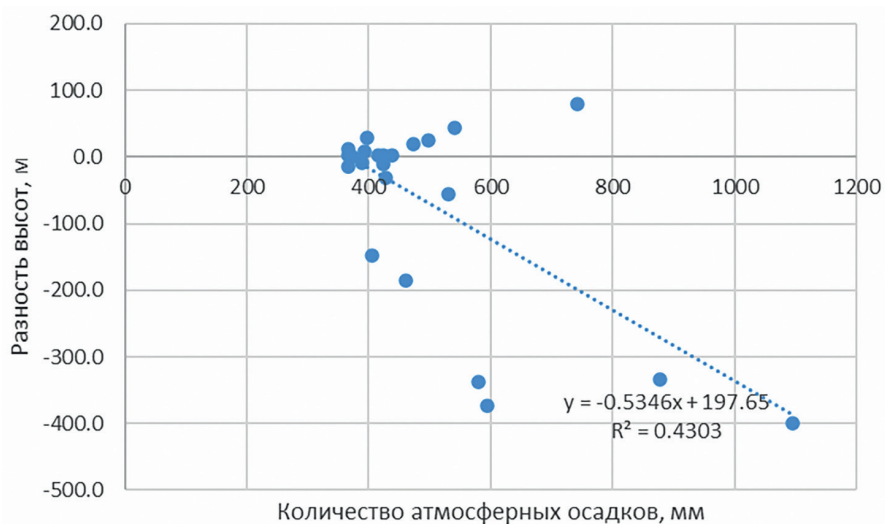


Рисунок 2.4. Зависимость между количеством осадков и разностью высот рельефа по направлению к северо-восточным воздушным массам в радиусе 6 км.

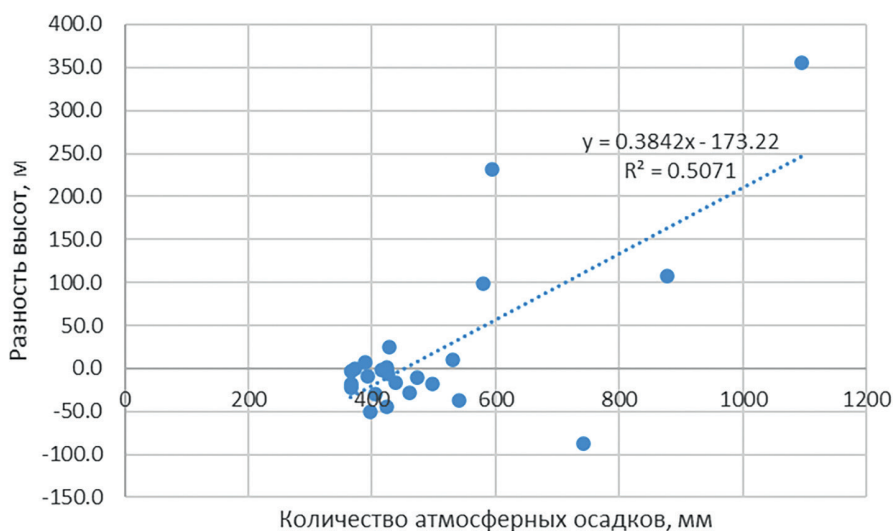


Рисунок 2.5. Зависимость между количеством осадков и разностью высот рельефа по направлению к юго-западным воздушным массам в радиусе 6 км.

Достоверность итоговой модели составила 96 %. Эти же параметры использовались для построения уравнений регрессии по месяцам. Полученные результаты регрессионного анализа представлены в таблице 2.2. Полученные уравнения регрессии были использованы в калькуляторе раstra для построения карт атмосферных осадков за каждый месяц и годовой карты. Также была построена карта отношения количества осадков за теплый и холодный периоды.

Таблица 2.2. Результаты регрессионного анализа

	Регрессионная статистика				Коэффициенты					
	Множественный R	R-квадрат	Нормированный R-квадрат	Стандартная ошибка	Y-пересечение	R	H	F	NE	SW
1	0,977074447	0,954674474	0,942084051	7,163207978	33,15162843	-0,014027517	0,050551	0,287566	-0,06462	0,109793
2	0,978224133	0,956922455	0,944956471	5,460626801	29,16314129	-0,005976034	0,038699	0,155398	-0,03983	0,091126
3	0,976884233	0,954302804	0,941609139	3,695771059	28,98477284	-0,011106481	0,029646	0,185597	-0,05219	0,029536
4	0,954830901	0,911702049	0,88717484	3,085844874	28,10438597	-0,003867716	0,028554	-0,00605	-0,02939	-0,02231
5	0,863500937	0,745633868	0,674976609	7,253073777	32,343558	-0,009374135	0,043742	-0,02788	-0,03874	-0,05196
6	0,754098836	0,568665055	0,448849792	11,64505405	46,40992675	-0,021773461	0,04499	0,19612	-0,03921	-0,03101
7	0,666172457	0,443785743	0,289281782	10,02833454	38,64230632	-0,004655833	0,029088	0,01471	-0,00594	-0,01744
8	0,721598929	0,520705015	0,387567519	7,636971109	37,64785823	-0,012805689	0,034107	-0,13435	-0,07837	-0,07332
9	0,8281347	0,685807082	0,598531271	5,739017012	33,32737171	0,006337693	0,021017	-0,12806	-0,03261	-0,04675
10	0,961359013	0,924211151	0,903158694	3,348868677	33,5624661	0,00212037	0,015188	0,112344	-0,00611	0,033256
11	0,978671574	0,957798049	0,946075285	4,343459297	35,17746987	0,000779067	0,029893	0,148167	-0,03355	0,041323
12	0,977691275	0,955880229	0,943624737	6,943955112	37,35255877	0,001753396	0,046833	0,165728	-0,03254	0,10279
ХП	0,980038476	0,960475415	0,949496363	26,67402794	162,7831419	-0,040282333	0,206291	1,148223	-0,2366	0,374084
ТП	0,895804734	0,802466122	0,7475956	35,29953592	246,2435787	-0,054716895	0,22239	0,256677	-0,24093	-0,21967
Год	0,977366697	0,9552457	0,9428139	42,3456816	409,1021499	-0,0943	0,42801	1,37376	-0,4714	0,15701

Примечание: сокращения см. в таблице 2.1.

2.2. Методика изучения функционирования региональных геоэкосистем в условиях климатических изменений

Изучение функционирования региональных геоэкосистем основывается на рассмотрении пространственно-временной динамики элементов радиационного баланса, температуры и количества осадков. В качестве операционно-территориальных единиц исследования выступают ландшафтные контуры, для которых характерны те или иные типы лесных или степных сообществ (таблицы 2.3, 2.4).

Полученные карты основных метеоэлементов позволяют оценить пространственно-временную динамику величин, а также выявить предпосылки для развития геоэкосистемы посредством оценки динамики внутренней факторной неоднородности.

Таким образом, оценка функционирования региональных геоэкосистем состоит из ряда этапов:

1) расчет статистических характеристик величин элементов радиационного баланса, температуры воздуха и количества осадков в региональных геоэкосистем;

2) анализ изменчивости рассматриваемых величин;

3) оценка факторной неоднородности (энтропии) региональных геоэкосистем;

4) анализ изменчивости величины факторной энтропии.

Расчет радиационного баланса (B) осуществляется по следующей формуле [30]:

$$B = (Q - R) - E_e, \quad (2.1)$$

где Q – суммарная солнечная радиация;

R – отраженная солнечная радиация;

E_e – эффективное излучение.

На основе имеющихся растров солнечной радиации с помощью функции Raster to Point в ArcGIS 10.2 был получен слой регулярной сети точек с расстоянием между ними $0,05^\circ$. Далее по точкам, которые попадают в пределы рассматриваемых контуров (таблицы 2.4, 2.5), из полученных карт поступления суммарной солнечной радиации были извлечены значения величины суммарной солнечной радиации. В результате для каждого контура была сформирована атрибутивная таблица, содержащая сведения о поступлении суммарной солнечной радиации в каждой точке в пределах рассматриваемого контура. Полученные таблицы были экспортированы в Microsoft Excel для последующих расчетов.

Отраженная радиация рассчитывалась по формуле [30]:

$$R = A \cdot Q, \quad (2.2)$$

где A – альbedo земной поверхности.

Альbedo определялось по данным, приведенным в работе В. В. Рахманова [216].

Разность между суммарной и отраженной радиацией дает величину поглощенной коротковолновой радиации, или коротковолнового радиационного баланса (B_s).

Таблица 2.3. Характеристика выбранных ландшафтных контуров Горного Крыма

Макро-склон	Ландшафтный уровень	Тип ландшафта	
		Дубовые леса	
		Скальнодубовые	Пушистодубовые
Северный	Низкогорье	54. Низкогорные куэстовые сильно расчлененные возвышенности с дубовыми лесами	46. Мелкогорно-куэстовые возвышенности с зарослями типа «дубки» и разнотравными степями
	Среднегорье	71. Структурные наклонные слабо расчлененные равнины с дубовыми и смешанными широколиственными лесами	
Южный	Низкогорье		120. Эрозионное, овражно-балочное ступенчато-склоновое низкогорье с дубовыми лесами и шибляковыми зарослями
	Среднегорье	92. Среднегорный ступенчато-склоновый с выходами коренных пород в виде скал, с дубовыми, грабово-дубовыми лесами и лесокустарниковыми зарослями	
		Хвойные леса	
		Сосновые	Можжевеловые
Северный	Среднегорье		57. Эрозионное мелкогорье с можжевелово-дубовыми лесами и кустарниковыми зарослями
Южный	Среднегорье	93. Среднегорный ступенчато-склоновый с выходами коренных пород в виде скал с дубово-сосновыми и сосновыми лесами	
	Низкогорье	118. Эрозионное древнеоползневое ступенчато-склоновое низкогорье с сосновыми лесами	108. Эрозионное низкогорье амфитеатров с сосново-можжевеловыми и дубовыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами
		Буковые леса	
Северный	Среднегорье	75. Структурные наклонные слабо расчлененные равнины с буковыми и смешанными широколиственными лесами	
Южный	Среднегорье	101. Среднегорный ступенчато-склоновый с буковыми и смешанными широколиственными лесами	

Таблица 2.3. Окончание

Яйлинские ландшафты		
	Среднегорье	80. Денудационное волнистое плато с широким развитием карстовых форм с горно-луговыми степями
		85. Останцово-денудационное расчлененное плато с горными лугами

Таблица 2.4. Характеристика выбранных ландшафтных контуров Равнинного Крыма

Ландшафтный уровень	Ландшафтная зона	Ландшафтный пояс / ландшафтный ярус	Ландшафт
Гидроморфный	Низменные недренированные и слабодренированные аккумулятивные и денудационные равнины с типчакowo-ковыльными, полынно-типчакowymi и полынно-житняковыми степями в комплексе с галофитными степями и лугами	Пояс прибрежных недренированных низменностей, пляжей и кос с галофитными лугами, солончаками и сообществами псаммофитов	1. Аккумулятивные недренированные низменности с солончаками и галофитными лугами
		Пояс аккумулятивных и денудационных недренированных и слабодренированных низменностей с полынно-типчакowymi, полынно-житняковыми и ковыльно-типчакowymi степями	11. Аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с полынно-житняковыми и ковылково-типчакowymi степями
		Пояс аккумулятивных и денудационных слабодренированных равнин с ковыльно-типчакowymi и полынно-типчакowymi степями	14. Аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с бедноразнотравными ковыльно-типчакowymi и полынно-типчакowymi степями
		Пояс аккумулятивных дренированных и слабодренированных низменностей с ковыльно-типчакowymi степями в комплексе с ковыльно-разнотравными степями	19. Аккумулятивные дренированные слабо-волнистые равнины с ковыльно-разнотравными степями в комплексе с ковыльно-типчакowymi степями
Плакорный	Типичные ковыльно-типчакowe и бедноразнотравно-ковыльно-типчакowe степи в комплексе с петрофитными и кустарниковыми степями	Верхний денудационный ярус ковыльно-типчакowych, петрофитных и кустарниковых степей	22. Структурные денудационные водораздельные плато с ковыльно-типчакowymi и петрофитными степями
		Нижний денудационно-аккумулятивный ярус с ковыльно-типчакowymi, кустарниково-разнотравными и петрофитными степями	31. Структурные пологонаклонные денудационно-аккумулятивные равнины с ковыльно-типчакowymi степями

Эффективное излучение земной поверхности определялось по формуле [30]:

$$E_e = E_s - \delta E_a, \quad (2.3)$$

где E_s – поток теплового излучения подстилающей поверхности, направленный в сторону атмосферы;

E_a – противоизлучение атмосферы;

δ – относительная излучательная способность поверхности.

Поток теплового излучения подстилающей поверхности, направленный в сторону атмосферы, определялся по формуле [30]:

$$E_s = \delta \sigma T^4, \quad (2.4)$$

где σ – постоянная Стефана–Больцмана;

T – температура воздуха.

Противоизлучение атмосферы определялось по формуле Д. Брента [30]:

$$E_a = \delta \sigma T^4 (a' + b \sqrt{e}), \quad (2.5)$$

где $a' = 1 - a$;

a и b – эмпирические константы;

e – парциальное давление водяного пара.

Согласно М. Е. Берлянд и Т. Г. Берлянд [30], $a = 0,39$; $b = 0,058$.

С целью определения величин парциального давления водяного пара была использована база данных реанализа MERRA-2 [287], которая позволяет получить данные по выбранной точке в пространстве. Они генерируются системой сразу в файл Microsoft Excel. На основе полученных данных о среднемесячных значениях относительной влажности воздуха и атмосферного давления в пределах рассматриваемых контуров были рассчитаны значения парциального давления водяного пара.

С целью расчета среднегодовоей температуры воздуха и количества осадков, стандартного отклонения и формируемой ими факторной энтропии полученные карты среднегодовых температур и количества осадков были соотнесены с ландшафтно-типологической картой Г. Е. Гришанкова [235]. Для каждого ландшафтного контура были рассчитаны среднегодовые значения температуры воздуха и количества осадков за каждую циркуляционную эпоху и период, а также значения стандартного отклонения.

Расчет энтропии факторного пространства осуществлялся для выбранных ключевых участков по формуле:

$$E(A) = - \sum \frac{f_i}{\sum f_i} \log_2 \frac{f_i}{\sum f_i}, \quad (2.6)$$

где f_i – количество точек заданного класса значений;

$\sum f_i$ – количество точек в контуре.

С целью приведения значений энтропии к относительным величинам была рассчитана относительная энтропия:

$$E = E(A)/n, \quad (2.7)$$

где n – количество выбранных классов.

2.3. Методика анализа межгодовой динамики региональных геоэкосистем в условиях изменения климата

2.3.1. Методика изучения пространственно-временной динамики характеристик экологических ниш региональных геоэкосистем

Для анализа совместного влияния факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» на региональные геоэкосистемы Крымского полуострова предлагается использовать концепцию экологической ниши. В качестве исходных данных были использованы полученные в работе климатические карты. На исследуемой территории строится сетка равноудаленных точек, для которых извлекаются среднегодовые значения температуры воздуха и количества осадков. В результате получается таблица, где для каждой точки имеется набор пространственных характеристик различных факторов. По методике, описанной в работах [62; 63; 202], производится построение двумерных экологических ниш, где осями факторного пространства выступают факторы «Температура, °С» и «Осадки, мм» соответственно для каждой циркуляционной эпохи и периода Северного полушария. Далее для выбранных ландшафтных контуров (таблицы 2.4, 2.5) осуществляется расчет значений их факторной амплитуды, включающий крайние значения амплитуды (минимальное и максимальное значение фактора в пределах контура), ширину амплитуды (разность между максимальным и минимальным значениями факторов), центральное значение амплитуды (медиана), среднее значение амплитуды.

Согласно [63], по среднему значению ширины факторной амплитуды представляется возможным провести классификацию ландшафтных контуров на эврифакторные (имеют широкие факторные амплитуды), стенофакторные (имеют узкие факторные амплитуды) и мезофакторные (имеют значения факторных амплитуд, которые нельзя отнести ни к стенофакторным, ни к эврифакторным). По [63], отнесение ландшафтных контуров к эврифакторным, мезофакторным или стенофакторным осуществляется по формуле:

$$Li = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n l(j)_i * 100\% = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{x_{ijmax} - x_{ijmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}} * 100\%, \quad (2.8)$$

где L_i – средняя ширина факторных амплитуд ландшафта i -го вида;

$l(j)_i$ – относительная амплитуда ландшафта i -го вида по j -му фактору;

n – количество факторов, для которых определяются факторные амплитуды;
 x_{ijmax} и x_{ijmin} – наибольшее и наименьшее значение амплитуды ландшафта i -го вида по j -му фактору;

X_{jmax} и X_{jmin} – максимальное и минимальное значение j -го фактора на исследуемой территории.

По [63], если значение меньше 10%, то ландшафтные контуры следует относить к стенофакторным, от 10 до 25% – к мезофакторным, от 25% – к эврифакторным.

Используя возможности программы ArcGIS, в работе была построена карта средней ширины факторных амплитуд ландшафтов Крымского полуострова с их дальнейшей классификацией.

В многомерном факторном пространстве экологические ниши относительно друг друга могут располагаться независимо; одна ниша может быть включена в другую; ниши могут перекрываться. Количественно степень перекрытия двухмерных ниш можно оценить графически – через отношение площади, на которой ниши пересекаются, к их общей площади на графике [62; 63]. Математически это можно представить следующим образом:

$$\mu_{ij} = \frac{S_x}{S_i + S_j - S_x'} \quad (2.9)$$

где μ_{ij} – мера перекрытия экологических ниш i -го и j -го типов;
 S_x – площадь пересечения экологических ниш i -го и j -го типов;
 S_i и S_j – площадь экологических ниш i -го и j -го типов.

Использование данных реанализа и обработка их в программных комплексах ArcGIS и QGIS позволили автоматически произвести расчет объемов экологических ниш ландшафтов Крымского полуострова для каждого циркуляционного периода и эпохи Северного полушария. Расчет объема экологической ниши ландшафтного контура производился по формуле:

$$V = \prod_{i=1}^n (\Delta x_i / x_m), \quad (2.10)$$

где V – объем ниши ландшафта;
 Δx_i – величина факторной амплитуды по i -му фактору;
 x_m – центральное значение амплитуды;
 n – число факторов, по которым построена ниша.

Использование программного комплекса QGIS позволило рассчитать значения медианы в пространстве факторов «Температура, °C» и «Осадки, мм» в пределах каждого ландшафтного контура, в то время как решить эту задачу с использованием ArcGIS не представляется возможным. На основании полученных данных по значениям медианы и факторной амплитуды для каждого ландшафтного контура, с использованием встроенных возможностей атрибутивной таблицы были рассчитаны объемы экологических ниш каждого ландшафтного контура и выполнена их картографическая визуализация.

2.3.2. Методика анализа пространственно-временной динамики продуктивности региональных геоэкосистем

В качестве материала исследований были использованы космические снимки Landsat за период с 1979 по 2017 г. (рисунок 2.6, таблица 2.5). Снимки были получены путем скачивания с открытого ресурса USGS [350]. Из всего каталога спутниковых данных были выбраны снимки с максимальным набором цветовых каналов типа Level 1 GeoTIFF Data Product. Всего было получено 277 космических снимков за разные периоды с различным территориальным охватом районов Крыма. Разрешение каждого снимка составляет 30×30 м.

Специфика орбиты спутников Landsat и особенности работы камеры делят территорию Крыма на четыре накладываются сегмента; они при наложе-

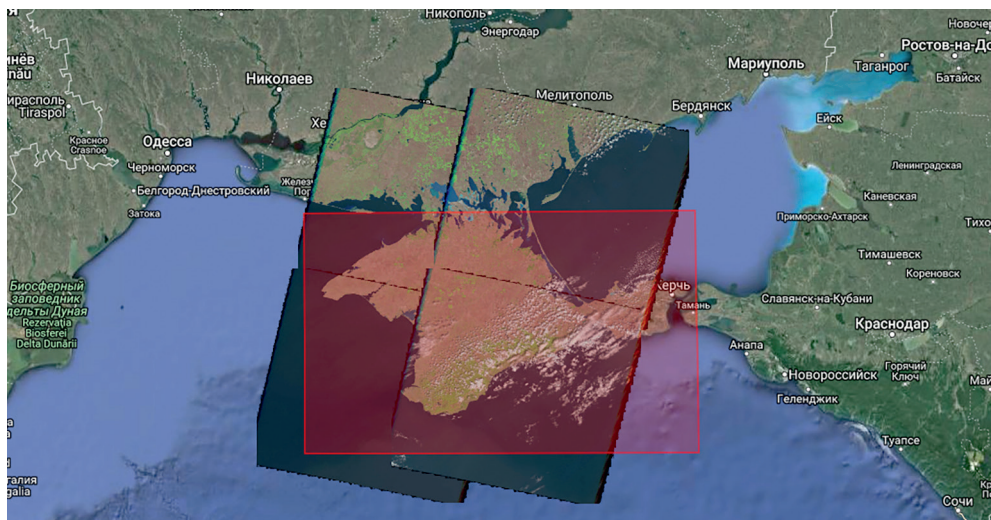


Рисунок 2.6. Распределение сегментов снимка проекта Landsat (последовательно против часовой стрелки 3–4–2–1).

нии позволяют получить достаточно детальное отображение территории в многоканальном спектре. Обработка снимков была произведена в программе ArcGIS. Особенности и история проекта Landsat не обеспечивают возможность получения полного комплекта всех четырех сегментов спутникового снимка для каждого из интересующих периодов. В ряде случаев на одну дату могут быть представлены 2, 3 или даже 1 сегмент снимка, в зависимости от прохождения орбиты спутника. Кроме того, наблюдается определенное смещение части снимков при переходе от спутника к спутнику (период с 1979 по 2017 г. охватывает работу спутников Landsat 3, Landsat 4, Landsat 5, Landsat 7 и Landsat 8).

При отбраковке снимков большое значение имеет наличие на них облачности. В работе было использовано правило минимизации облачности на снимке.

Важное значение имеет выбор диапазона дат, в пределах которых сегменты снимка могут быть тождественны для соединения. Поскольку основная цель анализа снимков состоит в оценке динамики величины биологической продуктивности, целевым периодом для наших исследований выступает вегетационный период.

Кроме того, анализ представленных в проекте снимков позволяет заключить, что в зимний и даже в осенний и весенний периоды практически на всех космических снимках присутствует облачность. В некоторых случаях она достигает 100%, что не позволяет использовать снимок.

В пределах вегетационного периода нами был выбран август месяц. В период этого месяца за 1979–2017 гг. доступны снимки на следующие даты: 01.08, 05.08, 06.08, 12.08, 16.06, 20.08, 26.08, 29.08, 31.08. Весь спектр снимков был обработан, снимки с облачностью были отбракованы.

Таблица 2.5. Реестр мультиспектральных космических снимков проекта Landsat ресурса USGS после обработки и растровой отбраковки, используемых для анализа в проекте

№	Год	Дата	Размер ячейки, м	Число и номер доступных сегментов	Диапазон длины волны	Номер спутника	Облачный покров, %	Азимут Солнца (градусы)	Элевация Солнца (градусы)
1	1979	21.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 3	0	142,41	50,68
2	1981	12.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 3	0	141,32	50,29
3	1982	08.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 3	0	141,27	50,27
4	1983	22.08	30×30	1,2,3,4	450–520	Landsat 4	7	142,34	50,65
5	1984	10.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 5	0	141,11	50,22
6	1985	20.08	30×30	1,2,3,4	450–520	Landsat 5	0	141,49	50,35
7	1986	23.08	30×30	1,2,3,4	450–520	Landsat 5	0	142,54	50,73
8	1987	26.08	30×30	1,2,3	450–520	Landsat 4	0	141,99	50,53
9	1988	21.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 4	0	142,41	50,68
10	1989	04.08	30×30	1,3,4	450–520	Landsat 5	12	142,01	50,54
11	1990	27.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	142,20	50,60
12	1991	21.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 5	0	142,12	50,58
13	1992	16.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	141,99	50,53
14	1993	15.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	141,87	50,49
15	1994	06.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	141,85	50,48
16	1995	16.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 5	3	141,80	50,46
17	1996	02.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 5	14	141,21	50,25
18	1997	03.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	142,22	50,61
19	1998	01.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	142,40	50,61
20	1999	04.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	142,41	50,68
21	2000	08.08	30×30	3	450–520	Landsat 5	0	142,01	50,54

Таблица 2.5. Окончание

22	2001	09.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 5	0	142,11	50,57
23	2002	12.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 6	0	142,42	50,68
24	2003	31.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 7	0	141,65	50,41
25	2004	01.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 6	0	141,32	50,29
26	2005	04.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 7	0	142,21	50,61
27	2006	07.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 7	0	141,98	50,53
28	2007	26.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 7	0	141,99	50,53
29	2009	06.08	30×30	1,2,3,4	450–520	Landsat 7	22	142,23	50,62
30	2010	18.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 7	0	142,02	50,54
31	2011	20.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 7	0	142,27	50,63
32	2012	12.08	30×30	1,2	450–520	Landsat 7	0	142,31	50,64
33	2013	18.08	30×30	1,3	450–520	Landsat 8	0	142,42	50,68
34	2014	16.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 8	0	142,40	50,68
35	2015	12.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 8	0	141,31	50,29
36	2016	18.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 8	11	141,89	50,49
37	2017	05.08	30×30	3,4	450–520	Landsat 8	0	142,39	50,67

При выборе последовательности наложения снимков учитывалась мера удаления облачности и приближение даты к середине вегетационного периода и к середине августа.

Анализ базы данных космических снимков показывает, что использование снимков за июнь является нецелесообразным, так как максимальная величина биологического разнообразия за данный период не достигнута. В июле величина биомассы существенно выше, однако на практике почти на каждом космоснимке присутствует облачность, особенно в пределах Горного Крыма, что связано с большим количеством осадков в данный период в Крыму. С учетом этого использовать июльские снимки достаточно затруднительно и нецелесообразно.

Таким образом, и с технической, и с логической точки зрения использование снимков за август является оптимальным вариантом: с одной стороны, за данный период до-

стигнута высокая величина биомассы, с другой стороны, снимки за данный период являются «наиболее чистыми» от облаков, и практически для каждого года из выбранного периода можно собрать хотя бы одну «полосу» пролета спутника над территорией Крыма.

Индекс NDVI представляет собой один из множества разработанных на сегодня индексов для определения величины биологической продуктивности геоэкосистем и базируется на расчете соотношения каналов мультиспектральных космических снимков. Это один из самых простых индексов для оценки количественного показателя биомассы; рассмотрение его методологии в рамках данной работы не представляет интерес, так как она является сформированной и апробированной. Отметим лишь, что в критике практики использования данного индекса ставится вопрос относительно необходимости сравнения данных с тестовыми участками для определения фактической величины биомассы, так как индекс является относительным. В рамках данного исследования нас больше интересует динамика величины продуктивности в относительных единицах при изменении климатических параметров, чем фактические величины биомассы. Отметим также, что для территории Крыма, в том числе для естественных растительных сообществ, накоплен широкий полевой опыт определения величины их продуктивности; интерпретация индекса также возможна, но в рамках наших исследований не является необходимой.

Автоматический расчет величины индекса в данном модуле возможен по шкале от 0 до 200 единиц (данный диапазон разработан для 8-битной структуры и может быть отображен при помощи цветовой шкалы или цветовой гаммы, что делает его использование более удобным); они впоследствии могут быть переведены в значения в диапазоне от 0 до 1 в классическом варианте интерпретации индекса. С учетом того, что задачей нашей работы ставится сравнение величины биологической продуктивности, а не дешифрирование растительного покрова, более удобным является применение стандартной шкалы ArcGIS. С целью проведения анализа многолетней пространственно-временной динамики продуктивности геоэкосистем как отражения смены их многолетних состояний была составлена база данных величин продуктивности геоэкосистем.

РАЗДЕЛ 3.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

3.1. Географическое положение

Крымский полуостров находится на востоке Европейской части континента Евразия. Его площадь составляет 26 000 км². С севера на юг полуостров протягивается на 207 км, а с запада на восток – на 324 км. Большая часть территории Крыма омывается Черным морем; в его пределах на северо-востоке выделяется Каркинитский залив, а на западе – Евпаторийский. Восточная и северо-восточная часть полуострова омываются Азовским морем, и в его пределах на северо-востоке располагается мелководный залив Сиваш, отделенный Арабатской стрелкой от основной акватории. На севере полуостров соединяется с материковой частью узким Перекопским перешейком, на западе отделяется Керченским проливом от Таманского полуострова.

3.2. Геолого-геоморфологическое строение

История формирования и особенности строения земной коры Крымского полуострова обуславливают выделение в его пределах трех частей: Равнинного Крыма, Горного Крыма и Керченского полуострова. В основании Равнинного Крыма лежит относительно устойчивая Скифская платформа, а в основании Горного – альпийская геосинклинальная область. В пределах Керченского полуострова происходит переход от Горного Крыма к Равнинному.

В пределах Скифской платформы в рельефе выделяются Северо-Крымская низменность, Тарханкутская возвышенная равнина и Центрально-Крымская равнина. Северо-Крымская низменность является идеально плоской равниной, в некоторых местах пересеченной балками и лощинами. Тарханкутская возвышенная равнина расчленена четырьмя увалоподобными грядами, вытянутыми с запада на восток и состоящими из коротких пологих возвышенностей. Их максимальная высота – 180 м. Структура возвышенностей нарушена многочисленными балками и лощинами, а днища понижений углублены долинами сухоречий и балок. Тарханкутская возвышенная равнина заканчивается на Тарханкутском полуострове, обрывистые берега которого достигают высоты 45–50 м. Центрально-Крымская равнина – плоская и малорасчлененная лощинами, балками и долинами рек. Из последних сильно выделяется лишь долина р. Салгир и ее притоков.

В пределах Керченского полуострова складки Горного Крыма переходят в Индоло-Кубанский предгорный прогиб Скифской платформы [200].

В рельефе переход отражается Парпачским гребнем, который делит полуостров на две части – юго-западную и северо-восточную. Юго-западная является пологоволнистой равниной, в некоторых местах нарушенной изолированными возвышенностями (грязевая сопка Джау-Тепе, Дюрмень, Кончек).

Северо-восточная характеризуется холмисто-грядовым рельефом, состоящим из известняковых гребней, в некоторых местах увенчанных холмами из мшанковых рифовых известняков. В котловинах, разделяющих гребни, встречаются сопки грязевых вулканов, характерные для территории полуострова.

Горный Крым относится к молодой подвижной кайнозойской складчатой зоне, в пределах которой располагаются Альпы, Карпаты и Большой Кавказ. Формирование Крымских гор началось со складкообразовательных процессов в мезозое. Тогда здесь образовались антиклинальные поднятия, а магматические породы извергнувшихся вулканов внедрились в осадочные отложения. Позднее влияние внешних рельефообразующих факторов обусловило размытие и выравнивание поверхности образованных поднятий. Затем наступила эпоха альпийского горообразования, когда суша дробилась на блоки и приподнималась (отдельные массивы – на высоту более 1000 м), вновь способствуя активизации рельефообразующих процессов. Возникновение землетрясений в Горном Крыму свидетельствует о продолжении перемещения блоков даже в настоящее время.

Крымские горы состоят из трех гряд, разделенных межгрядовыми понижениями: Главной, Внутренней и Внешней. Простираются на 180 км вдоль ЮБК от г. Севастополя до г. Феодосии. Ширина массива составляет 50 км. Высшая точка Крымских гор – г. Роман-Кош (1545 м). Главная гряда, характеризующаяся самыми высокими абсолютными отметками (1000–1500 м), простирается от Балаклавы до м. Ильи, Внутренняя (400–500 м) – от Мекензиевых гор до г. Агармыш, Внешняя (до 350 м) – от м. Фиолент до междуречья р. Бештерек и р. Зуя. В пределах Главной гряды можно выделить три участка: западный, средний, восточный. Западный расположен между м. Айя и Ай-Петринской яйлой и состоит из ряда скалистых гребней и межгорных котловин (Балаклавская, Варнаутская, Байдарская, Узунджинская). Характерной особенностью Главной гряды являются столообразные плоские вершины – яйлы, расположенные в ее средней части (Байдарская, Ай-Петринская, Ялтинская, Никитская, Гурзуфская, Бабуган-яйла, Чатыр-Даг, Демерджи, Долгоруковская и Караби-яйла). Восточная часть Главной гряды располагается между р. Танас и Феодосийским заливом и состоит из небольших горных массивов (г. Аю-Кая, г. Теркез и г. Перчем), скалистых гребней, скал.

Внутренняя и Внешняя гряды имеют вид ассиметричных куэстовых образований, северные и северо-западные склоны которых являются длинными и пологими, а южные и юго-восточные – короткими и крутыми. Реки северо-западных склонов Крымских гор образовали ряд каньонов («ворот») во Внутренней гряде: Альминский, Качинский, Бельбекский.

Так как территория Крымского полуострова сложена преимущественно известняками, здесь хорошо развиты карстовые процессы и широко представлены присущие им морфоскульптуры. В соответствии с карстовым районированием Крыма, на изучаемой территории выделяются Восточно-Европейская (провинция Скифской плиты) и Крымско-Кавказская (провинция Горного Кры-

ма) карстовые страны. В свою очередь, в пределах провинции Горного Крыма расположены Горно- и Предгорно-Крымская карстовые области, а в пределах провинции Скифской плиты – Равнинно-Крымская карстовая область [36].

Карстовые формы рельефа распространены на Долгоруковской яйле и Караби-яйле Главной гряды. Так, на Долгоруковской яйле карстовые воронки и котловины достигают в поперечнике 200 м и более, глубина воронок – до 30 м. На днищах карстово-эрозионных котловин плотность распространения воронок достигает 10–30 форм/км², а на их склонах и водоразделах – 0–10 форм/км². На северном склоне Куртлук-Молбайской котловины было выделено два участка с высокой степенью закарстованности, а комплекс геоморфологических, геологических, гидрогеологических и геохимических индикаторов указывает на гипогенно-карстовую природу этих образований. Исследователями гипогенного карста, в том числе крымскими [4; 107–110; 244; 303], было показано гипогенное происхождение пещер Внутренней гряды, а также то, что скульптурные, пещеристо-кавернозные и сотово-ячеистые формы и комплексы, представленные в обрывах куэстовых гряд, являются «реликтами морфологии гипогенных трещинно-карстовых каналов и их полостной каймы, экспонированными в результате продольного раскрытия таких каналов в результате гравитационно-блокового отступания обрывов по ним». Кроме того, на Главной гряде Крымских гор располагается ряд карстовых пещер: Мраморная, Красная, Эмине-Баир-Хосар, Скульская и др.

Южный берег Крыма характеризуется неоднородностью рельефа. Так, в его западной части наблюдается частое чередование обнажений горных пород разного генезиса и состава. Для склонов здесь характерен террасный ступенчатый оползневой рельеф, на побережье встречаются отторженцы яйлинских известняков, которые выступают в море мысами (г. Ильяс-Кая, г. Кошка, г. Могаби, м. Ай-Тодор и др.). В западной части ЮБК встречаются куполообразные массивы из магматических пород (г. Аю-Даг, г. Плака, г. Урага, г. Чамны-Бурун и др.). В районе пгт Голубой залив магматическими породами сложены г. Пиляки и г. Хыр, у пос. Береговое – м. Ифигения, у пос. Санаторное – гряда Дракон. Оползни и обвалы образуются в местах сильного обводнения пород (пгт Парковое, с. Оползневое, пос. Массандра). Ай-Петринская яйла отделяется от массива Бойко расселиной с крутыми склонами и узким дном – Большим каньоном Крыма. Остальная часть ЮБК характеризуется типичным грядово-эрозионным рельефом, осложненным обвалами, оползнями и долинами, пересеченными балками и оврагами.

Породы, слагающие территорию Равнинного Крыма, относятся к палеозойской, мезозойской и кайнозойской эре. Самые древние характерны для Тарханкутского полуострова; палеозой и мезозой распространен практически повсеместно на всей изучаемой территории.

Породы Тарханкутского полуострова, северо-западного и юго-западного Крыма относятся к Центральной и Сивашской структурно-формационной зоне. В северо-западной части полуострова большую часть территории занимают одесские слои из желтых известняков-ракушечников. В центральной

части Равнинного Крыма они чередуются с багратионовской толщей палеогрунтовых горизонтов вишнево-красных глин, которая окаймляется чатырлыкской толщей из мергелей с прослоями шоколадных глин с «шапкой» из желто-серых перекристаллизованных известняков. Балки вдоль побережья сложены херсонской свитой серых органогенных известняков с прослоями зеленоватых глин и акмонайской свитой желто-серых известняков с прослоями глин, изредка песчаников. В районе оз. Донузлав и внутренних понижений к ним добавляются желто-серые известняки, мергели и глины багеровской свиты и серовато-желтые оолитовые, детритовые, детрито-оолитовые известняки евпаторийской свиты. Что касается непосредственно Тарханкутского полуострова, то для него характерно наличие разрывных нарушений вдоль (надвиги, взбросы) и поперек (сбросы) побережья. Нарушениям подвергаются серые органогенные известняки херсонской свиты с прослоями зеленоватых глин, желто-серые известняки, мергели и глины багеровской свиты, светло-серые оолитово-органогенные пелитоморфные известняки бессарабской свиты, а также нерасчлененные отложения оолитовых, пелитоморфных известняков багеровской и акмонайской свиты с прослоями глин. В единичных случаях точечно встречаются светло-серые и зеленовато-серые мергели родниковской свиты с прослоями известняков и глин.

В северной части изучаемой территории в районе соляных озер распространены породы Сивашской, Центральной и Индольской структурно-формационных зон. Для этой территории характерны серые и зеленовато-серые глины, глинистые и кварцевые пески куяльницких слоев, переходящие в таманские слои темно-серых и пепельно-серых глин с прослойками кварцевого песка и изредка алевролитов. В некоторых местах в вышеописанных слоях встречаются тюп-джанкойские слои из оливково-коричневых воскоподобных глин. Значительную площадь между куяльницкими и таманскими слоями занимает верхняя подсвита ногайской свиты из серо-коричнево-палевых глин с включениями карбонатов и прослоями галечников, переходящая в нижнюю подсвиту из известковых коричневых глин и песков.

От побережья Черного до Азовского моря и до предгорий происходит смена горных пород Альминской, Центральной и Индольской структурно-формационных зон в вертикальном направлении. В районе соляных озер нижнетаврская (учкуевская) подсвита из коричнево-красных глин с прослоями песка и гравия с остракодами переходит в верхнетаврскую (андреевскую) подсвиту из серо-желтых глин, желто-коричневых в основании, с галькой и гравием с остракодами. Восточнее располагается багратионовская толща, сложенная палеогрунтовыми горизонтами, вишнево-красными, часто выщелоченными глинами. Ее сменяет нижняя подсвита ногайской свиты из глин от бурого до светло-коричневых с пятнами ожелезнения и мучнистыми карбонатами, а также верхняя подсвита ногайской свиты из глин от красноватого до серо-коричневых с гипсом, карбонатами, реже галькой. В районе побережья Азовского моря расположены таманские слои темно-серых и пепельно-серых глин с прослойками кварцевого песка и изредка алевролитов.

Керченский полуостров слагают породы палеогеновой и неогеновой системы. К олигоцену и нижнему эоцену относится толща серых и бурых глин с сидеритовыми конкрециями мощностью 1500–2000 м. Неогеновый разрез представлен здесь наиболее полно. Он состоит из глубоководных глин и мергелей, мощность которых достигает 750 м и уменьшается, характеризуясь появлением песчаных прослоев при продвижении к западной части Керченского полуострова. Сарматские отложения начинаются с горизонта серых и коричневатых нижнесарматских глин, покрытых мелководными известняками, песками и песчаниками. Завершается разрез сармата светлыми глинами с прослоями белых чистых мергелей. Мощность сарматских отложений достигает 150 м. Мэотические отложения Керченского полуострова представлены песчанистыми глинами, рифовыми известняками, глинами и глинистыми мергелями. На размытой поверхности понтических отложений залегают красноцветные желтовато-бурые и красно-бурые глины и алевролиты с прослоями песчаников и конгломератов (таврская свита).

Горные породы, слагающие массив Крымских гор, представлены мезозойскими и кайнозойскими отложениями, начиная с позднего триаса (таврической серия) и заканчивая понтическим ярусом неогена (казанковская толща).

Главная гряда сложена в основном мезозойскими породами юрского периода. Они относятся к Сухорецко-Байдарской, Ай-Петри-Бабуганской, Качинско-Салгирской структурно-формационным зонам. Неоднородность и сильная расчлененность рельефа обуславливают высокое разнообразие горных пород, особенно по сравнению с Равнинным Крымом. Вдоль берега в районе Фороса, Кацивели, Оползневого, Гаспры, Ялты, Гурзуфа, Алушты, Солнечногорска, Рыбачьего, а также между Ай-Петринской яйлой и понижением, граничащим с Внутренней грядой, распространены породы таврической серии. Они характеризуются чередованием флишевидных слоев песчаников, алевролитов и аргиллитов с конкрециями сидеритов с отдельными отложениями песчаникового, нормального и аргиллитового флиша. От Балаклавы до Кацивели в Байдарской долине преобладают породы одноименной свиты из красновато-серых слоистых брекчиеподобных известняков с биогермными массивами, а также беденекирской свиты из желтовато-серых водорослевых песчанистых известняков с прослоями глин, алевролитов и мергелей. В них вторгаются породы мелового периода: ширококовской толщи из зеленовато- и голубовато-серых глин с редкими маломощными прослоями мелкозернистых песчаников и многочисленными конкреционными прослоями коричневых сферосидеритов; новоборовской толщи из серых глин с прослоями онколитовых и брекчиеподобных известняков; свитой Бечку из желтовато-серых и темно-серых глин с прослоями песчаников, алевролитов, гравелитов, обломочных известняков с биогермами губковых известняков.

Вдоль побережья от Балаклавы до г. Алушта линейно протягиваются породы айвасилевской свиты, которая состоит из флишевидного переслоения песчаников и глин с конкрециями сидеритов, покрытых загипсованными глинами с септариевыми конкрециями и стоящих на полимиктовых песчани-

ках с линзами, и меласской свиты из переслоенных песчаников, туфопесчаников, алевролитов, аргиллитов. В районе с. Оползневое к ним добавляются породы карадагской свиты из риодацитовых и андезитовых лав с прослоями туфов, аргиллитов, алевролитов с конкрециями сидеритов в средней части и андезитовых туфов с прослоями туффитов и туфопесчаников, а также бешуйская свита из темно-серых алевролитов и пачек песчаников с угольными горизонтами. От пгт Симеиз до г. Алушты к породам линейного распространения вдоль побережья добавляются породы отрадненской свиты, состоящие из флишевидного переслоения алевролитов и песчаников с пачками песчаников. Севернее айвасилевской и меласской свиты располагаются породы ялтинской свиты из коричневатых-серых слоистых водорослевых известняков с прослоями алевролитовых и песчаных известняков; яйлинской свиты из коричневатых-серых слоистых водорослевых известняков с прослоями алевролитовых известняков и линзами песчаников и алевролитов, рифовыми и биогермными массивами. Здесь же в некоторых местах встречаются породы калафатларской свиты из коричневатых полимиктовых слоистых конгломератов; деймень-деринской свиты из алевролитовых глин с конкрециями сидеритов и прослоями обломочных известняков (верхняя подсвита), из флишевидного переслоения серых алевролитовых глин и коричневатых-серых обломочных известняков (верхняя подсвита).

В районе Балаклавы распространены породы сухоречской свиты из зеленоватых-серых конгломератов с прослоями песчаников и биогермными массивами серых известняков. Между м. Сарыч и Форосом, а также пгт Санаторное и с. Береговое точно встречаются породы бодракского субвулканического комплекса, представленного силлами и дайками микро-габбро-порфиринов, двопироксен-оливиновых базальтовых штоков и даек, а также лейкократовых базальтов и андезито-базальтов.

Севернее яйлинской и ялтинской свиты располагаются породы эскиординской свиты, представляющие собой флишевое переслоение песчаников, алевролитов, аргиллитов с линзами известняков; бешуйской свиты из алевролитов, песчаников с прослоями угля; бельбекской свиты из алевролитов, туфов, андезито-базальтов, диабазо-спилитов в основании и песчаников, туфогенных песчаников, алевролитов и аргиллитов в верхней части. Отсюда и до понижения между Главной и Внутренней грядой простираются породы таврической серии из двух- и трехкомпонентного флиша, представленного переслоением песчаников, алевролитов, аргиллитов, а также алевролитов, аргиллитов с линзами песчаников.

Между пгт Гурзуф и г. Алушта точно располагаются породы аюдагского комплекса малых интрузий из габбро-диоритов, кварцевых диоритов, лейкократовых гранитов и аплитов.

От пос. Солнечногорское до Нового Света распространены породы вышеупомянутой эскиординской и бешуйской свиты, а также приветненской свиты из переслоенного алевролитово-аргиллитового флиша с прослоями песчаников снизу и аргиллитов с конкрециями сидеритов и линзами сверху. К ним

локально примешиваются породы демерджинской свиты из конгломератов, гравелитов, песчаников, алевролитов с биогермными массивами; судакской свиты из глин с прослоями песчаников, известняков и линзами конгломератов снизу и глин с конкрециями сидеритов и биогермными массивами известняков сверху; башпармахской свиты из конгломератов с прослоями песчаников и обломками известняков снизу и известняками с прослоями песчаников и глин сверху; айфокинской свиты из алевропесчаников с прослоями песчаников снизу и песчаниками с линзами гравелитов и прослоями алевролитов сверху. Здесь же встречаются породы копсельской свиты из глин с сидеритами снизу и переслоенными глинами с сидеритами и песчаниками, известняками сверху; манджильской свиты, сложенной глинами с линзами конгломератов, песчаников, алевролитов с прослоями обломочных известняков снизу и алевротитистыми глинами с конкрециями сидеритов и прослоями песчаников сверху.

К северу от описанной территории расположены породы нижней под-свиты двукорной свиты из флишевидного переслоения глин и песчаников с прослоями известняков; к северо-западу – породы ялтинской свиты из слоистых известняков с прослоями известняковых мергелей, песчаников и глин и демерджинской свиты из конгломератов с прослоями песчаников, алевролитов с биогермными массивами, переходящими в породы беденекирской свиты из переслоенных известняков с прослоями мергелей, алевролитов и глин.

Породы, слагающие продольное понижение между Внешней и Внутренней грядой, относятся к Западной структурно-формационной зоне (далее – СФЗ). Севернее с. Передовое они частично смяты разрывными нарушениями и относятся к Чернореченско-Байдарской и Бельбекской подзоне Западной СФЗ. Первая представлена породами свиты Бечку из желтовато-серых и темно-серых глин с прослоями песчаников, алевролитов, гравелитов, обломочных известняков с биогермами губочных известняков; широковской толщей из зеленовато-серых, голубовато-серых глин с редкими маломощными прослоями мелкозернистых песчаников и многочисленными конкреционными прослоями коричневых сферосидеритов; балаклавской толщей из глин с серыми конкрециями сидеритов. Бельбекская подзона представлена кучинской толщей из коричневатых-серых фитолитовых известняков с прослоями алевролитов и песчаников и биогермами светло-серых известняков.

Ненарушенное понижение начинается в районе г. Балаклава с пород ка-наринской толщи из темно-серых песчаников с прослоями гравелитов, глин, туфов, туффитов. Затем до с. Скалистое оно представлено породами линейного распространения, относящимся к белогорской свите из серых и светло-серых мелоподобных мергелей, находящихся между переслоенными окремнелыми известняками с примесями зеленоватых глин и включениями сферичных конкреций кремниев; мендерской свите из светло-серых и белых мелоподобных мергелей, с включениями и прослоями черных кремниев; прохладненской свите из светло-серых и белых мелоподобных известняков

с включениями и прослоями кремниев, брекчиеподобных, изредка с прослоями песчаников и конгломератов; кудринской свите из светло-серых и белых мелоподобных мергелей с единичными кремнями, прослоями и примесями зеленых мергелей и глин (местами мергели песчанистые с прослоями песчаников и конгломератов); бешкосской свите из белых, кремово-белых мелоподобных мергелей с единичными конкрециями кремня; старосельской свите из белых и серых алевритистых мергелей с железистыми конкрециями, покрытых алевролитами и песчаниками.

От с. Скалистое и Партизанского водохранилища до Симферопольского водохранилища происходит смена вышеописанных пород на отложения Предгорной структурно-формационной зоны. В ее состав входит Качинско-Салгирская подзона. К ней относятся породы карагачской толщи из органических известняков и конгломератовидных песчаников; мариинской толщи из алевритистых глин с конкрециями мидеритов и баритов; терновской толщи из известняковых песчаников с прослоями алевролитов, гравелитов, глин, покрытых глауконитовыми песчаниками. Здесь же встречаются объединенные породы вышеописанной кудринской, бешкойской и старосельской свиты, а также белогорской свиты.

На юго-восток от Симферопольского водохранилища распространены породы Салги́ро-Чатырдагской подзоны. К ней относится малосалгирская толща из полимиктовых конгломератов и гравелитов с прослоями глин; ангарская толща из глин с конкрециями сидеритов, покрытая глинами с прослоями алевролитов и песчаников; салгирская свита из глин с прослоями песчаников, линзами гравелитов и известняков; мамацкая/мамайская толща из песчаников с прослоями глин. Также здесь встречаются породы Качинско-Салгирской подзоны из объединенных пород верхореческой и бурульчинской толщи (песчанистые глины с прослоями алевролитов и известняков) и Восточной подзоны из объединенных пород белогорской, мендерской и прохладненской толщи (мелоподобные мергели, покрытые прослоями глин и кремниев с многочисленными стилолитовыми швами, и с переслоенными окремнелыми известняками в основании). Южный и юго-восточный берег Симферопольского водохранилища сложен породами крымской свиты из флишево-переслоенных аргиллитов, алевролитов с прослоями песчанистого флиша или кварцевых песчаников (Евпаторийская и Альминская СФЗ); северный берег сложен породами беташской свиты из конгломератов, гравелитов, песчаников, глин (Беташская СФЗ); локально встречаются породы аюдагского комплекса малых интрузий из габбродиоритов, кварцевых диоритов, лейкократовых гранитов и аплитов.

В северо-восточном направлении от Симферопольского водохранилища, в районе с. Мазанка и с. Крымская роза, распространены отложения Бештерек-Бурульчинской подзоны Восточной СФЗ. Они представлены породами межигорской толщи из глин с прослоями песчаников, гравелитов, песков на прослойке известняков; соловьевской толщи из онколитовых обломочных известняков с прослоями песчаников и глин; зеленогорской толщи из кон-

гломератов, гравелитов с прослоями песчаников, песков и глин; бурульчинской толщи из органогенных и глинистых известняков с мелкой галькой.

В районе Тайганского и Белогорского водохранилища также распространены отложения Бештерек-Бурульчинской и Белогорско-Старокрымской подзоны Восточной СФЗ. К первой относятся породы курской толщи из глин с прослоями песчаников и конкрециями сидеритов; индольской толщи из глин с прослоями песчаников, гравелитов, иногда конгломератов; мелиховской толщи из алевроитовых известняковых глин с прослоями известняков песчаных, песков, мергелей. К Белогорско-Старокрымской подзоне относятся породы богатовской толщи из полимиктовых конгломератов с прослоями и линзами гравелитов, песчаников и глин; тайганской толщи из глин с прослоями сидеритов, а также объединенных пород белогорской, мендерской и прохладненской свиты из мелоподобных мергелей, покрытых прослоями глин, кремния с многочисленными стилолитовыми швами и переслоенными окремнелыми известняками в основании. Южнее Белогорского водохранилища распространены породы тополеводской толщи Белогорско-Старокрымской подзоны, состоящие из песчаных глин с конкрециями сидеритов и прослоями глинистых песчаников.

В районе с. Синекаменка представлены породы тополеводской толщи из песчаных глин с конкрециями сидеритов и прослоями глинистых песчаников; горлинской толщи из переслоения конгломератов и песчаников снизу и глин с прослоями известняков и песчаников сверху; старокрымской толщи из переслоения песчаников, глин и известняков сверху и конгломератов снизу; султановской свиты из глин с прослоями песчаников и брекчиевидных известняков с линзами мергелей (Белогорско-Старокрымская подзона).

В районе с. Грушевка располагаются породы вышеописанной индольской, тополеводской, горлинской, курской, тайганской толщи, а также мелеховской толщи из алевроитовых известняковых глин с прослоями песчаных известняков, песков, мергелей; объединенных кудринской, бешкойской и старосельской свиты из мелоподобных мергелей с единичными конкрециями кремния, прослоями и примесями зеленых мергелей и глин.

Внутренняя гряда сложена породами палеогенового периода, относящимися к Юго-Западной и Предгорной структурно-формационным зонам. В непосредственной близости от межгрядового понижения между Мекензиевыми горами и с. Новопавловка расположены породы белокаменной свиты из светло-серых фораминиферовых и мшанковых известняков, за ними узкой полосой протягиваются породы качинской свиты из серых песчаных мергелей и серовато-желтых глин с прослоями серых известняков. От Мекензиевых гор до с. Верхнекурганное располагаются породы объединенных бахчисарайской и симферопольской свит из нуммулитовых известняков и кварц-глауконитовых песков, а также объединенных новопавловской и альминской свит из мергелей и глин. Для северо-восточной части Внутренней гряды характерно распространение не только вышеописанных объединенных свит, но и глауконит-карбонатных песчаников и органогенно-детрито-

вых известняков, а также майкопской серии алевроитистых слабоизвестняковых глин с прослоями алевролитов.

Внешняя гряда сложена породами неогенового периода, которые относятся к Центральной и Альминской структурно-функциональной зоне. От м. Фиолент до района с. Кочергино и с. Шевченко наиболее распространены породы бессарабской свиты из светло-желтых оолитово-органогенных, пелитоморфных, доломитизированных известняков, которые сменяются на оолитово-органогенные, пелитоморфные с прослоями глин в северной и северо-восточной части гряды. Со стороны Внутренней гряды их опоясывают и в некоторых местах вклиниваются породы объединенной брыковской, спаниодонтелловой, сартаганской, веселянской и эрвилиево-фоладовой свиты из известняков, песчаников, светло-серых песков и песчаников с прослоями глин и песков. Примерно в средней части гряды располагаются породы казанковской толщи из галечников с прослоями гравия, песка и глин.

В соответствии со схемой районирования четвертичных отложений, изучаемая территория относится к Равнинно-Крымской подобласти Южно-украинской области Украинской платформенной равнины, разделенной на районы. Северная часть Равнинного Крыма и побережье залива Сиваш относятся к Южно-Сивашскому району. Здесь большую часть территории занимают эолово-делювиальные и элювиально-делювиальные отложения лессоподобных суглинков и суглинков палеогрунтов. В местах, где море резко вдается в сушу, образуя мелкие заливы или бухты, распространены лиманные и морские отложения алевролитовых илов и илистых песков с ракушками. Днища соляных озер выложены озерными отложениями из пелитовых илов, а балок – аллювиальными и аллювиально-пролювиальными отложениями I надпойменной террасы из супеси, суглинков с гравием и дресвой. В районе Бакальского озера находятся элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные отложения из суглинков и лессоподобных суглинков. Эти отложения простираются далее в северо-западную часть Равнинного Крыма и врезаются в Тарханкутский полуостров. Данная территория относится к Тарханкут-Новоселовскому району. Здесь балки сложены аллювиально-пролювиальными отложениями суглинков и супесей с щебнем, дресвой, гравием, галькой и песком. Вокруг балок и преимущественно в прибрежной части изучаемой территории расположены делювиально-пролювиальные отложения суглинков с дресвой и щебнем. На Тарханкутском полуострове и в районе оз. Сасык наблюдаются выходы на поверхность пород дочетвертичных отложений. В тех же районах образовались эолово-делювиальные, элювиально-делювиальные отложения лессоподобных суглинков и суглинков палеогрунтов; в центральной части Тарханкутского полуострова – элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные суглинки палеогрунтов и лессоподобные суглинки; элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные отложения глин и суглинков палеогрунтов. В некоторых местах локально расположены делювиально-пролювиальные отложения глин и суглинков с дресвой.

Тарханкут-Новоселовский район простирается до границы Южно-Сивашского района и также граничит с Восточнокрымским районом. Восточная часть Тарханкут-Новоселовского района также характеризуется большим разнообразием четвертичных отложений. Здесь элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные отложения суглинков и лессоподобных суглинков нарушены аллювиальными отложениями VII–VI надпойменных террас из галечников, гравия и песков; аллювиальными отложениями V–IV надпойменных террас из песков и супесей с гравием; аллювиально-пролювиальными отложениями III надпойменной террасы из суглинков, супесей и алевроитов; аллювиальными и аллювиально-пролювиальными отложениями I надпойменной террасы из супесей, суглинков с гравием и галькой. Кроме того, здесь представлены пролювиально-делювиальные отложения песчанистых глин с гравием, элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные отложения глин ископаемых грунтов с прослоями лессоподобных суглинков; элювиально-делювиальные отложения глин ископаемых грунтов. Также в некоторых местах имеются выходы на поверхность дочетвертичных пород. Восточнокрымский район представлен пролювиально-делювиальными отложениями суглинков и эолово-делювиальными и элювиально-делювиальными отложениями лессовидных суглинков, суглинков, глин ископаемых грунтов.

Североальминский район располагается на побережье Каламитского залива южнее Тарханкут-Новоселовского района. Здесь большую часть территории занимают эолово-делювиальные и элювиально-делювиальные отложения лессоподобных суглинков и суглинков палеогрунтов. Днища балок занимают аллювиально-пролювиальные отложения суглинков, алевроитов с прослоями гравия и гальки. В некоторых местах их окаймляют пролювиально-делювиальные отложения суглинков, гравия и глин с суглинистым наполнением. Дно соляных озер сложено озерными отложениями алевролитовых илов, алевролитов и суглинков. В районе оз. Кызыл-Яр балка сложена аллювиальными отложениями I надпойменной террасы из гравия, гальки с супесчанистым и суглинистым наполнением, суглинков, супесей с дресвой и галькой. При продвижении вглубь полуострова в пределах изучаемого района происходит смена пород на элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные суглинки палеогрунтов, лессовидных суглинков с щебнем и дресвой.

Четвертичные отложения Керченского полуострова представлены отложениями грязевых вулканов, глинами, суглинками, галечниками, песками, глинистыми илами, лессовидными суглинками, ракушечниками, глинами.

Генетические типы рельефа Равнинного Крыма представлены эрозионно-аккумулятивным, аккумулятивным, структурно-денудационным, эрозионно-денудационным типами.

К эрозионно-аккумулятивному типу относится выположенная эрозионно-аккумулятивная поверхность позднеплейстоценово-раннеплейстоценового возраста, сложенная эоловыми, делювиальными и аллювиальными отложениями, расположенная в северной части Равнинного Крыма и в Присивашье. В этой же группе выделяются слабонаклонные аккумулятивно-эро-

зионные поверхности среднеплейстоценово-голоценового возраста, сложенные аллювиально-пролювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями, расположенные у балок или побережий. Прибрежная часть оз. Джарылгач и оз. Донузлав представлена наклонной шлейфовой поверхностью миоценово-позднеплейстоценового возраста, сложенной делювиально-пролювиальными отложениями.

Большую часть территории занимает чередование пологих интенсивно расчлененных склонов водоразделов миоценово-раннеплейстоценового возраста, сложенных золово-делювиальными отложениями (эрозионно-денудационный тип) и волнистой поверхности выравнивания позднемиоценово-раннеплиоценового возраста, сложенной золово-делювиальными и делювиально-пролювиальными отложениями (структурно-денудационный тип). Также к эрозионно-денудационному типу относятся относительно крутые склоны балок позднеплейстоценово-голоценового возраста, сложенные элювиально-делювиальными отложениями. К структурно-денудационному типу относятся слабонаклонные поверхности выравнивания позднемиоценово-голоценового возраста, сложенные элювиальными отложениями, и встречающиеся локально слабонаклонные поверхности выравнивания позднемиоценово-голоценового возраста, сложенные коренными и элювиальными отложениями.

Аккумулятивный тип рельефа характерен для мелководных частей оз. Донузлав, оз. Джарылгач и залива Сиваш и является слабопрогнутой поверхностью днищ озер и лиманов позднеплейстоценово-голоценового возраста, сложенной озерными и лиманными отложениями. В свою очередь, Арабатская стрелка – это слабоволнистая поверхность морских кос и пересыпей голоценового возраста, сложенная морскими отложениями.

На большей части территории Крымских гор наблюдается выход на поверхность дочетвертичных пород. Четвертичные представлены в основном отложениями от среднего до позднего и современного неоплейстоцена в линейно вытянутых эрозионных формах рельефа. В балках это пролювиальные отложения из суглинков, супесей с дресвой, глыбами и щебнем. В районах временно стабилизированных сдвигов распространены коллювиальные отложения блоков известняков, глыб, валунов, щебня и дресвы с глинистым и суглинистым наполнением. Встречаются элювиально-делювиальные и золово-делювиальные отложения суглинков палеогрунтов, лессовидных суглинков с щебнем и дресвой. В крайней западной части Главной гряды встречаются делювиально-пролювиальные отложения переслоенной дресвы с щебнем, суглинков с глинами; делювиальные отложения суглинков, супесей с обломками песчаников, алевролитов, известняков, магматических пород; пролювиальные отложения суглинков, супесей с дресвой.

Делювиальные отложения суглинков, супесей с обломками песчаников, алевролитов, известняков, магматических пород широко распространены и в центральной части изучаемой территории. К югу и востоку от Симферопольского водохранилища располагаются делювиальные отложения из суглин-

ков с дресвой и щебнем; из суглинков и супесей с дресвой; из щебня, дресвы и суглинков. Начало балки, протягивающейся к Симферопольскому водохранилищу, сложено аллювиальными отложениями V надпойменной террасы из песка, гравия и гальки. К северу от Симферопольского водохранилища расположены эолово-делювиальные и элювиально-делювиальные отложения суглинков и лессоподобных суглинков, вышеупомянутые отложения V надпойменной террасы; аллювиальные и аллювиально-пролювиальные отложения IX–X надпойменных террас из галечников, гравия, песков с суглинистым и глинистым заполнением; аллювиальные отложения VII надпойменной террасы из галечно-гравийных образований с суглинистым заполнением. Между Симферопольским и Белогорским водохранилищем располагаются элювиально-делювиальные отложения из суглинков палеогрунтов; пролювиально-делювиальные отложения из суглинков с дресвой и щебнем; аллювиально-пролювиальные отложения из суглинков, супесей с галькой и гравием и элювиально-делювиальные отложения из дресвяно-щебнистого материала с суглинистым заполнением. В районе Белогорского водохранилища к вышеупомянутым пролювиально- и аллювиально-делювиальным отложениям добавляются аллювиальные отложения V надпойменной террасы из песка, гравия и гальки, севернее встречаются элювиально-делювиальные и эолово-делювиальные отложения глиен палеогрунтов и лессоподобных суглинков. К юго-востоку от Белогорского водохранилища встречаются колювиально-делювиальные отложения из валунов, щебня, известняков с суглинистым заполнением; делювиальные отложения из суглинков с дресвой и щебнем, из суглинков, супесей с дресвой; пролювиально-делювиальные отложения суглинков, гравия, щебня с суглинистым заполнением; делювиально-солифлюкционные отложения из суглинков, глиен с дресвой и обломками известняков. В крайней восточной части горного массива расположены вышеупомянутые пролювиально-делювиальные отложения из суглинков с дресвой и щебнем; аллювиально-пролювиальные отложения из суглинков, супесей с галькой и гравием; аллювиально-пролювиальные отложения IX–X надпойменных террас из галечников, гравия, песков с суглинистым и глинистым заполнением.

Русла рек сложены аллювиальными отложениями I надпойменной террасы из гравия, гальки, глыб с супесчаным и суглинистым заполнением, суглинков, глиен, супесей с дресвой и галькой.

Южный берег Крыма характеризуется весьма широким разнообразием четвертичных отложений верхнего неоплейстоцена-голоцена, наиболее распространенными из которых являются сдвиговые отложения блоков известняков, песчаников, флиша, валунов, щебня и дресвы с глинистым заполнением; делювиальные отложения суглинков, гравия, щебня с суглинистым заполнением, а также морскими отложениями голоцена из галечников с прослоями песков и ракушечников.

Генетические типы рельефа Горного Крыма представлены эрозионно-тектоническим, эрозионно-денудационным, эрозионно-аккумулятивным, гравитационным и структурно-денудационным типами.

К структурно-денудационному относятся поверхности среднегорного расчлененного рельефа западной, центральной и восточной части Главной гряды Крымских гор эоплейстоцен-голоценового периода. На их территории локально выделяются пологонаклонные поверхности яйлинских нагорий мелово-раннеплиоценового возраста. В этой же категории выделяется наклоненная поверхность куэст Внутренней гряды позднемиоценово-голоценового возраста и пологонаклонная волнистая поверхность куэст Внешней гряды позднеплиоценово-плейстоценового возраста.

Южнее внутренних куэстовых поверхностей выделяется эрозионно-тектонический тип рельефа, представленный среднегорным интенсивно расчлененным пологонаклонным рельефом северного склона Главной гряды Крымских гор четвертичного возраста. Также он встречается на ЮБК наряду со среднегорным интенсивно расчлененным крутонаклонным рельефом Южного побережья четвертичного возраста.

Эрозионно-денудационный тип рельефа представлен относительно крутыми склонами балок позднеплейстоценово-голоценового периода, сложенных элювиально-делювиальными отложениями.

К гравитационному типу относятся холмистые крутонаклонные поверхности денудационных склонов и шлейфов неоплейстоценового возраста, сложенные элювиально-колювиальными отложениями.

К эрозионно-аккумулятивному типу рельефа относятся поймы и надпойменные террасы рек. Здесь выделяются пойма и первая надпойменная терраса позднеплейстоценово-голоценового возраста. В некоторых местах встречается II надпойменная терраса позднеплейстоценового возраста и IV надпойменная терраса средне-позднеплейстоценового периода.

3.3. Климат

Крымский полуостров расположен в крайней южной части умеренного пояса. На его территории выделяются три климатических района: степной, горный, южнобережный. Климат Равнинного Крыма – континентальный умеренно-теплый; горный характеризуется снижением континентальности с высотой; южнобережный приобретает черты средиземноморского с жарким, засушливым летом и теплой, дождливой зимой [105].

В формировании климата решающую роль играют такие климатообразующие факторы, как радиационный баланс, циркуляционные особенности атмосферы, рельеф территории, существенно влияние Черного и Азовского морей. На протяжении большей части года на территорию Крыма поступает значительное количество солнечной энергии. Ее приход превышает расход (кроме января и февраля). В среднем на 1 см² прямые солнечные лучи приносят около 11 ккал тепла. В атмосферной циркуляции над территорией Крымского полуострова решающую роль играет приток воздуха с Атлантики – Западный перенос. Также на формирование климата огромное влияние оказывают Крымские горы. Они защищают южный берег Крыма от вторже-

ния холодных воздушных масс с севера и способствуют возникновению восходящих токов воздуха и конвекции, что приводит к увеличению количества осадков [106].

В соответствии с картой климатического районирования Крыма, его равнинная часть относится к Причерноморской климатической области, в пределах которой выделяются Причерноморская и Приазовская степи, соответствующие побережьям одноименных морей. И большую часть территории Равнинного Крыма занимает Крымская степь Атлантико-континентальной степной области [106]. Господствующим типом климата на территории Равнинного Крыма является континентальный умеренно-теплый [105].

Сумма прямой солнечной радиации (рисунок 3.1) максимальна в районе Каламитского залива и северного побережья Тарханкутского полуострова: 887 кВтч/м^2 и 825 кВтч/м^2 соответственно. Затем происходит постепенное снижение до 783 кВтч/м^2 на узкой полосе вдоль северо-западного, западного и юго-западного берега Крыма. В центральной и северо-восточной части полуострова исследуемый показатель колеблется в пределах $721\text{--}732 \text{ кВтч/м}^2$, что является минимумом для Равнинного Крыма. На Керченском полуострове сумма прямой солнечной радиации составляет $740\text{--}780 \text{ кВтч/м}^2$. Суммарное количество рассеянной солнечной радиации минимально на побережье Каркинитского залива, Тарханкутского полуострова, в районе г. Евпатории и г. Керчи ($547\text{--}654 \text{ кВтч/м}^2$) (рисунок 3.2). С продвижением к центральной и западной части Равнинного Крыма этот показатель увеличивается до 684--

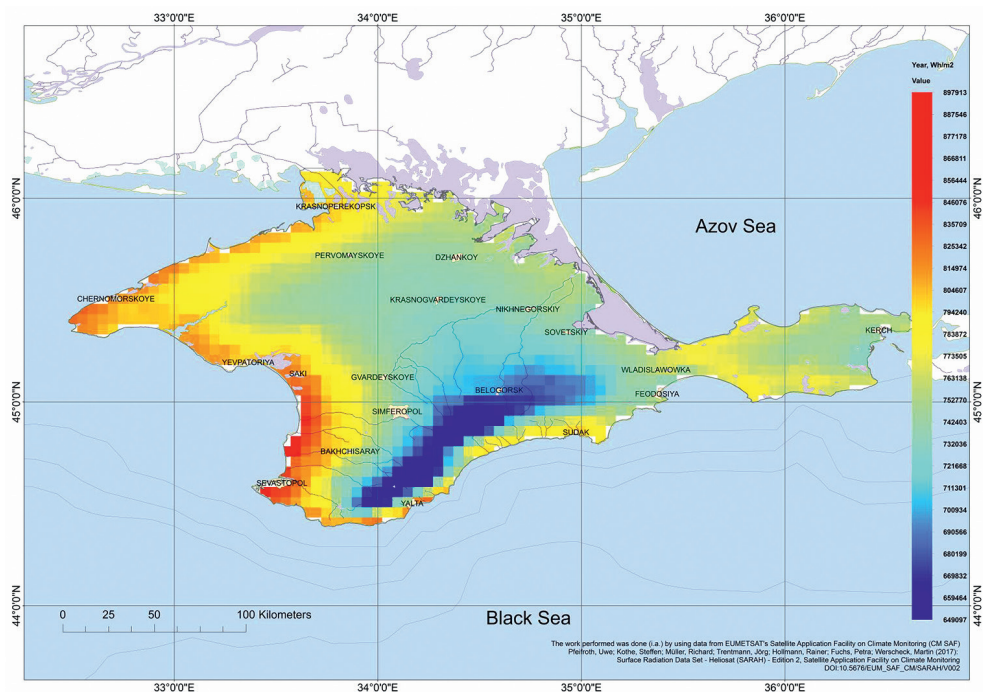


Рисунок 3.1. Сумма прямой солнечной радиации в Крыму в год.

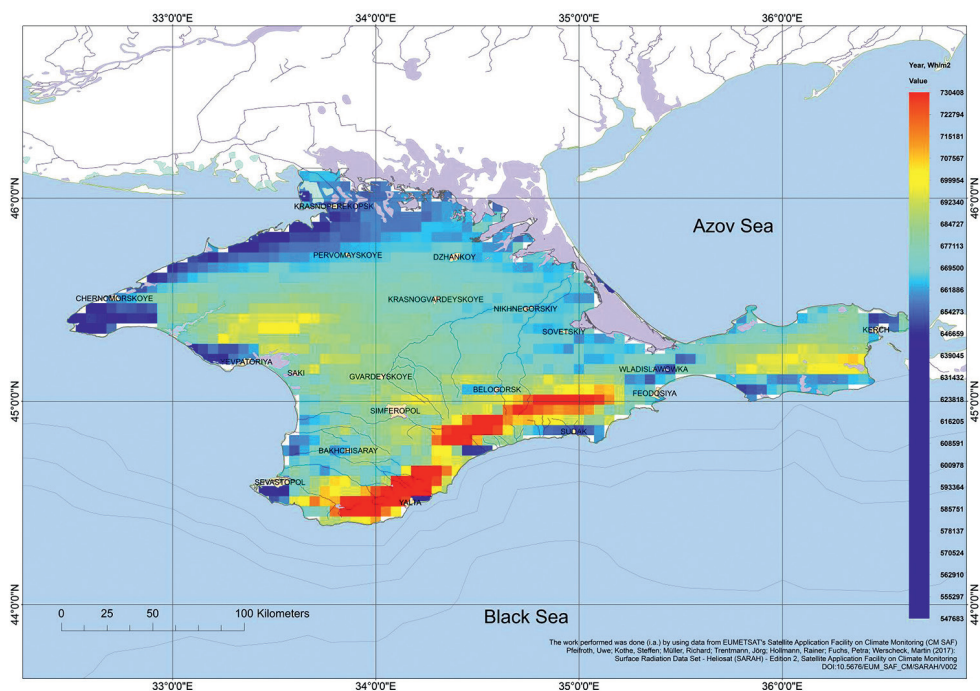


Рисунок 3.2. Сумма рассеянной солнечной радиации в Крыму в год.

690 кВтч/м². Распределение суммарной солнечной радиации в Крыму схоже с распределением для прямой: максимальные показатели – на западном черноморском побережье, минимальные – в центральной части полуострова (рисунок 3.3).

Среднегодовые температуры в пределах Равнинного Крыма повышаются с продвижением с севера на юг (рисунок 3.4). Диапазон показателя колеблется в пределах +10,4...+12,3 °С, причем минимальная температура характерна для Перекопского перешейка, части Присивашья и центра Тарханкутского полуострова, а максимальная – для полосы, простирающейся от Каламитского до Арабатского залива. На Керченском полуострове температура растет с северо-запада на юго-восток в таком же диапазоне.

Анализ многолетнего (1899–2009) ряда изменения температуры на территории Крымского полуострова позволил выяснить, что произошло увеличение среднемесячной температуры в июле и уменьшение – в январе в пределах Симферополя, а также увеличение среднемесячной январской и июльской температуры по Феодосии.

За 110 лет среднегодовая температура повысилась в районе г. Симферополя на 0,7 °С, г. Евпатория – на 0,6 °С, в районе Карадага – на 0,5 °С [247].

На территории Равнинного Крыма количество осадков является минимальным и не превышает 460 мм/год (рисунок 3.5). Максимальный показатель для этой территории (421–460 мм/год) характерен для его центральной

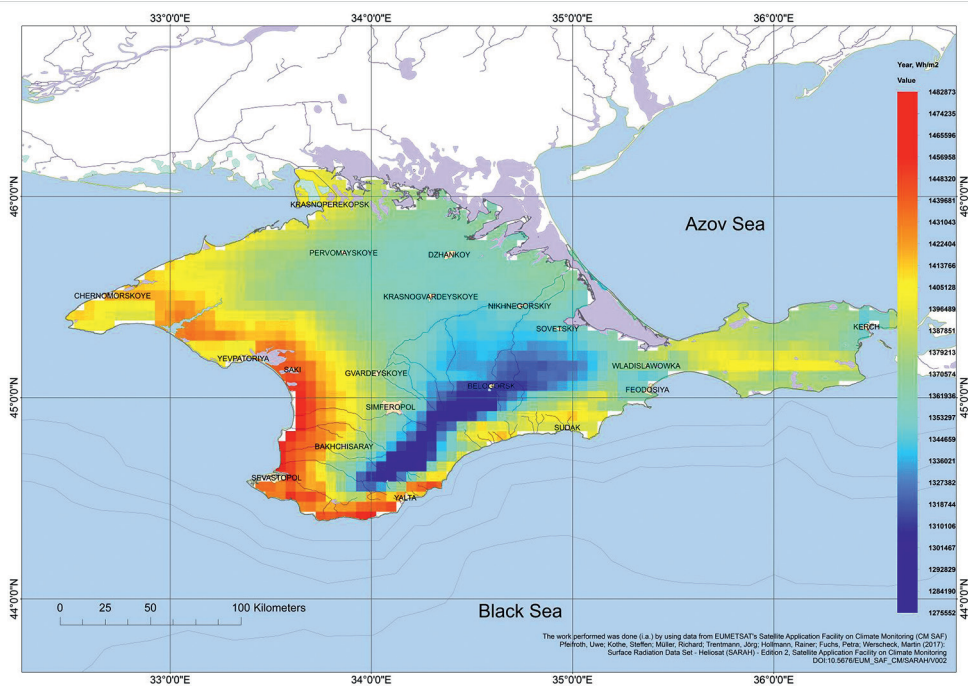


Рисунок 3.3. Количество суммарной солнечной радиации в Крыму в год.

части с продвижением к Предгорью, для Тарханкутского и Керченского полуострова, а также для Новоселовского поднятия. Минимальные значения (303–421 мм/год) характерны для побережья Каркинитского и Каламитского залива, района оз. Донузлав и всего Присивашья, а также северного побережья Керченского полуострова.

В разные сезоны года над территорией Равнинного Крыма преобладают ветра различных направлений. В зимний период это определяется влиянием азиатского антициклона: сюда приходит холодный воздух с севера и северо-востока, где над Европейской частью России формируются области высокого давления. Эти воздушные массы значительно нивелируют воздействие омывающих Крым морей. В то же время циклоны со Средиземного моря, приходящие с юго-запада, приносят теплый тропический воздух. Для степей характерно вторжение с севера холодного арктического воздуха, который способствует понижению температуры до -30°C .

Весенняя циркуляция определяется снижением роли азиатского антициклона и повышением роли азорского. Ее начало сопровождается шквалистым усилением ветра с быстрой сменой его направления и активизацией циклонов, которые приходят на Черное море с запада. Позднее циклоны, приходящие с юга и юго-запада, приносят теплый воздух со Средиземного и Черного моря, что в совокупности с усилением влияния азорского антициклона способствует установлению теплой солнечной погоды практически

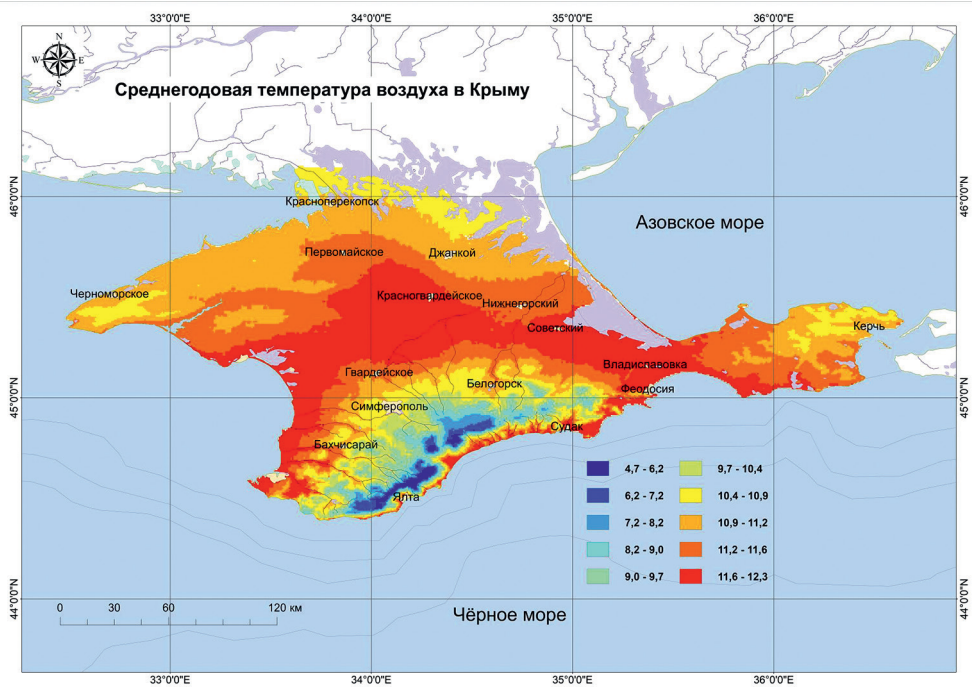


Рисунок 3.4. Среднегодовая температура воздуха в Крыму, °C.

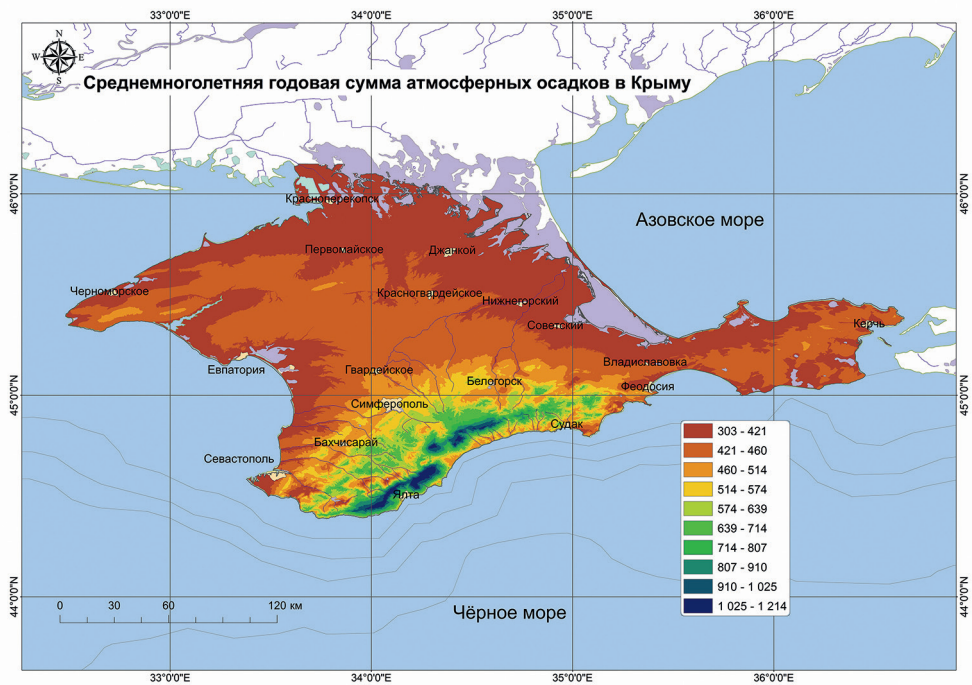


Рисунок 3.5. Среднегодоватняя сумма атмосферных осадков в Крыму, год, мм.

без осадков. Начало лета также характеризуется сильным влиянием азорского максимума.

К этому времени суша уже прогрета сильнее, чем оба моря; соответственно, возрастает роль бризовой циркуляции. В связи с этим возрастает повторяемость юго-западных ветров, приходящих с моря днем, и северных, приходящих ночью. Для летнего сезона характерны возникновение местных северо-восточных штормов и в то же время максимальное число штилей за весь год.

В осенний период, как и в зимний, циркуляция атмосферы Крыма определяется влиянием азиатского антициклона и активизацией северных и северо-восточных ветров до полного выхолаживания территории и перехода к зиме [105].

Горный Крым относится к области климата предгорий и гор, в пределах которой выделяются Предгорье (300–500 м), непосредственно Горный Крым (выше 500 м) и ЮБК. С высотой в горах континентальность климата понижается, приобретая специфические черты на вершинах (яйлах) [106]. Крымские горы выступают в качестве препятствия для воздушных течений, идущих с севера на ЮБК, способствуют накоплению и переваливанию воздуха и формированию таких местных ветров, как фен и бора. В Горном Крыму выпадает повышенное количество осадков, а над массивом формируются фронтальные разделы, которые сопровождаются грозами и ливнями [105].

Суммарная солнечная радиация на территории Горного Крыма колеблется в пределах от 116,6 ккал/см² в районе г. Белогорска до 126,3 ккал/см² на Караби-яйле. В зимнее время максимальные значения солнечной радиации зафиксированы на нагорьях, а летом – у западного и восточного побережья Крыма. Годовой радиационный баланс составляет 52,4–57,2 ккал/см² в районе г. Белогорска и г. Севастополя. В течение всего года радиационный баланс является положительным, за исключением нагорий, где значения этого показателя опускаются до –5,5...–6,1 ккал/см² [105].

Атмосферная циркуляция Горного Крыма определяется влиянием таких областей высокого давления, как Азорский и Азиатский максимумы. Воздушные массы, преобладающие на данной территории, относятся к континентальному воздуху умеренных широт. Их повторяемость составляет 60–65 %. В летнее время эти воздушные массы трансформируются в местный тропический воздух; зимний период характеризуется частыми вторжениями холодного арктического воздуха. Особенностью зимнего периода является наличие более теплых инверсионных слоев воздуха над холодными арктическими массами, в связи с чем иногда в горах температуры воздуха выше, чем у подножий. Весной и осенью территория Горного Крыма подвержена воздействию теплых воздушных масс, приходящих с Малой Азии и Балкан, что характеризуется уменьшением облачности и усилением инсоляции [105].

Специфический характер температурного режима в Горном Крыму обуславливает выделение в его пределах двух районов: ЮБК, подверженного влиянию моря, и горного с высотной поясностью климата. Первый харак-

теризуется более мягкими условиями и высокими температурами. Именно здесь располагается отрезок от м. Форос до г. Алушты, который является самым теплым на полуострове: средняя температура января здесь положительная, $+3...+4^{\circ}\text{C}$, в то время как в горах она опускается до $-2...-4^{\circ}\text{C}$. Температурный градиент в Крымских горах составляет $0,62^{\circ}\text{C}$ на 100 м зимой, $0,72^{\circ}\text{C}$ на 100 м летом и $0,55^{\circ}\text{C}$ на 100 м осенью. Максимальные температуры – $+36...+38^{\circ}\text{C}$ для ЮБК, $+29...+32^{\circ}\text{C}$ для гор; минимальные составляют $-14...-17^{\circ}\text{C}$ для ЮБК, $-30...-32^{\circ}\text{C}$ для гор. Местные условия также могут оказывать влияние на температуру воздуха: она меняется в пределах $4-5^{\circ}\text{C}$ на склонах и $10-12^{\circ}\text{C}$ на нагорьях. Таким образом, более теплыми являются верхние части склонов и вершины возвышенностей, а более холодными – карстовые воронки и котловины, глубокие долины рек [105].

Для Горного Крыма характерно два типа годового хода осадков: континентальный (летний) и средиземноморский. Летний тип характеризуется преобладанием осадков в теплый период года над осадками в холодный. Он распространен на большей части Горного Крыма. В средиземноморском типе, напротив, большая часть осадков выпадает в холодный период и меньшая – в теплый. Он характерен для Главной гряды и западной части ЮБК. Граница между двумя описанными типами протекает по линии Мангуп – Алушта. Количество осадков в Горном Крыму колеблется в пределах 350–600 мм в год; в связи с этим на его территории выделяется три района: ЮБК с количеством осадков 350–450 мм, предгорье, куда входит часть ЮБК, где годовая сумма осадков составляет 450–600 мм, горный с количеством осадков более 600 мм в год. С продвижением с запада на восток по ЮБК годовые суммы осадков уменьшаются от 560 мм в г. Ялте до 318 мм в г. Судак. В горах данный показатель пропорционален высоте над уровнем моря. Вертикальные градиенты осадков в районе г. Ялты составляют 50–60 мм на 100 м, в районе г. Судака – около 80 мм на 100 м. На высоте 700–1000 м находится зона соразмерности тепла и влаги: здесь годовое количество тепла солнечной радиации приблизительно равно годовому количеству осадков. Относительно устойчивый снежный покров характерен только для нагорий; нижняя граница снеговой линии находится на высоте 400–600 м над уровнем моря и редко опускается до 200 м [105].

Абсолютная влажность воздуха в горах составляет около 12–13 мб, что ниже, чем в предгорьях или на южном побережье. В зимнее время этот показатель почти не изменяется, за исключением нагорий, где во время антициклонических фенів снижается до 5–6 мб. В летнее время в восточной части ЮБК и на вершинах Главной гряды наблюдается дефицит влажности, которая составляет 12–13 мб и 7 мб соответственно. Максимальное увеличение влажности воздуха происходит в период с апреля по май и с мая по июнь [105].

Особенности ветрового режима Горного Крыма обуславливают деление этой территории на 3 района: предгорный, горный, ЮБК. В предгорьях преобладающими направлениями ветров являются западное и северо-западное, в горах – северо-западное и западное, на ЮБК – северное и северо-запад-

ное. Средняя скорость ветра в предгорьях является невысокой и в течение 160–170 дней в год не превышает 1 м/с. В горах этот показатель составляет 5,8–6,4 м/с и в некоторых местах достигает 40 м/с. Для ЮБК и горных районов характерны местные ветры, такие как фены, бризы, горно-долинные и сухо-веи, в некоторых случаях сопровождающиеся пыльными бурями [105].

3.4. Поверхностные и подземные воды

Характерная черта Крымского полуострова – малая обводненность территории и, как следствие, недостаток пресной воды. Особенности крымских рек являются небольшие площади водосборных бассейнов, малая длина, а также низкие объемы протекающей воды. В летнее время большая часть пересыхает, а функционировать начинает только после таяния снега или выпадения осадков. Средняя длина крымских рек не превышает 10 км, кроме рек Салгир (204 км) и Чатырлык (100 км), протекающих по равнинной части полуострова. Здесь густота речной сети составляет 0,2 км/км². В свою очередь, большая часть водотоков находится в Крымских горах, что говорит о неравномерном распределении водных ресурсов по территории полуострова. Густота речной сети здесь составляет 0,7 км/км², а речной сток изменяется с высотой водосбора, то есть его распределение подчинено вертикальной зональности.

Согласно классификации Б. Д. Зайкова, крымские реки относятся к водотокам с паводочным режимом крымского подтипа, где паводки происходят в зимне-весенний (холодный) период, а межень – в летне-осенний (теплый). Обычно самым многоводным месяцем является март, а маловодным – сентябрь.

Так как территорию Крымского полуострова можно разделить на две большие части – равнинную и горную, можно выделить и группы рек, им соответствующие. По классификации А. Н. Олиферова и З. В. Тимченко [178], к рекам Равнинного Крыма можно отнести Салгир и его притоки, реки и балки Равнинного Крыма, реки и балки Керченского полуострова. К рекам Горного Крыма можно отнести реки северо-западных и северо-восточных склонов Крымских гор, реки ЮБК.

Река Салгир и его притоки. Река Салгир с притоком Биюк-Карасу представляют собой самую длинную речную систему в Крыму. Площадь водосбора бассейна составляет 3750 км², густота речной сети – 0,25 км/км². Общая длина р. Салгир с 14 притоками составляет 923 км. К левым притокам Салгира относятся: р. Ангара (13 км), р. Аян (5 км), р. Хараб-Тавель (10 км), р. Аратук (10 км), р. Джума (8,5 км), р. Курцы (7,8 км), р. Славянка (9,2 км). Правые притоки: р. Малый Салгир (22 км), р. Галтчик-Кая (Маленькая) (37 км), р. Зуя (49 км), р. Бурульча (76 км), р. Биюк-Карасу (86 км), р. Кизил-Коба (5 км).

Реки Равнинного Крыма. В силу того, что территория Равнинного Крыма имеет малые уклоны, здесь находятся самые маловодные водотоки, представленные балками и сухоречьями, зачастую даже не имеющими названий. Крупнейшими реками, протекающими на этой территории, являются выше-

упомянутая р. Салгир в западной части и р. Чатырлык в восточной, а также реки Булганак и Альма в малой части крайнего юго-запада. Крупные пресные озера на изучаемой территории отсутствуют, мелководные соляные озера представлены Перекопской (северная часть), Тарханкутской (северо-западная часть), Керченской и Евпаторийской группами (юго-запад) [186]. Также заслуживающим внимания водоемом Равнинного Крыма является оз. Донузлав, протяженность которого составляет 30 км. По мнению Е. В. Львовой [157], оно образовалось в результате заполнения морской водой тектонической трещины. Недостаток пресных вод компенсируется большим количеством водохранилищ (Симферопольское, Бахчисарайское, Чернореченское и др.) и прудов (Михайловский). Большая часть водохранилищ расположена на Керченском полуострове, а прудов – вырыта в степи или в подовых углублениях самоизливающихся артезианских скважин [37]. На территории Равнинного Крыма функционирует Северо-Крымский канал (далее – СКК), ответвления от которого обеспечивают эту территорию пресными водами. Реки бассейна Азовского моря представляют собой коллекторно-дренажную сеть для отвода вод в зоне орошения от СКК и характеризуются искусственно спрямленными руслами. К ним относятся реки: Неточная, Сиваш, Целинная, Мироновка, Степная, Зеленая, Победная, Стальная, Гвардейская. Один из крупнейших городов Равнинного Крыма, Джанкой, расположен в долине р. Мирновка и ее притока р. Степная.

Реки Керченского полуострова являются самыми маловодными и поэтому практически неизученными. На изучаемой территории насчитывается около 50 водотоков (суммарно с балками), которые безводны на протяжении большей части года, однако во время обводнения заполняют пресной водой около 80 прудов общим объемом 8,9 млн м³ только на территории Ленинского района. Ранее основным источников пресной воды на Керченском полуострове были колодцы, сейчас это водохранилища: Фронтное, Станционное, Самарлинское, Зеленоярское, Юзмакское, Сокольское [37]. К крупнейшим рекам изучаемой территории можно отнести р. Самарли длиной 50 км и с площадью водосбора 267 км², р. Мелек-Чесме длиной 16 км и площадью водосбора 133 км², р. Булганак (7 км), р. Джарджава. Для Керченского полуострова также характерно распространение вдоль побережья соляных озер, объединенных в Керченскую группу [186].

Реки Южного берега Крыма берут начало на Главной гряде Крымских гор и характеризуются малыми длинами (около 10 км) и большими уклонами (более 100 м/км). Площади речных водосборов на изучаемой территории также невелики: 20–50 км² в западной части ЮБК и 75–100 км² в восточной. Русла рек формируются в узких глубоких ущельях, образуя пороги и водопады. Самой протяженной рекой ЮБК является протекающая через г. Судак р. Таракташ (22 км).

На участке от м. Айя до Алупки располагается большое количество коротких и маловодных рек. Крупнейшей из них является р. Абарка, протекающая в урочище Ласпи и впадающая в Ласпинский залив. Ее русло остается

сухим большую часть года, длина составляет 3,6 км, а площадь водосбора – 4,2 км². Между Алушкой и Ялтой располагается р. Хастабаш, берущая начало под горой Ай-Петри и впадающая в Черное море в районе м. Коммунарков. Река полноводна в течение всего года; ее длина составляет 3,7 км. В районе Кореиза находится р. Загмата, характеризующаяся большим уклоном русла – 155 м/км. Ее длина – 6,6 км, площадь водосбора – 5,6 км². Через Ялту проходят две реки: Учан-Су и Дерекойка. Длина р. Учан-Су составляет 7 км, площадь водосбора – 28,9 км²; здесь же расположен водопад Учан-Су высотой 98 м. Река Дерекойка характеризуется большими различиями в уклоне русла: на первых пяти километрах он составляет 130 м/км, а в нижнем течении уменьшается до 50 м/км. Через поселок Гурзуф протекает р. Авунда. Ее длина – 7,6 км, площадь водосборного бассейна – 24 км². Исток р. Авунда находится на высоте 1000 м между Никитской и Гурзуфской яйлой, в их пределах русло реки почти всегда сухое, а постоянное течение появляется в 5 км от устья водотока. Через пгт Партенит протекает р. Узень (Аян-Дере) длиной 7,8 км и площадью бассейна 20,8 км². Исток реки расположен на высоте 1100 м на склоне Бабуган-яйлы. Река всегда полноводна, и ее воды используются для водоснабжения и орошения. Также на восточном склоне Бабуган-яйлы берет начало р. Ла-Илья из одноименного источника. Ее длина – 4,1 км, площадь водосбора – 23 км². Впадает р. Ла-Илья в Черное море западнее г. Ка-стель. По Алуштинской долине протекают две крупные южнобережные реки: Улу-Узень и Демерджи. Их длина – 12 и 13 км, а площадь водосбора – 75,7 и 53,4 км² соответственно. Исток р. Улу-Узень находится на высоте 800 м северо-восточного склона Бабуган-яйлы, устье – в районе морского порта в Алуште. На г. Демерджи берут начало одноименная река и р. Семидворье. Ее длина составляет 7 км, а площадь водосборного бассейна – 10,8 км². Устье р. Семидворье расположено у одноименного поселка на черноморском побережье. На юго-западном склоне массива Северная Демерджи расположен исток р. Алака, а к юго-западу от с. Солнечногорское находится ее устье. Длина водотока составляет 8 км, а площадь водосбора – 19,8 км². На высоте 500 м юго-восточного склона Демерджи-яйлы берет начало р. Куру-Узень. Ее длина составляет 9 км, площадь водосбора – 14,4 км². Устье этой реки, как и предыдущего водотока, расположено к юго-западу от с. Солнечногорское. На юго-западном склоне Демерджи-яйлы начинается р. Восточный Улу-Узень; ее длина – около 12 км, а площадь водосбора – 33,5 км². Река протекает по ущелью Хапхал и в некоторых местах образует водопады. Самый известный из них – Джур-Джур, высота которого достигает 15 м. Кроме того, Джур-Джур является самым многоводным крымским водопадом со среднемноголетним расходом 0,23 м³/с. Устье р. Восточный Улу-Узень располагается в районе с. Солнечногорское. На южном склоне г. Каратау (Караби-яйла) находится исток ручья Орта-Узень (Кучук-Узень), устье – в 0,5 км на юго-восток от с. Малореченское. Длина водотока составляет 11 км, площадь водосбора – 26 км². На высоте 700 м в районе юго-восточного склона г. Ликон берет начало р. Андус. Ее длина – около 10 км, а площадь водосбора – 52 км². Также к бассейну

Черного моря относится р. Ускут длиной 11 км и с площадью водосборного бассейна 75,7 км². Ее исток расположен на юго-восточном склоне Караби-яйлы. В районе с. Морское расположено устье р. Узень (Чебан-Кале) и р. Ворон. Исток р. Узень находится на горе Чок-Сары-Каязил-Кая. Длина реки – 7,5 км, площадь водосбора – 18,4 км². Река Ворон начинается на горе Ливаз-Кая высотой 450 м, имеет длину 16 км, площадь бассейна 52 км². Исток р. Кутлак расположен на юго-западном склоне горы Теркез-Оба на высоте 700 м, устье – в одноименной бухте. Длина реки – около 9 км, площадь водосбора – 28,2 км². В верховье реки расположен водопад высотой 25 м. Река Таракташ имеет два названия. От истока между хребтом Хамбал и горой Куркушлу-Оба и до впадения в нее левого притока Аджибей она именуется Суук-Су, а ниже, до устья в Судакской бухте – Таракташ. Длина реки составляет 22 км, а площадь водосбора – 161 км². По Отузской долине протекает короткая одноименная речка длиной 4 км. Ее исток находится у пгт Щебетовка, в месте слияния Кизилташского и Кабакташского ручья. Площадь водосборного бассейна составляет 77 км². Устье реки находится в районе парка Карадага. По Двукорной долине протекает последняя крупная река Южного берега Крыма, не имеющая названия. Ее длина составляет 8,4 км, а площадь водосбора – 18,5 км².

Помимо вышеописанных рек, в Черное море между м. Сарыч и м. Ильи впадает еще 64 водотока, длины которых не превышают 5 км.

Реки северо-западных склонов Крымских гор. Сюда входят наиболее протяженные и водные реки полуострова, а именно: Западный Булганак, Альма, Кача, Бельбек, Черная. Их истоки, кроме р. Западный Булганак, находятся на северо-западном склоне Главной гряды Крымских гор. Русла рек располагаются почти параллельно друг другу, а водосборные бассейны вытянуты вдоль рек и расширены в их верхних частях. За счет максимального количества притоков верхние части рек являются их основной областью питания. Река Западный Булганак – самая маловодная из вышеперечисленных. Она берет свое начало из родников на склонах Внутренней гряды и впадает в Каламитский залив Черного моря. Длина реки составляет 49 км, площадь водосбора – 180 км². Западный Булганак почти не имеет притоков, кроме балок и сухих оврагов, которые наполняются водой во время осадков или таяния снега. Река Альма является одной из самых протяженных крымских рек, ее длина составляет 79 км, а площадь водосбора – 635 км². Исток реки расположен на территории Крымского природного заповедника в месте слияния р. Бабуганка и ручья Сары-Су, устье – в Каламитском заливе Черного моря у с. Песчаное. К притокам р. Альма относятся реки: Сухая Альма (10 км), Коса (11 км), Мавля (8,1 км), Бодрак (17 км), Черная. Также на р. Альма находится водопад Форель. Водами этой реки наполняются Партизанское (34 млн м³) и Альминское (6,2 млн м³) водохранилища. Длина р. Кача составляет 64 км, а площадь водосборного бассейна – 537 км². Исток реки находится на высоте 600 м под горой Роман-Кош в месте слияния р. Биюк-Узень и р. Писара. За исключением р. Чурук-Су, все притоки р. Кача впадают в нее в верхнем течении: р. Чуюн-Илга (8 км), р. Донга, р. Каспана, р. Стиля, р. Марта, р. Чурук-Су

(11 км). На р. Кача построено два водохранилища: Загорское (27,8 млн м³) и Бахчисарайское (6,89 млн м³). Река Бельбек образуется у с. Счастливое в месте слияния р. Биюк-Узенбаш и р. Манаготра. Впадает р. Бельбек в Черное море в непосредственной близости от с. Любимовка. Длина реки – 55 км, площадь водосбора – 505 км². К левому притоку Бельбека относится р. Коккозка (18 км), которая образуется слиянием рек Аузун-Узень и Сара-Су. На последней располагается водопад Серебряные струи; после него с левого берега в Бельбек впадает р. Чаин-Су. Еще одним его левым притоком является р. Ураус-Дереси. На Бельбеке построено три водохранилища: Ключевское, Счастливое-1 и Счастливое-2 (118 млн м³). Отсюда через гидротоннель длиной 7216 м пресная вода поступает в Ялту. Река Черная начинается Скельским источником и впадает в Севастопольскую бухту Черного моря. Длина реки составляет 35 км, а площадь водосбора – 427 км². В верхнем течении р. Черную питает р. Узунджа; затем, пересекая Байдарскую долину с юго-востока на северо-запад, она принимает еще два крупных притока (реки Байдарка (11 км) и Уркуста) и ряд мелких (реки Боса, Арманка, Календа, Бага Верхняя, Бага Нижняя). Река Черная образует самый длинный в Крыму каньон под названием Чернореченский, длина которого составляет 16 км. В его пределах образуется еще один приток – р. Уппа. После каньона р. Черная проходит по Инкерманской долине, где принимает еще два притока: слева – р. Сухая Речка (12 км); справа – Ай-Тодорка (15 км). На р. Черная располагается самое крупное в Крыму одноименное водохранилище объемом 64,2 млн м³.

Таким образом, вышеперечисленные реки являются наиболее значимыми для полуострова. Это связано с тем, что на них построено шесть водохранилищ (в том числе Чернореченское, самое крупное в Крыму), воды которых используются как в хозяйстве, так и для питьевого водоснабжения.

Реки северо-восточных склонов Крымских гор. Истоки рек данной группы находятся на северо-восточных склонах Главной гряды Крымских гор, а устья – в Восточном Сиваше (Азовское море), Солончаках (участки суши, затопливаемые морскими водами Азовского моря под действием ветров восточного направления) или западной части Феодосийского залива Черного моря. Первой от устья р. Салгир расположена р. Суджилка длиной 31 км и площадью водосбора 102 км². Река Восточный Булганак начинается на высоте 260 м из источников на отрогах Бурундукского хребта, а впадает в Восточный Сиваш, в 8 км на северо-восток от пгт Советское. Длина реки – 44 км, площадь водосбора – 485 км². Р. Мокрый Индол является наиболее многоводной из этой группы рек, имеет длину 49 км и площадь водосбора 324 км². Ее исток находится в месте слияния р. Индол и р. Сала, устье – Солончаки у с. Присивашное. Р. Сухой Индол образована слиянием ручьев к западу от горы Агармыш. Длина реки – 54 км, площадь водосборного бассейна – 156 км². Ее часть (10,5 км) была превращена в коллектор для отвода вод при функционировании СКК. Р. Субаш начинается с северного склона горы Агармыш и впадает в Сиваш. Ее длина – 36 км, площадь водосборного бассейна – 276 км². Со времени начала работы СКК она полностью была превращена в коллектор,

как и р. Чорох-Су (11,4 км), исток которой расположен вблизи г. Старый Крым. Р. Байбуга начинается на оконечности Главной гряды Крымских гор в районе м. Ильи и впадает в Феодосийский залив Черного моря. Длина реки – 20 км, площадь водосбора – 111 км².

В соответствии с гидрогеологическим районированием [171], территория Крыма относится к двум районам II порядка – Равнинно-Крымскому артезианскому бассейну и Горно-Крымскому бассейну напорных пластово-блоковых вод.

В пределах Северо-Крымской низменности в районе г. Армянска и г. Красноперекоска распространены грунтовые воды в плейстоценовых отложениях эолово-делювиального и лиманно-морского генезиса с глубиной залегания 1–5 м. Грунтовые воды характеризуются высокими показателями минерализации (до 25 г/дм³); по составу хлоридные, сульфатно-хлоридные и магниевые-натриевые. С продвижением на юг до г. Первомайска глубина залегания возрастает от 2–3 до 10–15 м, а минерализация вод снижается до 3 г/дм³. Здесь воды уже связаны с эолово-делювиальными и аллювиально-пролювиальными отложениями позднеплейстоценового и голоценового возраста. Состав вод – хлоридно-сульфатный, сульфатно-хлоридный, реже гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевый.

В пределах Тарханкутской возвышенной равнины распространены гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридные, гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые грунтовые воды понт-мэотис-сарматского водоносного горизонта с невысокой минерализацией (до 3 г/дм³). Глубина залегания колеблется в пределах 5–50 м.

Область Центрально-Крымской равнины по составу грунтовых вод и водоносных горизонтов не отличается от Тарханкутской возвышенной равнины.

В азовальных долинно-сухоречных местностях грунтовые воды распространены в аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложениях, представленных галечниками, суглинистыми и песчано-галечными отложениями. Глубина залегания колеблется в пределах 0,5–20 м. Состав вод – гидрокарбонатный кальциевый с низкой минерализацией (до 1 г/дм³).

Территория Керченского полуострова приурочена к Керченско-Таманской системе малых артезианских бассейнов. Подземные воды в основном приурочены к мульдам (синклиналиям), которые образуют малые артезианские бассейны. Грунтовые воды Керченского полуострова приурочены к известнякам среднего и верхнего (сармат) миоцена, нижнего (мэотис, понт), среднего и верхнего плиоцена, а также к четвертичным эолово-делювиальным, морским, сопочным, аллювиальным и пролювиально-делювиальным отложениям. Наиболее распространенными растворенными в грунтовых водах соединениями являются хлориды натрия, реже – сульфаты натрия, еще реже – гидрокарбонаты кальция.

Подземные воды в четвертичных континентальных эолово-делювиальных суглинках распространены на побережье Керченского пролива у м. Фонарь, в современных морских песчано-раковинных отложениях пересыпей, пляжей и кос – на побережье Казантипского залива и вблизи соляных озер

(Чокракское и Тобечикское). Глубина залегания составляет 0,5–10 м, а минерализация – 0,6–1 г/дм³. Грунтовые воды распространены в верхне- и среднечетвертичных песчано-раковинных отложениях морских террас, в некоторых местах на восточном и южном побережье. Глубина залегания составляет до 5 м, минерализация является высокой. В северной и северо-восточной части полуострова распространены грунтовые воды в четвертичных глинисто-брекчиевых (сопочных) отложениях грязевых вулканов; они отличаются высокими показателями минерализации (11–20 г/дм³). Подземные воды в четвертичных пролювиально-делювиальных и аллювиальных отложениях, представленных суглинками с щебнем, галькой и прослоями песка, характеризуются нешироким распространением, низким уровнем минерализации и залеганием на глубине 3–5 м. К центральным частям синклиналей приурочены грунтовые воды в куяльницких и киммерийских отложениях из прослоев песка, бурого железняка и ракушечника в толще глин. Их минерализация составляет 3–4 г/дм³, иногда достигая 7 г/дм³. Подземные воды в понтических отложениях из известняков и глин с прослоями песка и песчаника характеризуются ограниченным распространением на территории Керченского полуострова. Основным эксплуатируемым водоносным горизонтом Керченского полуострова является горизонт в мэотических отложениях из песков, песчаников, глин и ракушечных закарстованных известняков. Глубина залегания колеблется в пределах от нескольких метров до 100–150 м, в Баксинской мульде – до 300 м. Уровень минерализации в основном составляет 1–3 г/дм³; в центральной части Камыш-Бурунской мульды – 70 г/дм³; в Баксинской мульде – 1 г/дм³. Грунтовые воды в сарматских отложениях из глин с прослоями раковинных известняков, мергелей и песков приурочены к мульдам и в разных частях имеют разный напор и минерализацию. Подземные воды в отложениях среднего миоцена приурочены к Парпачскому гребню и залегают на глубине 0–8 м, а южнее Тобечикского озера – на 870 м. Уровень минерализации составляет 3–25 г/дм³.

В Горном Крыму гидрогеологические условия являются особенно сложными, так как здесь бассейны трещинно-карстовых и трещинных вод приурочены к тектоническим структурам и носят пластово-блоковый характер. Подземные воды Главной гряды в основном относятся к водоносному комплексу в отложениях верхней юры в сочетании с водоносным комплексом в нижнемеловых отложениях и в некоторых местах перемежаются водоупорными отложениями нижнего мела: верхнебаремского-аптского отдела, глинами свиты Бечку и тайганской толщи. Водоносный комплекс в отложениях верхней юры распространен на северном склоне Главной гряды. Водоносный горизонт здесь грунтовый, водовмещающие породы – закарстованные трещиноватые известняки, иногда конгломераты и песчаники. Водоносный горизонт в нижнемеловых отложениях распространен также на северном склоне Главной гряды. Водовмещающими породами являются трещиноватые и слабо трещиноватые песчаники и известняки, галечники и конгломераты валанжинского и готеривского ярусов; пески, песчаники и конгломе-

раты готерива и барема; альбские карбонатные и глауконитовые песчаники, песчанистые известняки, гравелиты и конгломераты. Минерализация вод не превышает 1 г/дм^3 , состав вод – гидрокарбонатный кальциевый и натриевый. В районе г. Балаклава располагается локально-водоносный горизонт зоны трещиноватости пород средней юры. Он является первым от поверхности в области Горного Крыма, где маломощные водоносные горизонты связаны с выветренными и трещиноватыми породами верхней части разреза. Минерализация вод составляет $1\text{--}1,5 \text{ г/дм}^3$, по химическому составу воды гидрокарбонатные или сульфатно-гидрокарбонатные. В районе распространения пород таврической серии залегают локальные водоносные горизонты зоны экзогенной трещиноватости этих пород. Для них характерны хлоридные натриево-кальциевые подземные воды с уровнем минерализации $4,06\text{--}5,52 \text{ г/дм}^3$. Их окаймляет водоносный горизонт в неоплейстоцен-голоценовых коллювиальных отложениях. Он располагается спорадически на северных склонах Главной гряды у подножий обрывистых склонов яйлы. Водовмещающими породами являются глыбово-щебнистые отложения с суглинистым наполнением. Минерализация вод составляет $0,3\text{--}0,6 \text{ г/дм}^3$, химический состав – гидрокарбонатный кальциевый. Также здесь встречаются водоносные горизонты в неоплейстоцен-голоценовых аллювиальных отложениях, приуроченные к пойме и первым надпойменным террасам и узкими полосами протянувшиеся по долинам рек Кача, Альма, Бельбек, Бодрак, Салгир и Булганак. Водоносный горизонт залегает первым от поверхности с минерализацией вод в пределах $0,4\text{--}0,7 \text{ г/дм}^3$ и гидрокарбонатным, сульфатно-гидрокарбонатным кальциевым химическим составом. На склонах в восточной части Главной гряды встречаются локально-водоносные комплексы в отложениях верхней юры – нижнего мела, залегающие первыми от поверхности и приуроченные к отложениям двукорной свиты. Обводненными породами являются известняки и песчаники. Минерализация вод составляет около $0,8 \text{ г/дм}^3$, химический состав – гидрокарбонатный кальциевый, кальциево-натриевый.

В понижении между Главной и Внутренней грядой располагается локально-водоносный комплекс зоны трещиноватости верхнемеловых отложений, представленных трещиноватыми мергелями; плотными, брекчиеоподобными известняками; глауконитовыми песчаниками. Минерализация вод составляет $0,4\text{--}0,5 \text{ г/дм}^3$ и $10\text{--}40 \text{ г/дм}^3$ на глубине, химический состав – гидрокарбонатный кальциевый и хлоридный натриевый на глубине. В восточной части встречаются водоупорные породы верхнего мела.

Для Внутренней гряды характерно распространение водоносных горизонтов в отложениях эоцена и палеоцена. Они чередуются с водоупорными породами новопавловской, кумской и альминской свиты, а также с глинами майкопской свиты. Водоносные горизонты в отложениях эоцена приурочены к нуммулитовым известнякам симферопольской свиты, выходящим на поверхность в Предгорном Крыму. Минерализация подземных вод не превышает $0,5 \text{ г/дм}^3$, химический состав – гидрокарбонатный кальциевый. Водоносные горизонты в отложениях палеоцена приурочены к трещиноватым

закарстованным фораминиферовым известнякам и песчаникам, а также к песчаникам белокаменной свиты. Минерализация вод составляет 0,4–0,5 г/дм³, химический состав – гидрокарбонатный кальциевый.

Во Внешней гряде распространены водоносные горизонты в средне-миоценовых и средне-верхнесарматских отложениях. Локально встречаются водоносные горизонты в верхнеплейстоцен-голоценовых оползневых отложениях. Водоносные горизонты в среднемиоценовых отложениях узкой полосой выходят на поверхность в крымском предгорье. В качестве верхнего водоупора выступают глины нижнего сармата, нижнего – глины майкопской серии. Минерализация вод не превышает 1 г/дм³, химический состав – гидрокарбонатный кальциевый или натриево-кальциевый. Водоносные горизонты в средне-верхнесарматских отложениях располагаются первыми от поверхности в районе периферийно приподнятых частей Альминского бассейна и на Герacleйском плато и сложены известняками с песками, песчаниками, глинами и конгломератами. Минерализация вод колеблется в пределах 1–1,5 г/дм³, по химическому составу они гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридные кальциевые или кальциево-натриевые. Водоносные горизонты в верхнеплейстоцен-голоценовых оползневых отложениях располагаются первыми от поверхности и распространены локально на берегах рек Бельбек, Кача, Альма и Булганак в местах «прорыва» внешней куэсты. Водовмещающие породы сложены глыбами известняков эоцена, среднего миоцена, сармата. Минерализация вод колеблется в пределах 0,4–0,8 г/дм³, химический состав – гидрокарбонатный и хлоридно-гидрокарбонатный кальциевый. От центра до восточной части гряды расположены водоносные горизонты в сармат-мэотис-понтических отложениях, в пределах которых локально встречаются горизонты в аллювиальных, аллювиально-пролювиальных эоплейстоценовых отложениях. На периферии с внутренней стороны гряды встречаются водоупорные глины майкопской серии олигоцен-миоцена. Водоносные горизонты в сармат-мэотис-понтических отложениях располагаются на северном склоне Внешней гряды. Грунтовые воды залегают первыми от поверхности. Водовмещающими породами являются кавернозные органогенно-детритовые известняки с прослоями песков и песчаников. В северной части минерализация вод – 0,4–1 г/дм³, химический состав – гидрокарбонатно-хлоридный магниевый-кальциевый; на северо-востоке минерализация – 3 г/дм³, состав – хлоридно-натриевый. Водоносные горизонты в аллювиальных, аллювиально-пролювиальных эоплейстоценовых отложениях залегают первыми от поверхности на водоразделах и склонах рек Салгир, Бурульча, Булганак, Мокрый Индол. Водовмещающие породы состоят из несортированного, грубослоистого галечника, гравия и песка с неравномерным содержанием суглинистого наполнения. Уровень минерализации вод не превышает 0,5 г/дм³, химический состав – сульфатно-гидрокарбонатный магниевый-кальциевый.

Для русел рек характерны вышеописанные водоносные горизонты в неоплейстоцен-голоценовых аллювиальных отложениях и в неоплейстоцен-голоценовых колювиальных отложениях.

Область крымского южного побережья характеризуется широким разнообразием водовмещающих четвертичных отложений различного генезиса и грунтовых вод, залегающих в них. Несмотря на это, здесь соблюдаются две закономерности: движение грунтовых вод имеет струйчатый характер; состав вод является гидрокарбонатным или кальциевым. Южный берег Крыма от м. Айя до пгт Гурзуф расположен на локально-водоносном комплексе в неоплейстоцен-голоценовых оползневых колювиально-делювиально-пролювиальных отложениях. Водовмещающими породами являются гравийно-гальковые, глыбово-щебнисто-дресвяные отложения с супесчаным и суглинистым наполнением. Минерализация вод – 0,3–0,6 г/дм³, химический состав – преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый. Также здесь встречаются водоносные горизонты в аллювиально-пролювиальных верхнеплейстоцен-голоценовых отложениях, приуроченные к руслам, поймам и первым надпойменным террасам рек ЮБК. Водовмещающими являются гравийно-галечниковые отложения с суглинистым наполнением. Уровень минерализации колеблется в пределах 0,5–2,5 г/дм³, химический состав меняется от гидрокарбонатного кальциевого до гидрокарбонатно-сульфатного магниево-кальциевого, сульфатно-гидрокарбонатного кальциево-магнезиевого.

3.5. Почвенный покров

Территория Равнинного Крыма расположена в подзоне дерновинно-злаковых сухих степей с южными черноземами и темно-каштановыми почвами. По причине того, что климат полуострова является довольно мягким, особенно в зимний период, крымские почвы отличаются рядом свойств от типично зональных почв [69].

На территории Равнинного Крыма расположены три почвенно-климатические зоны: Степь Южная Керченская, Степь Сухая Северо-Крымская и Степь Южная Крымская. Также здесь представлен ряд агропочвенных районов: Присивашский, Центрально-степной, Тарханкутский, Альминско-Сакский, Керченский, район речных долин и древней дельты р. Салгир [76].

В пределах Северо-Крымской низменности на побережье Каркинитского залива и залива Сиваш сформировались луговые комплексы солончаков с солонцами и каштаново-луговыми солончаковыми, солончаковатыми и другими засоленными почвами на легких, средних и тяжелых иловатых глинах. Уровень грунтовых вод здесь находится на отметке выше 3 м, ширина полосы вышеописанных почв составляет около 2,5 км. С удалением от береговой линии, повышением абсолютных отметок местности и увеличением глубины залегания подземных вод (около 3–8 м) происходит уменьшение доли солончаковых почв с увеличением солонцов, лугово-каштановых и каштановых почв в разной степени солончаковатых. В местах, где грунтовые воды залегают на глубине более 8 м, распространены степные комплексы темно-каштановых слабо- и среднесолонцеватых почв с солонцами степными глубоко-солончаковатыми (до 10%) и без них. Для южной части Северо-Крымской

низменности характерны темно-каштановые слабосолонцеватые почвы и черноземы южные слабосолонцеватые. В Западно-Присивашском физико-географическом районе распространены засоленные почвы, а именно: лугово-солончаковые, лугово-каштановые, каштановые в комплексе с солонцами, доля которых составляет около 10–25 %. В долине р. Чатырлык сформировались темно-каштановые солонцеватые глубокозасоленные намытые почвы. В Центрально-Присивашском районе почвенный покров дифференцирован в зависимости от высоты склона: на водоразделах здесь представлены темно-каштановые слабо- и иногда среднесолонцеватые почвы, на склонах межводораздельных балок выражен поясной рисунок почвенного покрова, связанный с увеличением степени солонцеватости и в некоторых случаях гидроморфности. Для пониженных плоских территорий характерны лугово-каштановые солонцеватые почвы, и в южной части изучаемой территории распространены черноземы южные слабо- и среднесолонцеватые. Восточно-Присивашский район характеризуется сильной пересеченностью долинами рек, таких как Салгир, Биюк-Карасу, Кучук-Карасу, Мокрый и Сухой Индол. Таким образом, в устьях рек распространены солонцовые и солончаковые гидроморфные и полугидроморфные почвы, в древних долинах – лугово-черноземные почвы на карбонатном делювии над древнеаллювиальными отложениями, а в прирусловых частях долин – черноземно-луговые почвы на аллювиальных отложениях. Для водоразделов с абсолютной отметкой выше 20 м характерны черноземы южные мицеллярно-карбонатные и мицеллярно-высококарбонатные слабогумусированные.

Помимо вышеописанных типов почв, в Присивашье выделяется несколько локальных почвенных эталонов. Первый – солонец луговой средний (солонец квазиглееватый солончаковый средний) – расположен на территории ООО «Штурм Перекопа» Красноперекопского района на удалении 300 м от побережья. Солонец глубокий (солонец светлый квазиглееватый солончаковый глубокий) находится на целинном участке ООО «Штурм Перекопа» недалеко от рисовых чеков. В природном парке «Калиновский», в 8 км от с. Перепелкино и в 500 м от южного берега оз. Сиваш, расположены лугово-каштановые почвы (каштановые гидрометаморфизованные) [76].

К уникальным почвам изучаемой территории относится эмбриозем на бруствере окопа «Армянский плацдарм» в южной части крепости Ор-Капу. Почвы находятся на южной экспозиции Турецкого вала на удалении 25 м от мемориала воинам Великой Отечественной войны. В центральной части крепостной стены расположен эмбриозем карболитозем, сформированный на 17-вековых стенах бастиона, разрушенного в 1835 г. [76].

Тарханкутская возвышенная равнина характеризуются пестрым почвенным покровом за счет сильной расчлененности рельефа. Это проявляется в неодинаковой мощности и скелетности почв. Большая часть территории покрыта черноземами южными неполноразвитыми, короткопрофильными и маломощными скелетными на элювиях сарматских и мэотических известняков. Черноземы южные карбонатные полнопрофильные на элювиальных и

олово-делювиальных желто-бурых суглинках и легких глинах распространены на волнисто-водораздельных пространствах. Вдоль южного берега Тарханкутского полуострова располагаются черноземы южные мицеллярно-высококарбонатные на делювиальных желто-бурых легких глинах. Большая часть территории Бакальского равнинного района занята черноземами южными мицеллярно-высококарбонатными на лессовидных отложениях. На склонах лощин и балок расположены черноземы южные карбонатные щебнистые в различной степени смытые на элювии плотных карбонатных пород, черноземы неполноразвитые. В районе оз. Джарылгач распространены черноземы южные слабо- и среднесолонцеватые на лессовидных легких глинах в комплексе с засоленными почвами. Они характерны для территорий, примыкающих к водоему с севера и северо-запада. Большая часть Дунозлав-Сасыкского района (77 %) занята черноземами юными карбонатными щебнистыми на аллювии известняков; значительно в меньшей степени здесь распространены черноземы южные мицеллярно-карбонатные слабогумусированные на лессовидных суглинках и глинах и на плотных красно-бурых глинах. В Самарчик-Чатырлыкском районе на волнисто-водораздельных территориях в северной и северо-восточной частях распространены (47 %) черноземы южные слабогумусированные на лессовидных отложениях, а в долинах сухоречий сформировались лугово-черноземные почвы.

Почвенными эталонами, представленными на этой территории, являются: дерново-карбонатные почвы на известняковом элювии (карбо-литоземы темногумусовые) в районе природного парка «Тарханкутский» на северо-запад от с. Оленевка; черноземы южные на лессах (чернозем текстурно-карбонатный) на полого-наклонном холме северо-западной экспозиции природного парка «Тарханкутский». К северу от пос. Прибрежное в окрестностях оз. Сасык-Сиваш располагаются черноземы южные на красноцветных глинах (черноземы текстурно-карбонатные) [76].

К уникальным почвам Тарханкутского полуострова относятся черноземы южные возрастом 2200 лет, расположенные в пределах городища Калос-Лимен в пгт Черноморское, на удалении 300–400 м от побережья. На месте поселения у оз. Панское, в 400 м от побережья, расположены черноземы южные возрастом 1800 лет.

Для Центральной подобласти Равнинного Крыма характерна несложная структура почвенного покрова. Для водоразделов рек Западный Булганак и Альма в Сасык-Альминском районе характерны черноземы южные на красно-бурых верхнеплиоценовых и нижнеантропогенных глинах. Кроме того, здесь распространены черноземы южные карбонатные в разной степени скелетные на глинисто-галечниковых отложениях. В районе соляных озер (Сакское, Кызыл-Яр, Сасык) сформировались черноземы солонцеватые, лугово-черноземные солонцеватые, темно-каштановые солонцеватые, солонцы на средних и тяжелых глинах. В Центрально-Крымском и Индольском районе на плоских водоразделах и неглубоких лощинах образовались полнопрофильные черноземы южные на лессовидных легких глинах и тяжелых

суглинках, а в долинах рек и сухоречий – лугово-черноземные карбонатные почвы. Для юго-западной части Центрально-Крымского района характерны черноземы южные на красно-бурых легких глинах, для южной – черноземы щебнистые на продуктах разрушения известняков в комплексе с неполно-развитыми почвами и выходами известняков.

Здесь к почвенным эталонам относится чернозем южный среднemosный тяжелосуглинистый на лессовидных пылеватых глинах (чернозем текстурно-карбонатный), расположенный в Красногвардейском районе в 2 км на север от с. Клепинино [76].

Уникальные почвы данной территории представлены золистыми почвами и зольниками, расположенными в погребенных горизонтах на месте поселения II в. до н. э. [76].

Керченский полуостров делится на два района, Юго-Западный и Северо-Восточный, отличающихся по почвенному разнообразию. В Юго-Западном районе в местах, где грунтовые воды залегают глубоко от поверхности, сформированы темно-каштановые в разной степени солонцеватые почвы, черноземы южные солонцеватые с солонцами автоморфными на тяжелых глинах. Для рельефных понижений характерны гидроморфные солонцы в комплексе с каштаново-луговыми глубокосолонцеватыми почвами. На побережье Феодосийского залива распространены комплексы солонцов автоморфных с солонцами гидроморфными, луговыми глеевыми почвами и солончаками, а также гидроморфными почвами на бессточных понижениях. В районе соляных озер (Кояшское, Узунларское и др.) солонцам гидроморфным сопутствуют солончаки и темно-каштановые почвы в разной степени солонцеватые. В Северо-Восточном районе ближе к Акмонайскому перешейку распространены черноземы слабо- и среднесолонцеватые легкоглинистые на лессовидных глинах, которые при продвижении к побережью залива Сиваш и к Азовскому морю сменяются комплексами темно-каштановых почв с солонцами. Бессточные понижения рельефа заняты солонцами и солончаками на плотных глинах. Черноземы южные карбонатные маломощные тяжелосуглинистые щебнистые и неполноразвитые почвы характерны для восточной, центральной и юго-восточной части исследуемого района [69].

Эталонными почвами Керченского полуострова являются черноземы южные солонцеватые малогумусные на майкопских глинах (черноземы текстурно-карбонатные), расположенные в 5,5 км к юго-юго-востоку от с. Марынка. В центральной части плато г. Опук находится эталон дерново-карбонатных почв на элювии сарматских известняков (карбо-литоземы темногумусовые). Также в Опукском заповеднике, в 1 м от дороги, ведущей на оз. Кояшское, под зарослями болиголова находятся лугово-черноземные почвы (чернозем гидрометаморфизованный). В природном парке «Караларский» в 80 м от побережья Азовского моря на бровке абразионного берега северной экспозиции выделены черноземы южные на делювии известняков (черноземы текстурно-карбонатные) [76].

Также на изучаемой территории выделяется единственная на Крымском полуострове категория редких почв: песчаные примитивные почвы на четвертичных морских отложениях. Они расположены в восточной части заповедника «Опукский» на песчаных дюнах в 50 м от побережья Черного моря [76].

К уникальным почвам Керченского полуострова относятся каштановые почвы возрастом более 2500 лет, расположенные на поверхности Акмонайского вала в северной части Акмонайского перешейка к северо-востоку от с. Фронтное. На северном склоне г. Опук, на некотором удалении от опорной стены и в 5 м от нижнего края террасы, располагаются агроземы намытые. Уникальность этой почвы обусловлена тем, что террасирование данной территории проходило в V в. до н. э. – VI в. н. э. [76].

Переход от равнинной части Крыма к горам происходит в пределах Северного куэстового предгорного физико-географического района. Наиболее распространенными почвами здесь являются сочетания различных родов, видов, разновидностей и разрядов черноземов южных. В центральной части района располагаются черноземы выщелоченные, залегающие на продуктах разрушения бескарбонатных пород или на участках с лучшим промачиванием профиля. Восточная часть района характеризуется чередованием черноземов карбонатных, солонцеватых; солонцов автоморфных и местами лугово-черноземных почв с полугидроморфными солонцами в районе г. Белогорска.

Юго-западную часть Предгорья занимает Чернореченский район. Наиболее распространенными здесь являются коричневые типичные и карбонатные почвы. Для склонов характерны дерново-карбонатные неполноразвитые почвы на маломощном аллювии известняков и мергелей, для балок и нижних частей склонов – полнопрофильные виды почв на карбонатном глинистом делювии. Севернее границ района до долины р. Альма располагаются коричневые почвы.

В центральной части Предгорья расположен Южный предгорный долино-куэстовый район, половину которого занимают котловинообразные понижения между куэстами и вдоль рек. Здесь под степной растительностью образовались черноземы карбонатные слабогумусированные с погребенными гумусовыми горизонтами на продуктах выветривания мергелей и глин и материале, приносимом с вышележащих территорий. Характерной особенностью склоновых элементов рельефа является то, что на пологих склонах формируются полнопрофильные почвы, а на покатых и выпуклых – неполноразвитые почвы черноземного типа на маломощном аллювии плотных пород.

Под типчаково-разнотравной и шибляковой растительностью на плоских холмах и межбалочных водоразделах залегают переходящие в черноземы дерново-карбонатные почвы. На Внутренней куэсте распространены неполноразвитые и маломощные дерново-карбонатные почвы, аллювии мшанковых и нуммулитовых известняков. На останцовых горах в межгрядовом понижении между Внутренней и Главной грядой под дубовыми лесами залегают бурые горно-лесные почвы на элюво-делювии разных пород. Для долин рек,

пересекающих предгорье, характерно особое залегание почв: в низкой пойме на аллювиальных наносах формируются примитивные почвы, в высокой – лугово-черноземные карбонатные на аллювии с примесью делювия.

На территории Индольского куэстово-останцового района располагаются почти все почвы, описанные выше, а большая часть территории занята бурыми горно-лесными почвами, сформировавшимися на возвышенных частях Внутренней куэсты и в лесах первого межгрядового понижения и массива г. Агармыш.

Под шибляково-степной растительностью залегают дерново-карбонатные почвы с карбонатными щебнистыми черноземами и выходами пород на поверхность. На средних и нижних частях склонов Внешней куэсты на аллюво-делювии карбонатных пород залегают черноземы карбонатные щебнистые тяжелосуглинистые.

На северных и верхних частях южных склонов Главной гряды преобладают бурые горно-лесные почвы, а в нагорной части – горно-луговые почвы. Территория Главной гряды разделена на три физико-географических района, обладающих своими особенностями: Западный, Центральный и Восточный. В Западном районе на останцово-водораздельном низкогорье располагаются коричневые и дерново-карбонатные почвы, а в долинах, котловинах и балках – лугово-черноземные карбонатные почвы на делювиально-аллювиальных отложениях. В Центральном районе на абсолютных отметках 650–1200 м на северных и иногда южных склонах залегают буроземы слабонасыщенные оподзоленные на аллювии известняков. Выше 1200 м располагаются горно-луговые черноземовидные, а также неполноразвитые почвы в комплексе с выходами пород. Восточный район является раздробленным низкогорьем, переходящим в мелкогорье с продвижением на восток от Карадага. Под низкостовольным редколесьем на склонах его северных экспозиций залегают бурые горно-лесные почвы. Под ксерофитной растительностью на склонах южных экспозиций распространены коричневые горные почвы, в разной степени эродированные и неполноразвитые, с выходами плотных пород на поверхность. На продуктах разрушения алевролитов и аргиллитов образовались бескарбонатные почвы коричневого типа, на элювии и делювии обывесткованных конгломератов и смешанном делювии – слабокарбонатные. Неполноразвитые и сильноосмытые почвы преобладают на вершинах гребней, гряд и останцовых возвышенностей.

Для ЮБК характерно преобладание (80%) коричневых почв сухих лесов и кустарников на склонах балок и оврагов, низкогорно-водораздельных территориях и террасах речных долин. На аллювиальные, аллювиально-луговые, коричнево-луговые лугово-болотные и другие почвы приходится примерно 17% площади области. Около 1% приходится на бурые горно-лесные насыщенные почвы, залегающие выше 300 м над уровнем моря, и солончаки, солонцы на наиболее засушливой части территории. Южнобережье также делится на два физико-географических района: Западный и Восточный. В Западном преобладают (62%) почвы коричневые бескарбонатные хрящева-

то-глинистые на делювии и аллювии таврических пород; 31% приходится на коричневые карбонатные почвы на продуктах разрушения известняков; 5% площади района занято бурыми горно-лесными почвами; 1% – луговыми, аллювиальными и другими почвами днищ балок, оврагов и долин. В Восточном районе 80% территории приходится на почвы коричневого типа; 42% – на бескарбонатные; 27% – на солонцеватые; 11% – на карбонатные. Маломощные и неполноразвитые почвы формируются на продуктах разрушения песчаников, конгломератов и известняков, слагающих горные массивы, гряды, мысы. Для нижних частей склонов характерны намытые и полнопрофильные виды почв, для долин – аллювиальные и луговые почвы, часто засоленные и залегающие комплексно с солонцами и солончаками.

3.6. Растительный и животный мир

Территория Равнинного Крыма расположена в степной зоне, где господствует степной тип растительности с преобладанием типичных, петрофитных, псаммофитных и полупустынных степей. Менее распространенный луговой тип растительности представлен галофитными и настоящими лугами. Наименьшие площади занимают степи пустынного типа.

Типичные степные сообщества представлены злаками: дерновинными (ковыль перистый, ковыль-волосатик, типчак, тонконог, житняк) и корневищными (зерна береговая). Кроме того, здесь распространена осока ранняя и узколистая, а разнотравье (шалфей, клевер, горичвет и др.) играет подчиненную роль. Многолетние травы эфемероидов (тюльпаны, гусиный лук, мятлик живородящий, степной ирис и др.) вегетируют в короткий влажный весенний период. В засушливых частях типичных степей распространены полукустарники: полынь крымская, прутняк, чабрец, степной миндаль.

Петрофитные степи распространены на сильно защебненных почвах. Здесь преобладают ковыль перистый, типчак, тонконог, сообщества асфоделины крымской; из полукустарников – чабрец таврический, косматый и Калле, дубровник белый и обыкновенный, дрок скифский, солнцезвезд седой и монетолистный. В местах постоянного выпаса скота злаки вытесняются травостоями с участием молочаев, полыни кавказской и Лерха. Псаммофитные степи занимают пересыпи, пляжи и песчаные косы. Здесь преобладают песчаная овсяница, песчаный колосняк, ковыль днепровский, осока колхидская, приморский синеголовник и приморский катран, из кустарников – тамарикс четырехтычинковый. На севере полуострова ковыльно-типчаковые степи сменяются пустынными, в которых преобладают типчак, житняк, ковыль, костер и крымская полынь; в местах постоянного выпаса она нередко образует почти чистые полынные. В условиях неглубокого залегания грунтовых вод из сообществ бескильницы Фомина, прибрежницы, кермека Майера, сantonинной полыни и подорожника приморского образуются галофитные луга. Настоящие луга в современный период сильно распаханы. До этого они состояли из пырея ползучего, кострова, мятлика лугового, лисохвоста лугового

и др. На солончаках распространен пустынный тип растительности: сарсазанники, кохия, камфоросма, солерос, сведа, солянка, петросимония. Все вышеописанные типы растительности по-разному сочетаются на территории Равнинного Крыма. Так, в пределах Северо-Крымской низменности произрастает растительность степного, пустынного и лугового типа с преобладанием пустынно-злаковых степей в сочетании с солянковыми сообществами и галофитными лугами. Южнее находятся полынно-злаковые степи в сочетании с растительностью солонцов и солончаков. Центральная часть Равнинного Крыма в настоящее время распахана почти полностью. Растительностью, характерной для нее, являются типчаково-ковыльные и разнотравно-типчаково-ковыльные степи, на крайнем юге сменяющиеся луговыми степями.

Для Тарханкутской возвышенной равнины характерны петрофитные степи из кострово-полынно-типчаковых, кострово-чабрецово-типчаковых, кострово-ковыльно-типчаковых и частично типчаково-асфоделиновых сообществ.

Для Керченского полуострова характерно сочетание пустынного, петрофитного, типичного, лугового типа растительности с галофитными лугами. На юго-западе также распространены галофитные луга и пустынные степи, на востоке – луговые степи, на севере – ковыльно-типчаковые, отчасти петрофитные степи и галофитные луга.

В фаунистическом отношении территория Равнинного Крыма относится к степной зоне Европейско-Сибирской подобласти. Наиболее распространены здесь грызуны, такие как полевка общественная и обыкновенная, суслик малый, хомяк обыкновенный, хомячок серый, тушканчик большой, мышовка степная, слепушонка обыкновенная. Естественными врагами грызунов являются лисица обыкновенная, ласка и степной хорек, из птиц – степной орел, пустельга, степной лунь. Из зайцеобразных здесь распространен заяц-русак. К птицам, встречающимся в степях Равнинного Крыма, относятся жаворонки, серая куропатка, коростень, перепел, редко дрофа, стрепет и журавль-красавка. В лесополосах гнездуются скворец обыкновенный, щегол, синица, гор-linka и др. Из пресмыкающихся в Степном Крыму распространены обыкновенный уж, степная гадюка, ящерица крымская и прыткая. На Керченском и Тарханкутском полуострове встречаются желтопузик и змеевидная безногая ящерица.

Для Горного Крыма выделяется семь поясов растительности, из них три приурочены к южному макросклону, три – к северному, а один находится на вершине.

Южный макросклон. Его нижний лесостепной пояс на высоте 0–400 м состоит из гемиксерофильных лесов, ксерофильных редколесий и саванноидов. Здесь преобладают пушистодубовые и возникшие из них грабинниковые леса с сообществами можжевельника высокого, фисташки туполистной и сосны пицундской, на месте которых образуются саванноиды. В пределах пояса выделяются три полосы: приморская, основное влияние на которую оказывает море; псевдомаквисовая с вечнозелеными лиственными деревьями или кустарниками в лесах (5–200 м от м. Айя до г. Алушты); шибляковая

из листопадных гемиксерофильных сообществ (200–400 м). Средний лесной пояс расположен на высоте 400–900 м и образован мезоксерофильными и ксеромезофильными субсредиземноморскими крымскососновыми и неморальными скальnodубовыми лесами. В его пределах выделяются две полосы: хвойного (крымскососнового) леса (от с. Оползневое до с. Малый Маяк); скальnodубового леса (к востоку от с. Малый Маяк). Верхний лесной пояс находится на высоте 900–1300 м и представлен неморальными буковыми и бореальными сосновыми лесами. Здесь выделяются две полосы: хвойного бореального леса из сосны Коха (от г. Ялта до с. Малый Маяк); букового и грабового неморального леса (от с. Оползневое до с. Щebetовка).

Северный макросклон. Здесь в нижнем лесостепном поясе (300–400 м) происходит чередование гемиксерофильных пушистодубовых лесов и шибляков с настоящими степями; выделяются две полосы. В пределах одной из них произрастают гемиксерофильные леса и шибляки, во второй – куртинные комплексы гемиксерофильных дубовых редколесий с настоящими степями. Средний лесной пояс располагается на высоте 400–800 м; здесь произрастают дубовые, а также грабинниковые, грабовые и ясеновые леса, возникшие на их месте. Здесь, как и в нижнем поясе, выделяются две полосы: пушистодубовые и грабинниковые леса; скальnodубовые, грабовые и ясеновые леса. Абсолютная высота верхнего лесного пояса составляет 800–1200 м. Здесь произрастают буковые леса с грабовыми, ясеновыми, кленовыми лесами и лугами.

На вершине Главной гряды (яйле) произрастают виды пояса горных луговых степей, лугов и томилляров. Здесь также выделяются две полосы: злаково-осочковые горно-луговые степи, луга и томилляры на западных и центральных яйлах высотой 1200–1545 м; злаково-ковыльные луговые степи, томилляры и луга на восточных яйлах высотой 800 м.

Характерной чертой растительного покрова Горного Крыма является нарушение поясности в некоторых местах, представленное смещением границ сообществ, сужением и выклиниванием поясов, инверсией поясов, обусловленное экспозицией и крутизной склонов, а также изменением микроклиматических условий почвенного покрова и т. д. [68].

В фаунистическом отношении Горный Крым значительно богаче, чем Равнинный. Наиболее характерными видами, обитающими на этой территории, являются крымский олень и косуля. Из привезенных видов здесь распространены кабан и муфлон, хотя численность последнего невелика. Из грызунов в Горном Крыму обитают серая и черная крыса, белка-телеутка, лесная и желтогорлая мышь, полевка обыкновенная; из насекомоядных – 16 видов летучих мышей и 3 вида землероек. Из хищников распространены подвиды барсука, лисица, каменная куница, ласка. К птицам, обитающим на изучаемой территории, относятся дятлы, подвид черноголовой сойки, некоторые эндемичные виды синиц, зяблики, пеночки, неясыть, ястреб, канюк. На ЮБК в основном распространены беспозвоночные и пресмыкающиеся: крымский геккон, леопардовый полоз, большой змеевидный желтопузик; из насекомых – москиты, цикады, богомолы, крымская жужелица.

3.7. Ландшафтная структура

Ландшафтная структура Крымского полуострова описывалась разными авторами [73; 74; 200; 235]. Наиболее полно отражающей ландшафтную структуру Крыма в настоящее время является ландшафтно-типологическая карта Г. Е. Гришанкова [235] (рисунок 3.6), которая и была принята за основу исследований.

Согласно ландшафтно-типологической карте Крыма Г. Е. Гришанкова [235], на Крымском полуострове выделяются 4 ландшафтных уровня: гидроморфный, плакорный, низкогорный, среднегорный. К гидроморфному ландшафтному уровню относится зона низменных недренированных и слабодренированных аккумулятивных и денудационных равнин с типчаково-ковыльными, полынно-типчаковыми и полынно-житняковыми степями в комплексе с галофитными степями и лугами. В пределах данного уровня выделяются 4 ландшафтных пояса: пояс прибрежных недренированных низменностей, пляжей и кос с галофитными лугами, солончаками и сообществами псаммофитов; пояс аккумулятивных и денудационных недренированных и слабодренированных низменностей с полынно-типчаковыми, полынно-житняковыми и ковыльно-типчаковыми степями; пояс аккумулятивных и денудационных слабодренированных равнин с ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями; пояс аккумулятивных дренированных и слабодренированных низменностей с ковыльно-типчаковыми степями в комплексе с ковыльно-разнотравными степями.

Плакорный ландшафтный уровень представлен зоной типичных ковыльно-типчаковых и бедноразнотравно-ковыльно-типчаковых степей в комплексе с петрофитными и кустарниковыми степями. Зона, в свою очередь, делится на два яруса: верхний денудационный ярус ковыльно-типчаковых, петрофитных и кустарниковых степей и нижний денудационно-аккумулятивный ярус с ковыльно-типчаковыми, кустарниково-разнотравными и петрофитными степями.

Низкогорный ландшафтный уровень представлен двумя зонами – зоной предгорных аккумулятивных, останцово-денудационных и структурных денудационных равнин и куэстовых возвышенностей с разнотравными степями, кустарниковыми зарослями, лесостепью и низкорослыми дубовыми лесами и зоной южного макросклона, полусубтропических дубовых, фисташково-дубовых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых зарослей.

В пределах предгорной зоны выделяются три пояса: пояс бородачево-разнотравных и асфоделиново-разнотравных степей на аккумулятивных и денудационных равнинах; пояс лесостепи на останцово-денудационных, структурно-денудационных и аккумулятивных равнинах, куэстовых возвышенностях; пояс дубовых лесов и кустарниковых зарослей на останцово-денудационных и наклонных структурных денудационных равнинах и куэстовых возвышенностях. В пределах зоны южного макросклона выделяются пояс дубово-фисташковых, можжевельново-сосновых лесов и шибляковых за-

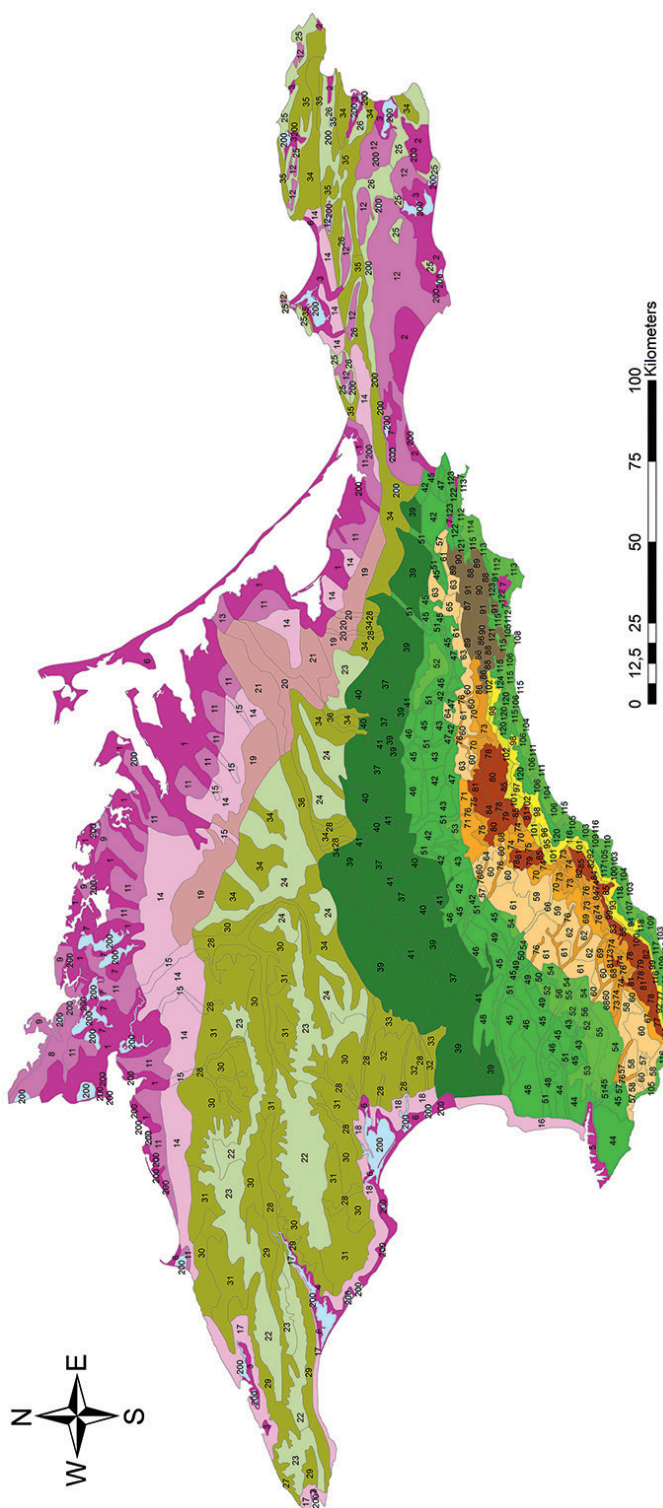


Рисунок 3.6. Ландшафтно-типологическая карта Г. Е. Гришанкова (легенду см. в работе [235]).

рослей и пояс сосновых, дубовых и смешанных широколиственных лесов и шибляковых зарослей.

Среднегорный ландшафтный уровень Крымского полуострова представлен тремя зонами: северного макросклона гор, буковых, дубовых и смешанных широколиственных лесов; яйлинских плато, горных лугов и горной лесостепи; южного макросклона гор, дубовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов. Зона северного макросклона делится на три пояса: пояс котловин и эрозионного низкогорья, дубовых, смешанных широколиственных и сосновых лесов; пояс среднегорно-склоновый, дубовых, можжевельно-дубовых и смешанных широколиственных лесов; пояс среднегорно-склоновый, буковых, буково-грабовых, смешанных широколиственных лесов. В пределах двух других зон выделяются по два пояса. Зона яйлинских плато, горных лугов и горной лесостепи делится на пояс лесных и лугово-лесостепных плато и пояс луговых и лугово-лесных плато. В пределах зоны южного макросклона гор выделяются три пояса – пояс низкогорно-склоновый дубовых и смешанных широколиственных лесов; пояс среднегорно-склоновый, дубовых, сосновых и смешанных широколиственных лесов; пояс буковых и смешанных широколиственных лесов.

РАЗДЕЛ 4.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В КРЫМУ

4.1. Пространственно-временная динамика температуры воздуха

Анализ пространственно-временной динамики полей температуры воздуха проведен на основании построенных карт температуры воздуха в пределах Крымского полуострова. Изучение пространственно-временной динамики температуры воздуха основывалось на получении среднееголетних карт рассматриваемых характеристик для каждой циркуляционной эпохи и периода.

ЗЦЭ (рисунок 4.1) характеризовалась среднееголетними температурами воздуха в пределах $+4,2...+11,7^{\circ}\text{C}$.

Резкие перепады температуры воздуха (от $+4,2$ до $+9,0^{\circ}\text{C}$) наблюдались преимущественно на горных территориях. Самая теплая область ($+11...+11,7^{\circ}\text{C}$) отмечалась на территории от Центрально-Крымской равнины до западного побережья (от Гераклейского полуострова до Евпаторийской бухты), а также на территории узкой прибрежной полосы Южного берега Крыма, Акмонайско-

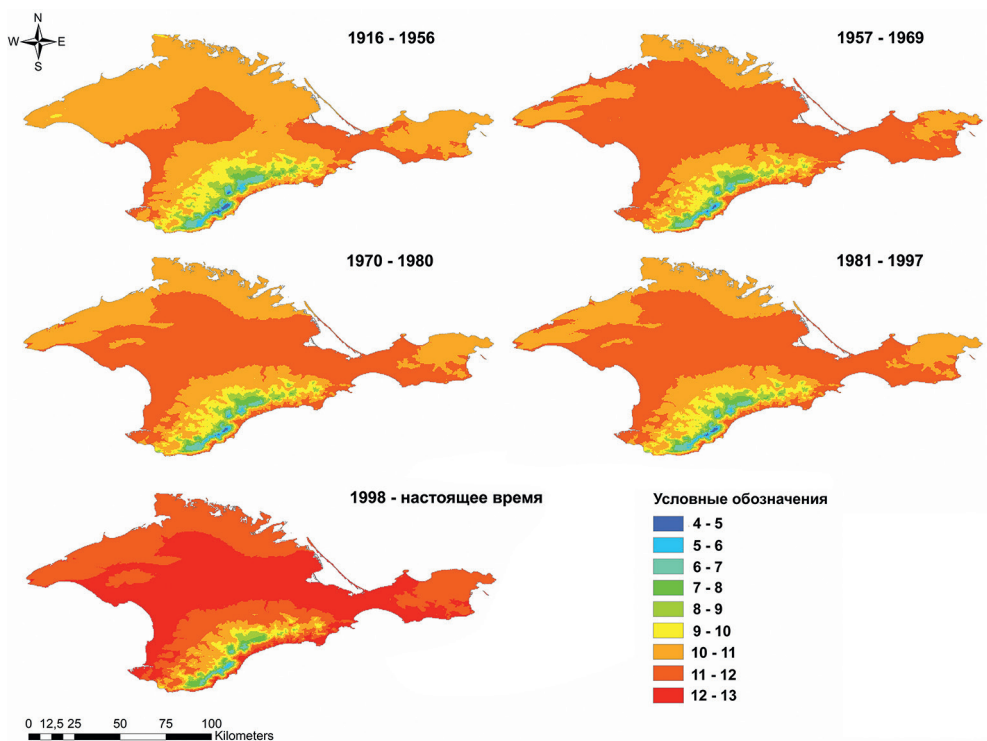


Рисунок 4.1. Изменение температуры воздуха в Крыму по циркуляционным эпохам и периодам.

го перешейка, побережья Феодосийского залива, южной части Юго-Западной равнины, юго-восточной части Арабатской косы. С продвижением от Внутренней гряды к Главной гряде наблюдалось понижение температуры от $+10,0$ до $+4,2$ °C. Равнинная часть полуострова в основном характеризовалась среднесуточными температурами на уровне $+10,0 \dots +11,0$ °C, кроме небольших участков на Тарханкутском полуострове и Перекопском перешейке, где среднесуточная температура за рассматриваемый промежуток времени была меньше на $1,0$ °C и составляла $+9,0 \dots +10,0$ °C.

В первом периоде МЮЦЭ, сменившей ЗЦЭ (рисунок 4.1), одновременно увеличивалась продолжительность меридиональных северных и южных процессов, при этом среднесуточная температура составляла $+4,8 \dots +12,2$ °C. Большая часть территории полуострова прогревалась до максимальных значений среднесуточных температур периода ($+11,0 \dots +12,2$ °C). На один градус меньше ($+10,0 \dots +11,0$ °C) были среднесуточные температуры над большей частью Тарханкутского полуострова, прибрежной частью Присивашской низменности (от г. Армянска до природного парка «Калиновский»), частью Керченской холмистой равнины, территорией между Центрально-Крымской равниной и Внешней грядой Крымских гор. Самыми низкими среднесуточными значениями на полуострове характеризовался Горный Крым, где температура резко изменялась в пределах от $+4,8$ до $+10,0$ °C, снижаясь по направлению от Внешней гряды к Главной гряде.

Среднесуточная температура при переходе от ЗЦЭ к первому периоду МЮЦЭ увеличилась на $0,35 \text{--} 0,57$ °C (рисунок 4.2). Изменение температуры воздуха происходило в субмеридиональном направлении, возрастая с востока на запад. Максимальные значения роста температуры ($0,5 \text{--} 0,57$ °C) были характерны для большей части территории Крымского полуострова, расположен-

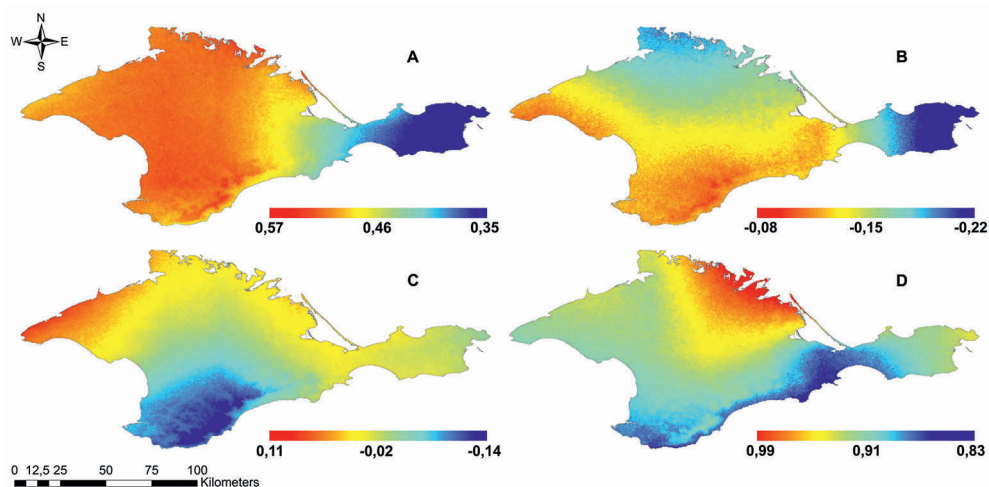


Рисунок 4.2. Пространственно-временная динамика температуры воздуха в Крыму: А) между ЗЦЭ и первым периодом МЮЦЭ; В) между первым и вторым периодами МЮЦЭ; С) между вторым и третьим периодами МЮЦЭ; D) между третьим и четвертым периодами МЮЦЭ.

ной западнее линии природный парк «Калиновский» (на севере) – низовье реки Алачук (на юге); минимальные (0,35–0,4 °C) – для Керченского полуострова. Наибольшие значения потепления наблюдались в Горном Крыму на яйлах.

Второй период МЮЦЭ характеризовался большей продолжительностью зональных процессов. Среднемноголетняя температура составляла +4,7...+12,1 °C (рисунок 4.1). Рисунок распределения среднемноголетних значений температур в этом периоде во многом повторяет распределение температур первого периода МЮЦЭ, однако имеются некоторые различия. Северная равнинная часть полуострова прогревалась меньше, и поле максимальных температур за период (+11,0...+12,1 °C) сместилось южнее. То же произошло и на территории Керченского полуострова. В Крымских горах среднемноголетняя температура воздушных масс по-прежнему была самой низкой на полуострове, она варьировала от +4,8 до +10,0 °C. Распределение температур в Горном Крыму, по сравнению с таковым предыдущего периода, не изменилось. Большая часть равнинной территории полуострова прогрелась до +11,0...+12,1 °C.

При смене первого периода МЮЦЭ на второй (рисунок 4.2) на всей территории Крымского полуострова произошло похолодание на 0,08–0,22 °C.

Основная территория Крымского полуострова при этой смене характеризовалась субширотным изменением температуры с максимальным похолоданием в Присивашье и минимальным на яйлах, где снижение температуры составило 0,08 °C. Керченский полуостров характеризовался наибольшими значениями похолодания (0,18–0,22 °C); кроме того, здесь сохранилось субмеридиональное изменение температур с востока на запад.

Для третьего периода МЮЦЭ характерен быстрый рост продолжительности меридиональных южных процессов. Среднемноголетняя температура составляла +4,5...+12,0 °C (рисунок 4.1). Характер распределения и значения среднемноголетних температур в этом периоде практически не отличаются от значений и распределения температур в предыдущем периоде.

При переходе от второго периода МЮЦЭ к третьему (рисунок 4.2) на территории Крымского полуострова сохраняется субширотная закономерность ее изменения. Вместе с тем на фоне роста температуры воздуха в Равнинном Крыму в горных районах полуострова отмечено некоторое похолодание. Особенно оно ярко проявляется в западном секторе Горного Крыма, где значения изменения температуры воздуха достигают 0,14 °C. Наибольшие значения потепления наблюдаются на Тарханкутском полуострове и достигают 0,11 °C. Незначительные изменения ($\pm 0,02$ °C) зарегистрированы для большей части Равнинного Крыма, в том числе Керченского полуострова. Температура южной и центральной частей полуострова, охватывающая Центрально-Крымскую равнину, Горный Крым (кроме территории яйл), Южный берег Крыма, Альминскую низменность, часть горного массива Меганом, а также малую часть Керченской холмистой равнины в районе г. Керчь и мыса Фонарь, уменьшилась на 0–0,1 °C. Остальная территория Крымского полуострова характеризуется небольшим ростом среднемноголетней температуры – на 0–0,11 °C.

В четвертый период МЮЦЭ уменьшается продолжительность меридиональных южных процессов и растут меридиональные северные процессы. Рисунок распределения среднемноголетних значений температур во многом повторяет распределение температур третьего периода МЮЦЭ, однако значения температур выше практически на градус. Среднемноголетняя температура за этот период составляет $+5,4 \dots +13,0$ °C (рисунок 4.1). Большая часть равнинной территории полуострова хорошо прогревается ($+12,0 \dots +13,0$ °C). Немного меньшими температурами ($+11,0 \dots +12,0$ °C) характеризуется территория большей части Тарханкутского полуострова, прибрежной части Присивашской низменности, Керченской холмистой равнины, северо-западной части Арабатской стрелки, между Центрально-Крымской равниной и Внешней грядой Крымских гор. Температура воздуха в Горном Крыму снижается по направлению от Внешней гряды к Главной гряде и в высотном направлении. Среднемноголетняя температура здесь самая низкая на полуострове и составляет от $+5,4$ до $+11,0$ °C.

При последней смене периодов МЮЦЭ (рисунок 4.2) происходит повсеместное увеличение температуры воздуха – на значение до $0,83\text{--}0,99$ °C. Среднемноголетнее значение температуры повысилось за счет увеличения максимума температур в летние месяцы и уменьшения минимума в зимние, что определяет рост континентальности климата в Крыму. Максимальные значения характерны для Присивашской низменности; они уменьшаются в юго-западном направлении. Самый большой скачок температуры ($0,95\text{--}0,99$ °C) наблюдается на прибрежной части Присивашской низменности (от полуострова Карача-Китай до государственного природного заказника «Присивашский») и северо-западной части Арабатской стрелки. Температура увеличивается в пределах $0,9\text{--}0,95$ °C также в центральной части Арабатской стрелки, Центрально-Крымской равнине, береговой зоне Каркинитского залива, Перекопском перешейке, части Тарханкутской возвышенности (берег Каркинитского залива), на восточной части Керченской холмистой равнины, мысе Казантип. Минимальные значения потепления наблюдаются на территории Акмонайского перешейка, узкой прибрежной полосе Южного берега Крыма, а также на Гераклеяском полуострове.

4.2. Пространственно-временная динамика атмосферных осадков

На основе архивных данных метеостанций с использованием регрессионного моделирования были рассчитаны среднемноголетние карты сумм осадков для каждой циркуляционной эпохи и периода (рисунок 4.3) [289]. Вычитание карт атмосферных осадков предыдущей эпохи или периода из последующего позволило выявить пространственно-временные изменения количества осадков в Крыму (рисунок 4.4).

В 3ЦЭ осадки в Крым приносились северо-западными и южными циклонами при зональной циркуляции в Европейском секторе (ЭЦМ 16, 26, 4в, 5б, 5г, 6, 7аз, 7бл, 8а, 8бл, 8вл, 9б, 11а). В течение этой эпохи среднее количество вы-

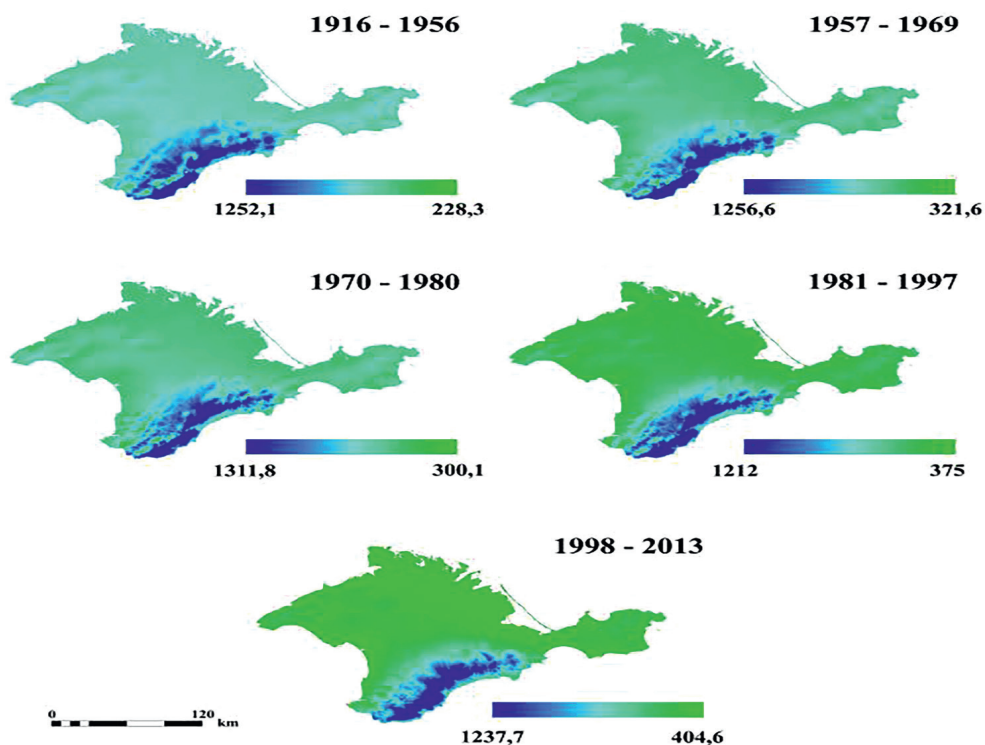


Рисунок 4.3. Изменение количества атмосферных осадков в Крыму по циркуляционным эпохам и периодам.

падающих осадков на полуострове колебалось от 358–400 мм на отдельных преимущественно прибрежных участках до 1000–1139 мм в горах.

На большую часть полуострова (весь Равнинный Крым и часть Южного берега Крыма от г. Судака до м. Ильи, а также Гераклеийский полуостров) приходилось 400–500 мм осадков. С продвижением от Внутренней гряды к Главной гряде происходило увеличение количества осадков от 500 до 700 мм с постепенным повышением до максимальных отметок 1000–1139 мм на останцово-денудационных расчлененных плато с горными лугами и грабово-буковыми лесами и на волнистых расчлененных плато с горными лугами.

В циркуляционный период одновременного увеличения продолжительности меридиональных северных и южных процессов, сменивший ЗЦЭ в 1957 г., наблюдается увеличение количества осадков. В этот период минимальные значения количества осадков составляли 400–500 мм для всего Равнинного Крыма.

На Внешней и Внутренней гряде выпадало также 500–600 мм, а участки, для которых характерно количество осадков 600–700 мм, занимали большую площадь, чем в предыдущую эпоху. На территории яйл (останцово-денудационных расчлененных плато с горными лугами и грабово-буковыми лесами и волнистых расчлененных плато с горными лугами) также выпадало максимальное количество осадков (1100–1187 мм), что выше на 48 мм, чем в ЗЦЭ.

Изменение среднемноголетнего количества атмосферных осадков в период между ЗЦЭ и первым периодом МЮЦЭ колебалось от 74 мм в сторону уменьшения количества атмосферных осадков (в районе Главной гряды) до 168 мм в сторону увеличения (в районе Внутренней гряды) (рисунок 4.4). Наиболее сильному изменению в количестве выпадающих осадков подверглись ландшафты в южной части полуострова. Северные, западные и центральные части Крымского полуострова не испытали таких сильных изменений. Центральные и западные части Крыма характеризуются небольшим увеличением количества выпадающих осадков (от 20 до 50 мм). Отдельно стоит отметить Керченский полуостров, по всей площади которого наблюдается стабильное увеличение количества выпадающих осадков на 50 мм. В целом наибольший стресс испытали ландшафты Качинского поднятия: здесь зафиксировано самое большое сокращение количества осадков – 240 мм.

Во втором периоде МЮЦЭ продолжительность всех групп циркуляции была близка к средней (рисунок 4.3). В это время на территории полуострова отмечалось максимальное количество осадков за весь анализируемый период. По пространственному распределению выпавших атмосферных осадков этот период имеет сходства с ЗЦЭ, описанной выше. В этот период минимальные значения, 388–400 мм, характерны практически для тех же территорий, что и в ЗЦЭ; значения 400–500 мм – для всего Равнинного Крыма, участка ЮБК от г. Судака до пос. Утес, а также Гераклеийского полуострова. Максимальные показатели количества атмосферных осадков, 1100–1218 мм, отмечаются на яйлах.

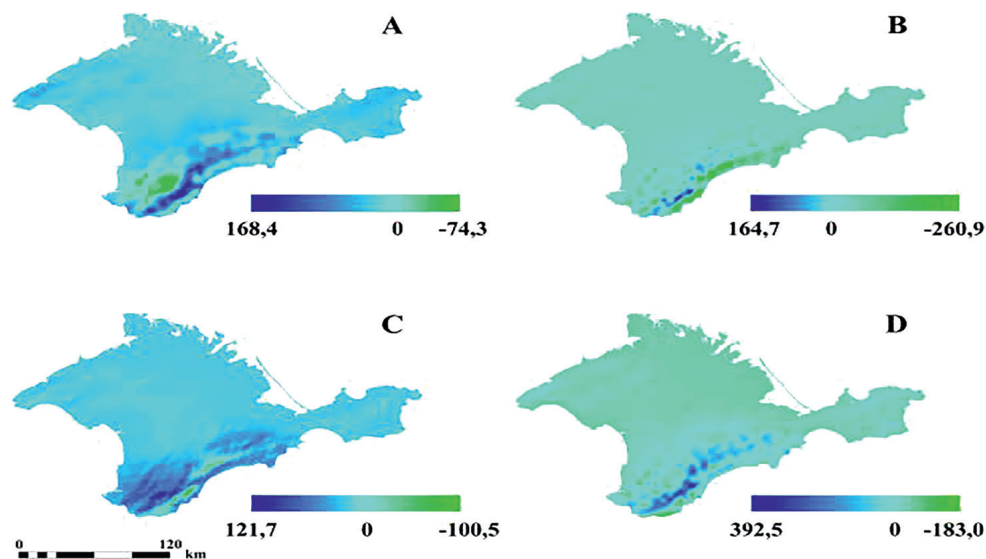


Рисунок 4.4. Пространственно-временные изменения количества осадков в Крыму. Условные обозначения см. в подписи к рисунку 4.2.

Смена первого и второго периода (рисунок 4.4) МЮЦЭ характеризуется сильным уменьшением количества осадков по всему южному побережью Крымского полуострова. Так, изменение в максимальном значении составило 260 мм. Исключением стали участок ЮБК от м. Сарыч до м. Троицы, часть Айпетринской и Бабуган-яйлы, а также Ялтинская, Никитская и Гурзуфская яйлы, в пределах которых произошло увеличение среднемноголетнего показателя выпадающих осадков на 160 мм. Для Главной гряды остается характерным увеличение количества выпадающих осадков на 140 мм, однако Качинское поднятие более не является целиком зоной сильного понижения уровня выпадающих осадков (при смене периодов на этой территории наблюдается незначительный рост – 20–50 мм). Все же стоит отметить, что в пределах этой территории появляются небольшие по площади зоны резкого снижения количества выпадающих осадков, вплоть до 280 мм. Для Западного Крыма и Керченского полуострова характерно небольшое (в пределах 20–50 мм) снижение уровня выпадающих осадков. Для центральных и северных районов полуострова остается характерным колебание изменений в количестве выпадающих осадков в районе нуля. Наибольшая амплитуда зафиксирована в пределах горного массива Демерджи – 440 мм.

Третий период МЮЦЭ (рисунок 4.3) характеризуется ростом продолжительности южных циклонов, но траектории циклонов при ЭЦМ 13л не всегда выходили к полуострову Крым. Для Горного Крыма характерна более четкая дифференциация повышения количества осадков с высотой: 500–600 мм – для Внутренней гряды и участка ЮБК от пос. Утес до г. Судака; 600–700 мм – вокруг яйл и на участке ЮБК от м. Айя до пос. Утес; от 700 до максимальных отметок 1100–1135 мм – для яйл.

Для смены второго периода МЮЦЭ третьим характерно умеренное изменение показателя среднемноголетнего количества выпадающих осадков (рисунок 4.4) – в пределах –100...+121 мм. Также для этого периода характерна инверсия показателей. Главная гряда в своей южной части получает отрицательную динамику показателя среднемноголетнего количества выпадающих осадков в пределах 50–100 мм. Внутренняя и Внешняя гряды, наоборот, оказываются более увлажняемыми; здесь показатель колеблется от 20 мм в северо-восточных их частях до 120 мм в юго-западных. Для центральной части Крыма, некоторых районов западной части Крыма и центральной части Керченского полуострова в этот период характерно небольшое снижение показателя среднемноголетнего количества выпадающих осадков – в пределах 10–40 мм. Для остальных районов западной части Крыма, а также для его северной части характерно колебание показателя изменения количества осадков в пределах ± 5 мм. Наибольшая амплитуда в этом периоде зафиксирована в пределах горного массива Чатырдаг – 222 мм.

В четвертый период МЮЦЭ (рисунок 4.3) количество осадков опять возросло в связи с тем, что при наиболее часто повторяющемся ЭЦМ 12а траектории средиземноморских циклонов выходят на полуостров Крым. Для этого периода характерно явное увеличение количества осадков. Для территории

Равнинного Крыма величина 400–500 мм остается неизменной, вместе с тем значение 500–600 мм характерно уже для Внешней гряды и Гераклеийского полуострова, тогда как в вышеописанные периоды оно было таким же, как в Равнинном Крыму. На Внутренней гряде и части ЮБК от пос. Утес до г. Судака зафиксированы аналогичные показатели суммарного количества осадков. Количество атмосферных осадков 600–700 мм характерно для областей, опоясывающих яйлы, и части ЮБК от м. Айя до пос. Утес. От Байдарской котловины и до Караби-яйлы количество осадков возрастает от 700 до максимальных 1100–1166 мм на пологих седловинах с горными лугами и участками грабово-буковых лесов и на останцово-денудационных расчлененных плато с горными лугами и грабово-буковыми лесами.

Во время последней смены периодов (рисунок 4.4) изменение количества выпадающих осадков происходит в пределах –183...+392 мм. Для Главной и частично Внешней гряды характерно сильное увеличение количества выпадающих осадков, вплоть до максимального значения 392 мм. В пределах участка ЮБК от м. Сарыч до м. Троицы происходит снижение количества осадков на 183 мм. Западная часть Крыма и Керченский полуостров в этот период имеют положительную динамику показателя среднемноголетнего количества выпадающих осадков – от 100 до 150 мм, как и предгорные районы центральной части. В остальной центральной и в северной частях Крыма изменений в количестве выпадающих осадков не наблюдается. Наибольшая амплитуда в пределах одного ландшафтного контура зарегистрирована в районе г. Ялты и горного массива Демерджи и составляет 575 мм.

РАЗДЕЛ 5.

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

5.1. Изменение элементов радиационного баланса

Основным источником энергии всех процессов в геоэкосистеме является солнечная радиация. Именно поэтому с изменением радиационного баланса геоэкосистем запускается вся цепь событий, связанных с реакцией на климатические изменения.

5.1.1. Геоэкосистемы Горного Крыма

Геоэкосистемы дубовых лесов. Крымские леса, находясь на границе своего ареала [247] и, по своей сути, являясь геоэкотоном регионального масштаба [16], из-за своей слабой устойчивости наиболее подвержены климатическим изменениям. Структура лесов Крымского полуострова хорошо описана в работах [193; 197; 205]. В них показано, что значительную площадь Крымских гор занимают дубовые леса, ареал которых распространяется как на северный, так и на южный макросклон Крымских гор. Кроме того, дубовые леса занимают все высотные уровни Горного Крыма, что делает их интересным и актуальным объектом исследования с точки зрения изучения их реакции на региональные проявления глобальных климатических изменений.

Согласно работе Ю. В. Плугатаря [193], лесные геоэкосистемы с дубом пушистым являются преобладающими по площади в Горном Крыму. Ими занято почти 142 тыс. га, что составляет 54,7 %. При этом дуб скальный и дуб пушистый являются наиболее распространенными по занимаемой площади – 78,3 % и 21,5 % соответственно. Вместе с тем, учитывая значительные экологические различия в формировании лесных геоэкосистем на южном и северном макросклонах Крымских гор, а также в условиях высотной поясности, мы выбрали для рассмотрения ландшафтные контуры, расположенные в разных высотных поясах на южном и северном макросклоне Горного Крыма. В таблице 2.3 приводится характеристика выбранных контуров.

Структура радиационного баланса рассматриваемых лесных геоэкосистем представлена в таблице 5.1.

Для всех рассматриваемых лесных геоэкосистем характерен положительный радиационный баланс, который снижается с увеличением высотного расположения лесов на северном макросклоне. Для южного макросклона наблюдается обратная картина: югобережные низкогорные пушистодубовые лесные геоэкосистемы характеризуются существенно более низкими значениями величин радиационного баланса, чем остальные рассматриваемые контуры. Это объясняется рядом факторов. Основной – пространствен-

Таблица 5.1. Радиационный баланс геоэкосистем дубовых лесов Крымского полуострова, МДж/м²·год

№ контура	Коротковолновая радиация			Длинноволновая радиация			В
	Q	R	B _s	E _s	E _a	E _e	
46	5095,0	917,1	4177,9	11586,2	9135,7	2450,5	1727,4
54	5061,2	911,0	4140,9	11475,6	9021,2	2454,4	1686,5
71	4711,3	848,0	3863,3	11308,8	8805,3	2503,3	1359,7
92	5227,2	940,9	4286,3	11385,6	8922,7	2462,9	1823,5
120	4979,8	896,4	4083,4	11559,1	9120,2	2438,9	1644,6

Примечание: Q – суммарная солнечная радиация; R – отраженная солнечная радиация; B_s – поглощенная солнечная радиация; E_s – поток теплового излучения подстилающей поверхности, направленный в сторону атмосферы; E_a – противоизлучение атмосферы; E_e – эффективное излучение; В – радиационный баланс.

ная дифференциация полей суммарной солнечной радиации над территорией Крымского полуострова: максимальные значения поступления солнечной радиации в Крыму характерны не для Южного берега Крыма, а для западного побережья. Зона распространения пушистодубовых сообществ, характеризующаяся максимальной площадью без дефрагментации в пространстве, характерна для Юго-Восточного Крыма, где и располагается выбранный в работе ландшафтный контур. Кроме того, для Юго-Восточного Крыма существует эффект затенения солнечной радиацией от Главной гряды Крымских гор, что также снижает количество поступающей солнечной радиации и, соответственно, величины радиационного баланса.

Максимальные значения элементов радиационного баланса характерны для среднегорных скальнодубовых лесов южного макросклона, что объясняется высокими значениями крутизны рельефа в зоне их произрастания, определяющей высокие значения суммарной солнечной радиации и практически полное отсутствие эффекта затенения и закрытости склонов.

Для всех рассматриваемых лесных геоэкосистем характерны высокие значения величин потока теплового излучения подстилающей поверхности, направленного в сторону атмосферы, что объясняется его формированием не столько за счет приходящей коротковолновой радиации, сколько за счет циркуляции воздушных масс над Крымским полуостровом.

Являясь функцией от приходящей суммарной солнечной радиации, а также циркуляции воздушных масс на региональном и локальном уровне, тепловой поток от земной поверхности компенсируется противоизлучением атмосферы, выравнивая значения эффективного излучения. В результате значения эффективного излучения закономерно возрастают с повышением высотного уровня как на северном, так и на южном макросклоне Крымских гор.

Выявленные закономерности отражают среднемноголетнее усреднение значений элементов радиационного баланса за рассматриваемый период.

Вместе с тем с точки зрения изучения реакции лесных геоэкосистем на климатические изменения интересным является проведение анализа межгодовой динамики величин радиационного баланса для каждого рассматриваемого типа лесных геоэкосистем. Графически изменение радиационного баланса на рассматриваемых ключевых участках показано на рисунках 5.1, 5.2.

За период 1983–2013 гг. радиационный баланс пушистодубовых лесов низкогогорья северного макросклона Крымских гор изменялся от 1401,1 до 2020,2 МДж/м²·год. Среднее значение составило 1727,4 МДж/м²·год. Во временном ряде отчетливо прослеживаются 2 периода – с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г., что соответствует границе циркуляционных периодов в пределах МЮЦЭ.

При этом сравнение первого периода со вторым указывает на рост радиационного баланса. В первый период средние значения составляют

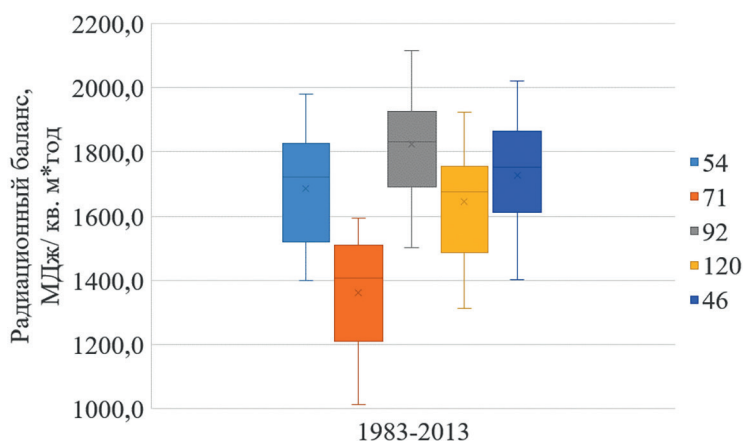


Рисунок 5.1. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков за период с 1983 по 2013 г.

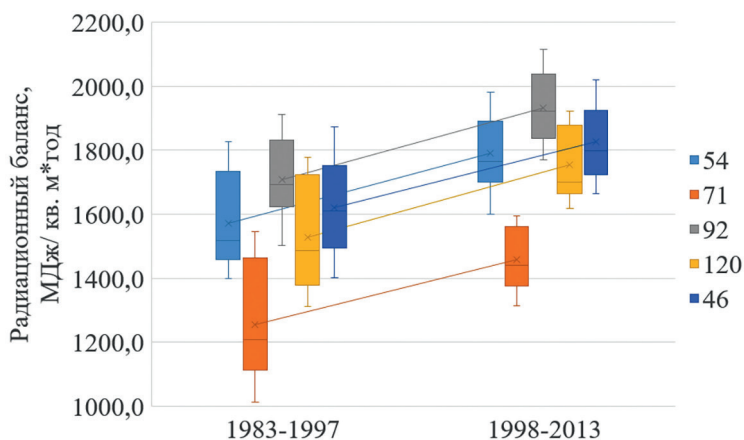


Рисунок 5.2. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков за период с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г.

1621,8 МДж/м²·год, а во второй – 1826,4 МДж/м²·год. Общий тренд радиационного баланса направлен на повышение, причем в первом периоде среднегодовые колебания радиационного баланса весьма значительны и могут достигать от года к году 350–400 МДж/м²·год, в то время как во втором периоде наблюдается более плавный ход радиационного баланса, а изменения от года к году составляют 200–250 МДж/м²·год без значительных, резких колебаний. В первом периоде, к 1997 г., наблюдается тренд на незначительное уменьшение радиационного баланса, а во втором периоде – тренд на его значительный рост.

Радиационный баланс пушистодубовых лесов низкогорья южного макросклона Крымских гор за период с 1983 по 2013 г. изменялся от 1310,6 до 1923,4 МДж/м²·год. Среднее значение составило 1644,6 МДж/м²·год. Во временном ряде радиационного баланса пушистодубовых лесов южного макросклона Крымских гор, как и северного макросклона, прослеживаются два временных периода. Отправной точкой раздела служит 1998 г. Если до 1998 г. радиационный баланс изменялся значительно, с большими перепадами значений, то после ход кривой радиационного баланса стал более сглаженным, наблюдалась тенденция к его увеличению (преобладают среднегодовые значения более 1600 МДж/м²·год). При этом пушистодубовые леса низкогорья южного макросклона Крымских гор имеют радиационный баланс, который выше радиационного баланса пушистодубовых лесов северного макросклона Крымских гор в среднем на 100 МДж/м²·год.

За период 1983–2013 гг. радиационный баланс скальnodубовых лесов низкогорья северного макросклона Крымских гор изменялся от 1417,5 до 1981,5 МДж/м²·год. Среднее значение составило 1686,5 МДж/м²·год. Анализ временного ряда также показывает наличие двух периодов. В 1983–1997 гг. среднее значение радиационного баланса составило 1574,2 МДж/м²·год, а в 1998–2013 гг. – 1791,8 МДж/м²·год, что практически на 200 МДж/м²·год больше. При этом в первый период для ключевого участка наибольшее количество значений радиационного баланса приходилось на диапазон от 1450 до 1500 МДж/м²·год (при среднем значении за период 1574,2 МДж/м²·год), а во второй период – на диапазон значений от 1850 до 1900 МДж/м²·год (при среднем значении за период 1791,3 МДж/м²·год).

Радиационный баланс скальnodубовых лесов среднегорья северного макросклона Крымских гор за период с 1983 по 2013 г. изменялся от 1011,1 до 1594,3 МДж/м²·год. Среднее значение составило 1359,7 МДж/м²·год. На данном ключевом участке зафиксированы самые низкие значения радиационного баланса. Наибольшее количество значений приходится на диапазон от 1450 до 1500 МДж/м²·год. Также выделяются два периода с различными характеристиками значений радиационного баланса. Среднее значение для ключевого участка за первый период составляет 1254,5 МДж/м²·год, а за второй – 1458,4 МДж/м²·год.

За период с 1983 по 2013 г. радиационный баланс скальnodубовых лесов среднегорья южного макросклона Крымских гор изменялся от 1502,6 до

2115,5 МДж/м²-год. Среднее значение составило 1823,5 МДж/м²-год. В отличие от всех вышерассмотренных ключевых участков, скальnodубовые леса среднегорья южного макросклона Крымских гор характеризуются наибольшими значениями радиационного баланса: за рассматриваемый период они превышают 1500 МДж/м²-год. Тренд радиационного баланса направлен на увеличение.

Хвойные леса Крымского полуострова представлены двумя основными формациями: сосновыми и можжевельновыми. Подробное их описание приведено в работах [193; 197; 205]. Эти леса в своем естественном состоянии сильно дефрагментированы в пространстве, что снижает их устойчивость как к антропогенным нагрузкам, так и к процессам изменения климата. По наблюдениям 2020 г., отмечено усыхание сосновых сообществ в Юго-Восточном Крыму. В таблице 2.3 приведены описания выбранных ландшафтных контуров. Структура радиационного баланса хвойных геоэкосистем Горного Крыма представлена в таблице 5.2.

Обращает на себя внимание увеличение величины радиационного баланса с уменьшением абсолютной высоты местности, что связано с ростом значений суммарной солнечной радиации с севера на юг.

Вместе с тем с севера на юг наблюдается снижение значений эффективного излучения, что может быть объяснено рядом факторов. Эффективное излучение рассчитывается как разность между потоком теплового излучения подстилающей поверхности, направленным в сторону атмосферы, и противоизлучением атмосферы. Из таблицы видно, что с севера на юг наблюдается закономерный рост значений потока теплового излучения земной поверхности, что связано с ростом температуры воздуха при снижении абсолютной высоты рельефа. Вместе с тем отмечен и рост противоизлучения атмосферы, вызванный увеличением значений облачности на ЮБК, обусловленной барьерным влиянием гор и сезонными эффектами, связанными с прогреванием морской акватории. Рассчитанная амплитуда роста противоизлучения атмосферы гораздо выше, чем амплитуда роста значений теплового излучения подстилающей поверхности, что приводит к эффекту снижения величины

Таблица 5.2. Радиационный баланс хвойных лесов Горного Крыма, МДж/м²-год. Условные обозначения см. в примечании к таблице 5.1.

№ контура	Коротковолновая радиация			Длинноволновая радиация			B
	Q	R	B _s	E _s	E _a	E _e	
Сосновые леса							
93	5072,5	913,0	4159,4	11110,0	8592,4	2517,6	1641,8
118	5121,2	921,8	4199,4	11405,0	8941,8	2463,2	1736,2
Можжевеловые леса							
57	5145,5	926,2	4219,3	11478,8	9030,7	2448,0	1771,3
108	5199,0	935,8	4263,2	11570,3	9143,5	2426,8	1836,4

эффективного излучения по направлению с севера на юг. Таким образом, сосновые среднегорные лесные геоэкосистемы южного макросклона, территориально расположенные выше по абсолютной высоте и севернее по своему произрастанию, получают, по сравнению с другими выбранными ключевыми участками, минимальные величины суммарной солнечной радиации, но характеризуются максимальными значениями эффективного излучения. Можжевеловые леса южного бережья, напротив, характеризуются максимальными значениями инсоляции при минимальном эффективном излучении, обусловленном высокими значениями противоизлучения атмосферы. Этот эффект в условиях роста температуры воздуха может привести к смене сообществ, обусловленной ростом значений температуры и влажности воздуха на побережье, а также увеличением температуры и снижением влажности воздуха, вызванным ростом эффективного излучения вверх по южному макросклону Крымских гор. Таким образом, можно сделать вывод о том, что среднегорные сосновые лесные геоэкосистемы южного макросклона Крымских гор являются наиболее уязвимыми среди естественных хвойных лесных геоэкосистем к климатическим изменениям.

Распределение радиационного баланса хвойных (сосновых и можжевеловых) лесов Крымского полуострова подвержено следующим пространственно-временным закономерностям (рисунки 5.3, 5.4).

Сосновые леса низкогогорья южного макросклона Крымских гор в целом характеризуются меньшими значениями радиационного баланса, чем сосновые леса среднегорья южного макросклона Крымских гор.

Значения радиационного баланса сосновых лесов низкогогорья южного макросклона Крымских гор за период с 1983 по 2013 г. колебались от 1368,6 до 1932,9 МДж/м²·год, а среднее составляло 1641,8 МДж/м²·год. Одновременно с этим медиана значений составляла 1662,8 МДж/м²·год, а на диапазон от 1650 до 1700 МДж/м²·год приходилось наибольшее количество значений радиационного баланса. Общий тренд направлен на его постепенное увеличение. При этом наблюдается неоднородность в распределении радиационного баланса по годам и отчетливо прослеживаются два периода.

Первый период (1983–1997) в целом характеризуется намного меньшими значениями радиационного баланса, чем второй (1998–2013). Если в первый период среднее значение радиационного баланса составляло 1528,3 МДж/м²·год, то во второй период оно увеличилось до 1748,3 МДж/м²·год, то есть в среднем рост составил 14,4 %. Медиана для рассматриваемых периодов – 1494,3 и 1711,3 МДж/м²·год соответственно. Для первого периода наибольшее число значений радиационного баланса приходилось на интервал от 1450 до 1500 МДж/м²·год, а для второго – от 1650 до 1700 МДж/м²·год.

Радиационный баланс сосновых лесов среднегорья южного макросклона Крымских гор за период с 1983 по 2013 г. колебался от 1432,7 до 1996,8 МДж/м²·год, среднее значение составляло 1736,2 МДж/м²·год, медиана – 1773,4 МДж/м²·год. Наибольшее количество значений радиационного баланса приходится на диапазон значений 1750–1800 МДж/м²·год. Тренд ра-

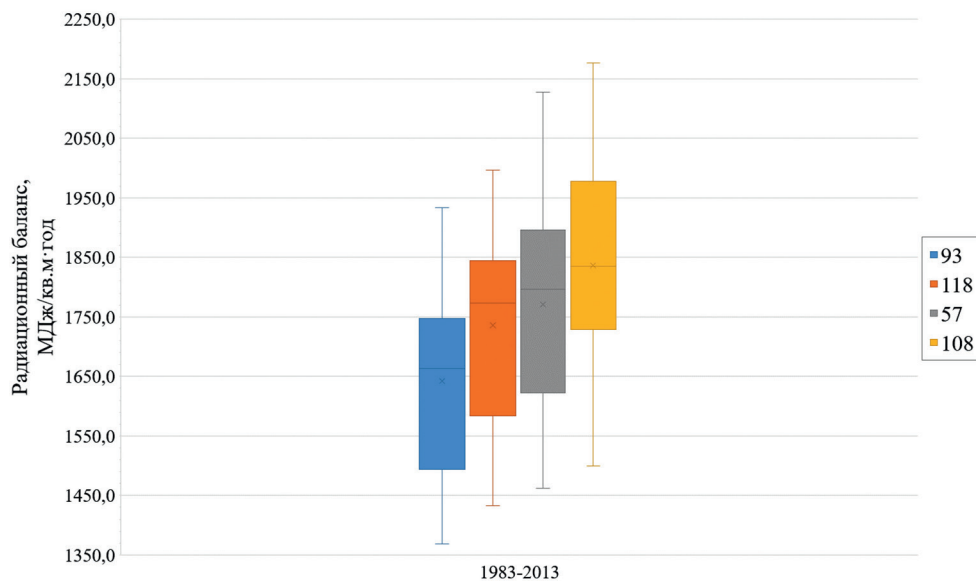


Рисунок 5.3. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков сосновых лесов (93, 118) и можжевельниковых лесов (57, 108) за период с 1983 по 2013 г.

радиационного баланса является положительным и характеризуется увеличением. Для сосновых лесов среднегорья южного макросклона Крымских гор также визуально четко прослеживаются два периода в годовой динамике

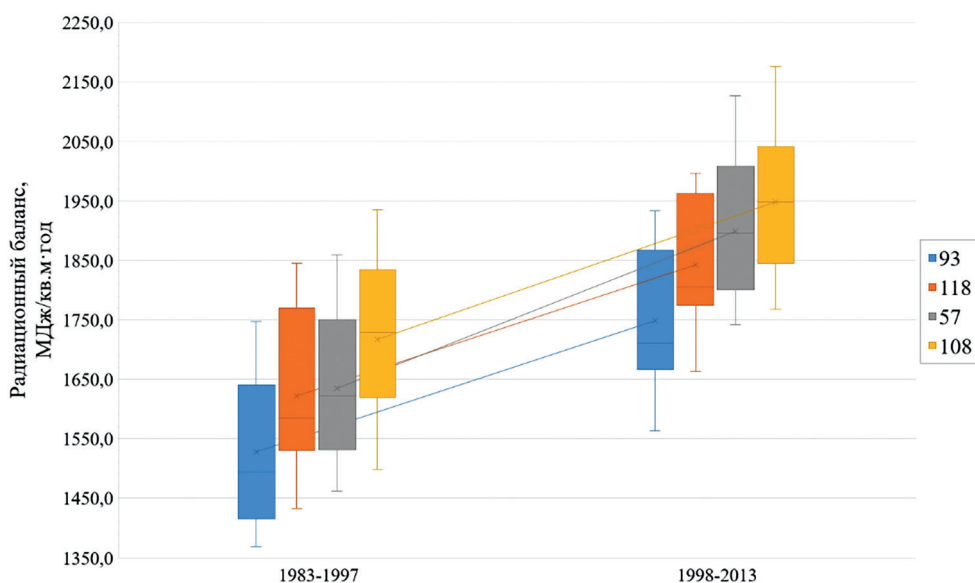


Рисунок 5.4. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков сосновых лесов (93, 118) и можжевельниковых лесов (57, 108) за период с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г.

радиационного баланса, совпадающие по срокам с вышеописанными, однако характеризующиеся большими значениями. В период с 1983 по 1997 г. среднее значение радиационного баланса составляло 1622,4 МДж/м²·год, а в период с 1998 по 2013 г. – 1842,9 МДж/м²·год, что в среднем на 13,6 % больше. Медиана значений составила 1584,3 и 1804,8 МДж/м²·год соответственно. Для первого периода наибольшее число значений радиационного баланса приходилось на интервал от 1500 до 1600 МДж/м²·год, а для второго – от 1750 до 1800 МДж/м²·год. Как для сосновых лесов низкогогорья, так и для сосновых лесов среднегорья южного макросклона Крымских гор во втором периоде характерны значения радиационного баланса более 1500 МДж/м²·год.

Можжевельниковые леса среднегорья северного макросклона Крымских гор за период с 1983 по 2013 г. характеризуются значениями радиационного баланса от 1462,6 до 2127,1 МДж/м²·год. Среднее значение составляет 1771,3 МДж/м²·год, а медиана – 1796,4 МДж/м²·год. С 1983 г. наблюдается четкий тренд на рост годовых значений радиационного баланса. При этом за рассматриваемый временной период отчетливо, как и в геоэкосистемах сосновых лесов, в динамике радиационного баланса проявляются два периода. Первый (с 1983 по 1997 г.) характеризуется средними значениями радиационного баланса 1634,9 МДж/м²·год, второй (с 1998 по 2013 г.) – 1899,2 МДж/м²·год. Медиана для первого и второго периодов составляет 1622,4 и 1896,1 МДж/м²·год соответственно. При этом наблюдается существенный рост среднегодовых значений радиационного баланса для второго периода (на 16,2%) и общий тренд на увеличение. Также стоит отметить, что геоэкосистемы можжевельниковых лесов среднегорья северного макросклона Крымских гор имеют значения радиационного баланса, близкие и превышающие 1500 МДж/м²·год. Большинство значений радиационного баланса для первого периода попадало в диапазон 1500–1550 МДж/м²·год, а для второго – 1800–1900 МДж/м²·год.

Для можжевельниковых лесов низкогогорья южного макросклона Крымских гор радиационный баланс за период с 1983 по 2013 г. колеблется от 1499,0 до 2176,6 МДж/м²·год. Среднее значение составляет 1836,4 МДж/м²·год, а медиана – 1834,8 МДж/м²·год. Как и в можжевельниковых лесах среднегорья северного макросклона Крымских гор, за период 1983–2013 гг. наблюдается тренд на рост годовых значений радиационного баланса. Можжевельниковые леса низкогогорья южного макросклона Крымских гор также характеризуются наличием двух временных периодов (с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г.) распределения радиационного баланса. В 1983–1997 гг. средние значения радиационного баланса составляли 1717,0 МДж/м²·год, а в 1998–2013 гг. – 1948,4 МДж/м²·год, что на 13,5 % больше. Медиана для первого периода – 1728,7 МДж/м²·год, для второго – 1948,3 МДж/м²·год. Стоит отметить также, что для первого периода характерно большинство значений радиационного баланса в интервале 1650–1700 МДж/м²·год, а для второго – 1950–2050 МДж/м²·год.

Буковые леса на Крымском полуострове формируют свой ландшафтный пояс как на северном, так и на южном макросклоне Крымских гор. Общая площадь их покрытия оценивается в 13,4 % от всей лесопокрытой площади

Крымского полуострова [193]. В таблице 2.3 приведены описания выбранных ландшафтных контуров. Структура радиационного баланса геоэкосистем буковых лесов Крымского полуострова представлена в таблице 5.3.

Из таблицы 5.3 видно, что буковые леса южного макросклона характеризуются значительно большими значениями радиационного баланса, чем леса северного макросклона. Эта разница достигается за счет разницы в количестве инсоляции.

Буковые леса южного макросклона имеют значения эффективного излучения выше, чем леса северного макросклона. При этом значения теплового потока земной поверхности в сторону атмосферы, а также противоизлучения атмосферы выше у геоэкосистем северного макросклона.

Превышение величины эффективного излучения на южном макросклоне достигается за счет большей разности между элементами длинноволновой части радиационного баланса. Это объясняется несколькими моментами, связанными с микроклиматическими особенностями выбранных ключевых участков: ландшафтный контур северного макросклона находится значительно ниже контура южного макросклона, что определяет большие значения температуры, а соответственно, и более высокие значения теплового потока земной поверхности в сторону атмосферы. Кроме того, ключевой участок южной макроэкспозиции находится в циркуляционной тени между Демерджи-яйлой и Караби-яйлой, что определяет меньшие значения облачности, а соответственно, и меньшие значения противоизлучения атмосферы. Распределение радиационного баланса буковых лесов Крымского полуострова подчиняется следующим пространственно-временным закономерностям (рисунки 5.5, 5.6).

Буковые леса северного макросклона Крымских гор в период 1983–2013 гг. характеризуются значениями радиационного баланса от 1030,4 до 1608,9 МДж/м²·год. Среднее значение показателя радиационного баланса составляет 1362,4 МДж/м²·год, а медиана значений – 1383,8 МДж/м²·год. При этом наибольшее количество значений радиационного баланса приходится на диапазон 1400–1450 МДж/м²·год, а общий тренд межгодовой динамики радиационного баланса направлен на увеличение.

В межгодовой динамике значений радиационного баланса отчетливо прослеживаются два периода – с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г., соответствующие смене циркуляционных периодов Северного полушария. При этом второй период характеризуется более высокими значениями радиационного баланса.

Таблица 5.3. Радиационный баланс буковых лесов Горного Крыма, МДж/м²·год. Условные обозначения см. в примечании к таблице 5.1.

№ контура	Коротковолновая радиация			Длинноволновая радиация			B
	Q	R	Bs	Es	Ea	Ee	
75	4675,0	794,8	3880,3	11208,9	8691,0	2517,9	1362,4
101	4989,6	848,2	4141,3	11104,7	8575,8	2529,0	1612,3

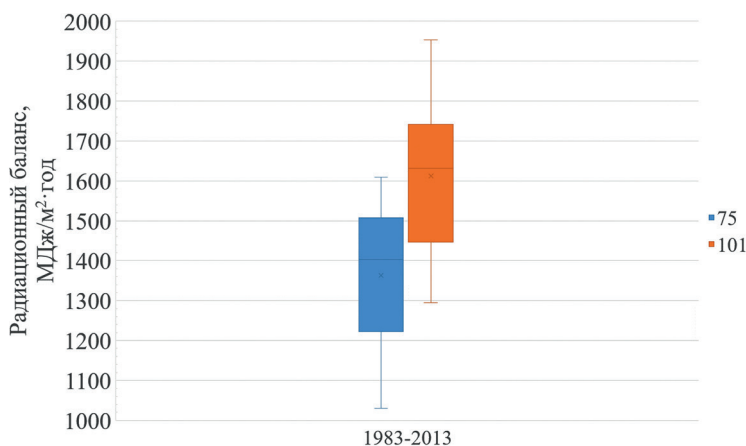


Рисунок 5.5. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков буковых лесов северного (57) и южного (101) макросклонов Крымских гор за период с 1983 по 2013 г.

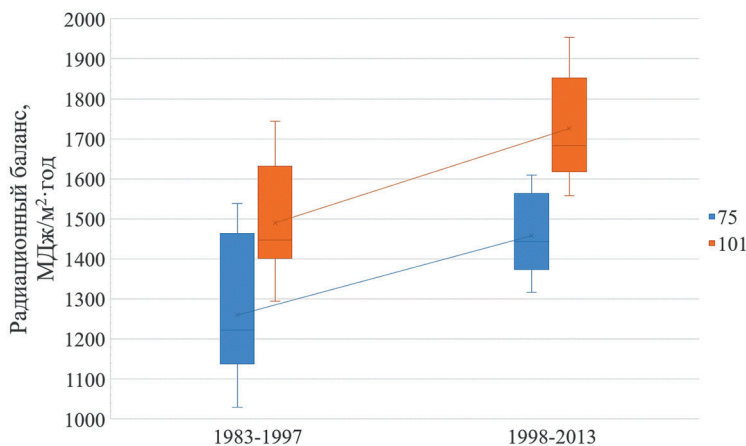


Рисунок 5.6. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков буковых лесов северного (57) и южного (101) макросклонов Крымских гор за период с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г.

В первый период значения радиационного баланса колеблются от 1030,4 до 1538,1 МДж/м²·год. Среднее значение составляет 1259,5 МДж/м²·год, а медиана – 1222,2 МДж/м²·год. Во второй период радиационный баланс изменяется от 1316,6 до 1608,9 МДж/м²·год. Среднее значение составляет 1458,9 МДж/м²·год, а медиана – 1442,4 МДж/м²·год. Таким образом, средние значения радиационного баланса второго периода примерно на 15,8 % больше, чем величины первого периода. В первый период наибольшее число значений радиационного баланса характерно для промежутка от 1200 до 1300 МДж/м²·год, а во второй – от 1400 до 1450 МДж/м²·год. При этом большинство значений радиационного баланса геоэкосистем буковых лесов северного макросклона Крымских гор за период 1983–2013 гг. не превышает 1500 МДж/м²·год.

Буковые леса южного макросклона Крымских гор получают за период с 1983 по 2013 г. значения радиационного баланса, которые колеблются от 1295,0 до 1952,8 МДж/м²·год. Среднее значение составляет 1612,3 МДж/м²·год, а медиана – 1632,0 МДж/м²·год. При этом наибольшее количество значений радиационного баланса приходится на диапазон 1650–1700 МДж/м²·год. Как можно увидеть, среднее значение радиационного баланса геоэкосистемы буковых лесов южного макросклона Крымских гор на 18,3 % больше, чем в геоэкосистемах буковых лесов северного макросклона Крымских гор. В межгодовой динамике радиационного баланса геоэкосистем буковых лесов южного макросклона Крымских гор, как и для геоэкосистем буковых лесов южного макросклона Крымских гор, выделяются два периода. Первый (с 1983 по 1997 г.) характеризуется значениями радиационного баланса от 1295,0 до 1744,2 МДж/м²·год, а второй (с 1998 по 2013 г.) – от 1558,0 до 1952,8 МДж/м²·год. Средние значения для первого периода составляют 1490,8 МДж/м²·год, для второго – 1726,3 МДж/м²·год, что на 15,8 % больше. Медианы для первого и второго периодов – 1447,2 и 1682,9 МДж/м²·год соответственно. В первый период большинство значений радиационного баланса буковых лесов южного макросклона Крымских гор приходится на диапазон от 1400 до 1450 МДж/м²·год, а во второй период – на диапазон от 1650 до 1700 МДж/м²·год.

Яйлинские геоэкосистемы Горного Крыма уникальны. Это плоские среднегорные плато с горно-лугово-степной и горно-лугово-лесостепной растительностью, сформированные на карстующихся породах верхнеюрских известняков. Особенностью этих ландшафтов является высокая степень проявления карстовых форм рельефа, представленных как поверхностным, так и подземным карстом, который определяет пространственную дифференциацию как микроклиматических условий, так и почвенно-растительного покрова.

В качестве ключевых участков в работе были использованы ландшафтные контуры, приуроченные к различным ландшафтным поясам: 1) денудационные волнистые плато с широким развитием карстовых форм с горно-луговыми степями (ландшафтный контур 80), приуроченные к поясу лесных и лугово-лесных плато; 2) останцово-денудационные расчлененные плато с горными лугами (ландшафтный контур 85), приуроченные к поясу луговых и лугово-лесных плато (таблица 2.3). Первый контур был выбран на территории Караби-яйлы, второй – Бабуган-яйлы.

Полученные значения элементов радиационного баланса яйлинских ландшафтов представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Радиационный баланс яйлинских геоэкосистем Горного Крыма, МДж/м²·год. Условные обозначения см. в примечании к таблице 5.1.

№ контура	Коротковолновая радиация			Длинноволновая радиация			B
	Q	R	B _s	E _s	E _a	E _e	
80	4889,9	1075,8	3814,1	11044,3	8504,4	2539,9	1274,2
85	4915,4	1081,4	3834,0	10744,3	8171,8	2572,5	1261,5

Из таблицы видно, что значения элементов радиационного баланса рассматриваемых контуров мало отличаются друг от друга. Для территории яйлинских ландшафтов характерно значительное преобладание поглощенной радиации над отраженной.

Значения поглощенной солнечной радиации достигают 78 % от суммарной солнечной радиации, поступающей на территорию яйлинских плато. Значения потока теплового излучения подстилающей поверхности, направленные в сторону атмосферы, значительно превосходят по своей величине значения коротковолновой радиации, что типично для условий Крымского полуострова и объясняется переносами тепловой энергии воздушными массами. Вместе с тем высокие значения противоизлучения атмосферы, определяющиеся здесь высокими значениями орографической облачности, а также эффектом задержания облаков горными хребтами, выравнивают величину эффективного излучения, которое достигает на яйлах 67% от значений поглощенной солнечной радиации. В результате величина радиационного баланса на территории яйлинских ландшафтов составляет 1261,5–1274,2 МДж/м²·год.

В пределах яйлинских горно-луговых степей (контур 80) среднегодовые значения радиационного баланса за период с 1983 по 2013 г. колеблются от 996,4 до 1556,1 МДж/м²·год (рисунок 5.7).

Среднее значение радиационного баланса в пределах яйлинских горно-луговых степей составляет 1274,2 МДж/м²·год, а медиана – 1276,8 МДж/м²·год. Наибольшее количество значений приходится на диапазон от 1250 до 1350 МДж/м²·год. В анализируемый период наблюдается устойчивый рост и регистрируется тренд, направленный на увеличение среднегодовых значений радиационного баланса. Рассматривая межгодовую динамику изменения радиационного баланса яйлинских горно-луговых степей, можно проследить два периода, характеризующихся различными темпами изменения и ходом значений радиационного баланса: первый – с 1983 по 1997 г., второй – с 1998 по 2013 г. (рисунок 5.8).

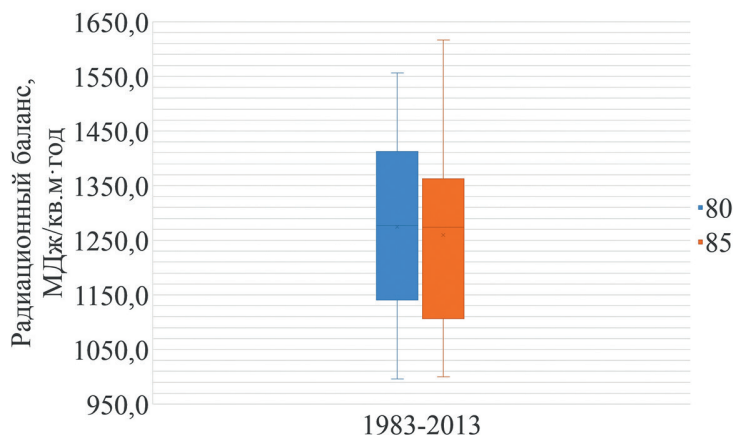


Рисунок 5.7. Коробчатая диаграмма распределения годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков за период с 1983 по 2013 г.

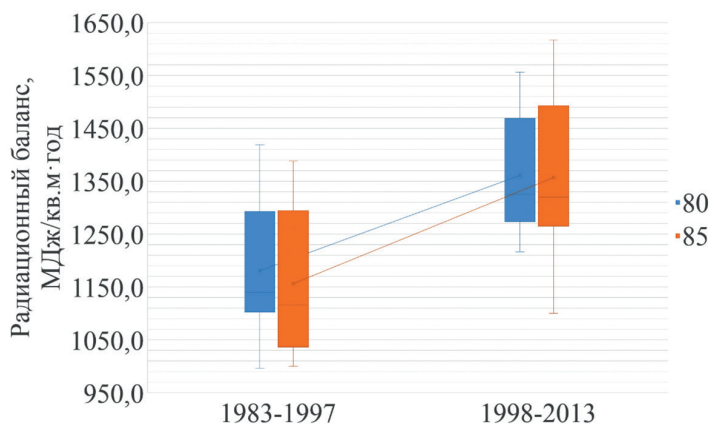


Рисунок 5.8. Коробчатая диаграмма распределения годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков за период с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г.

В первый период среднегодовые значения радиационного баланса изменяются от 996,4 до 1418,8 МДж/м²·год, а во второй – от 1217,0 до 1556,1 МДж/м²·год. В первый период среднее значение радиационного баланса составляло 1181,3 МДж/м²·год, а медиана – 1140,7 МДж/м²·год; во второй период – 1361,4 и 1324,6 МДж/м²·год.

Наибольшее количество значений в первый период приходится на диапазон от 1100 до 1150 МДж/м²·год, а во второй – на диапазон от 1250 до 1350 МДж/м²·год. Рост значений радиационного баланса во втором периоде по сравнению с первым составил 12,2% по средним значениям и 16,1% по медиане. Интересно располагается линия тренда в рассматриваемых периодах. Во втором периоде имеется четкий положительный тренд увеличения среднегодовых значений радиационного баланса. Первый период отличается: при различных прогнозных значениях аппроксимация ряда среднегодовых значений радиационного баланса показывает либо отсутствие изменений, либо, что видно в большинстве случаев, отрицательные значения тренда. Это нарушается во втором периоде, хотя, по прогнозу тренда, здесь ничего не должно было измениться или должно было произойти уменьшение радиационного баланса.

В пределах яйлинских горных лугов (контур 85) за период с 1983 по 2013 г. среднегодовые значения радиационного баланса изменяются в диапазоне от 1012,4 до 1616,7 МДж/м²·год, а среднее значение и медиана составляют 1261,5 и 1274,0 МДж/м²·год соответственно (рисунок 5.7). Как и в пределах яйлинских горно-луговых степей, здесь в годовом ходе радиационного баланса наблюдаются два периода – с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г. (рисунок 5.8). Первый период характеризуется среднегодовыми значениями радиационного баланса от 1012,4 до 1387,7 МДж/м²·год, второй период – от 1139,2 до 1616,7 МДж/м²·год. Среднее значение для первого периода составляет 1156,9 МДж/м²·год, для второго – 1359,6 МДж/м²·год (на 17,5% больше). Медиана для первого периода –

1116,1 МДж/м²·год, а для второго – 1320,0 МДж/м²·год (на 18,3% больше). Если сравнивать ключевые участки, расположенные в пределах яйлинских горно-луговых степей (контур 80) и яйлинских горных лугов (контур 85), можно увидеть, что последние характеризуются немного большими значениями радиационного баланса. Наибольшее количество значений радиационного баланса в первый период приходится на диапазон 1000–1050 МДж/м²·год, во второй период – 1250–1350 МДж/м²·год, а за период с 1983 по 2013 г. – 1250–1350 МДж/м²·год. Во втором периоде наблюдается устойчивый положительный тренд на рост среднегодовых значений радиационного баланса. В первом периоде аппроксимация линии тренда показывает либо отсутствие тренда как на рост, так и на уменьшение, либо отрицательную линию тренда. Именно поэтому вызванный сменой циркуляционных эпох рост во втором периоде нарушает этот тренд.

5.1.2. Геоэкосистемы Равнинного Крыма

Ландшафтные контуры с различными типами степных геоэкосистем выбирались исходя из их приуроченности к различным ландшафтным уровням и ярусам. В таблице 2.4 приведены описания выбранных ландшафтных контуров.

Рассчитанные значения элементов радиационного баланса ключевых участков представлены в таблице 5.5.

Пространственная дифференциация радиационного баланса геоэкосистем характеризуется возрастанием значений в направлении от центра полуострова к побережью. Это явление в основном определяется пространственной дифференциацией суммарной солнечной радиации, максимум которой характерен для западного побережья, где и наблюдаются максимальные значения радиационного баланса. Именно этим и объясняются гораздо большие величины радиационного баланса и значений поступающей солнечной радиации для плакорного ландшафтного уровня, где выбранные ключевые участки приурочены к западному побережью полуострова. Значения отраженной и поглощенной солнечной радиации закономерно повторяют про-

Таблица 5.5. Радиационный баланс ландшафтов Равнинного Крыма, МДж/м²·год

№ контура	Коротковолновая радиация			Длинноволновая радиация			B
	Q	R	Bs	Es	Ea	Ee	
Гидроморфный ландшафтный уровень							
1	4926,0	443,3	4482,7	11586,6	9096,9	2489,8	1992,9
11	4914,0	442,3	4471,7	11569,9	9067,4	2502,5	1969,2
14	4905,8	441,5	4464,2	11607,2	9105,2	2502,0	1962,3
19	4898,6	440,9	4457,7	11628,3	9128,4	2499,9	1957,8
Плакорный ландшафтный уровень							
22	5049,2	454,4	4594,8	11623,4	9149,1	2474,2	2120,6
31	5127,7	461,5	4666,2	11645,1	9201,1	2444,0	2222,2

странственную дифференциацию значений суммарной солнечной радиации.

Несмотря на закономерное распределение величин радиационного баланса и поступающей суммарной солнечной радиации, значения эффективного излучения усложняют наблюдаемую картину, увеличиваясь по направлению от побережья к центру полуострова, что связано с ростом в этом направлении температуры воздуха и континентальности климата. При этом формирование такого распределения значений эффективного излучения происходит как за счет синхронного поведения в пространстве полей потока теплового излучения подстилающей поверхности, направленного в сторону атмосферы, так и за счет противоизлучения атмосферы.

Таким образом, динамика среднегодовых значений радиационного баланса на территории Равнинного Крыма имеет ярко выраженную пространственную дифференциацию. Рассмотрим более детально географическое распределение значений радиационного баланса на территории Равнинного Крыма за период с 1983 по 2013 г. в пределах ранее выбранных ключевых участков.

Радиационный баланс геоэкосистем аккумулятивных недренированных низменностей с солончаками и галофитными лугами (контур 1) колеблется от 1497,0 до 2256,8 МДж/м²·год. Среднее значение радиационного баланса в пределах ключевого участка за рассматриваемый период составляет 1992,9 МДж/м²·год, а медиана – 2043,5 МДж/м²·год. Наибольшее количество значений приходится на диапазоны 1950–2000, 2050–2100 и 2150–2200 МДж/м²·год. Общий тренд изменения среднегодовых значений радиационного баланса за рассматриваемый период направлен на увеличение.

В пределах ключевого участка, расположенного на аккумулятивной плоской слабодренированной равнине с полынно-житняковыми и ковылково-типчаковыми степями (контур 11) значения радиационного баланса за рассматриваемый период изменяются от 1465,7 до 2225,6 МДж/м²·год. Среднее значение составляет 1969,2 МДж/м²·год, медиана – 2007,7 МДж/м²·год. Больше всего значений радиационного баланса за рассматриваемый период находится в промежутке от 1950 до 2100 МДж/м²·год. Общий тренд изменения среднегодовых значений радиационного баланса за рассматриваемый период также направлен на увеличение.

На ключевом участке, представленном аккумулятивными плоскими слабодренированными равнинами с бедноразнотравными ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями (контур 14), значения радиационного баланса варьируют в пределах 1497,6–2194,7 МДж/м²·год, при среднем 1962,3 МДж/м²·год и медиане 1978,7 МДж/м²·год. Наибольшее количество значений радиационного баланса приходится на интервал 2150–2200 МДж/м²·год. Общий тренд изменения среднегодовых значений радиационного баланса за рассматриваемый период направлен в сторону их роста.

На территории ключевого участка, расположенного в аккумулятивной денудационной слабоволнистой равнине с ковыльно-разнотравными степями в комплексе с ковыльно-типчаковыми степями (контур 19), значения ради-

ационного баланса изменяются от 1490,2 до 2201,6 МДж/м²·год. За рассматриваемый период среднее значение радиационного баланса составляет 1957,8 МДж/м²·год, а медиана – 1968,1 МДж/м²·год. Самое большое количество значений радиационного баланса охватывает промежутки 1950–2000, 2050–2100 и 2150–2200 МДж/м²·год. Тренд среднегодовых значений радиационного баланса характеризуется их ростом.

Распределение значений радиационного баланса в пределах геозкосистем плакорного ландшафтного уровня отличается от распределения в геозкосистемах гидроморфного ландшафтного уровня. Как уже указывалось, обращает на себя внимание увеличение значений суммарной солнечной радиации, отраженной солнечной радиации и, соответственно, коротковолнового радиационного баланса, а также противоизлучения атмосферы и радиационного баланса на этом ландшафтном уровне, что связано с расположением выбранных ключевых участков на западном побережье полуострова, в зоне с максимальными значениями поступающей суммарной солнечной радиации. В пределах ключевого участка, расположенного на структурном денудационном водораздельном плато с ковыльно-типчаковыми и петрофитными степями (контур 22), значения радиационного баланса за 1983–2013 гг. изменяются от 1710,5 до 2444,9 МДж/м²·год. Среднее значение за анализируемый период составляет 2120,6 МДж/м²·год, а медиана – 2122,3 МДж/м²·год. Вместе с тем наибольшее количество значений радиационного баланса находится в диапазоне от 2100 до 2150 МДж/м²·год. Тренд изменения среднегодовых значений радиационного баланса за изучаемый период направлен на увеличение.

В пределах геозкосистемы структурных пологонаклонных денудационно-аккумулятивных равнин с ковыльно-типчаковыми степями (контур 31) значения радиационного баланса за учитываемый период изменяются от 1811,6 до 2534,5 МДж/м²·год. В то же время среднее значение радиационного баланса составляет 2222,2 МДж/м²·год, а медиана – 2243,9 МДж/м²·год. Наибольшее количество значений радиационного баланса приходится на интервал от 2200 до 2250 МДж/м²·год. Тренд значений радиационного баланса за рассматриваемый период направлен на увеличение.

Временная динамика изменения значений радиационного баланса на всех ключевых участках характеризуется наличием двух периодов (первый продолжался до 1997 г., а второй начался в 1998 г.), которые характеризуются различными вариантами изменения межгодовой динамики значений радиационного баланса (рисунки 5.9, 5.10).

Выявленная временная граница соответствует смене циркуляционных периодов Северного полушария. В таблице 5.6 приведены основные количественные характеристики значений радиационного баланса для выбранных ключевых участков в рамках выявленных периодов. Первый период в целом, по сравнению со вторым, характеризуется меньшими значениями радиационного баланса (как по максимальным, так и по минимальным, средним значениям и медиане), причем эти различия могут быть существенными.

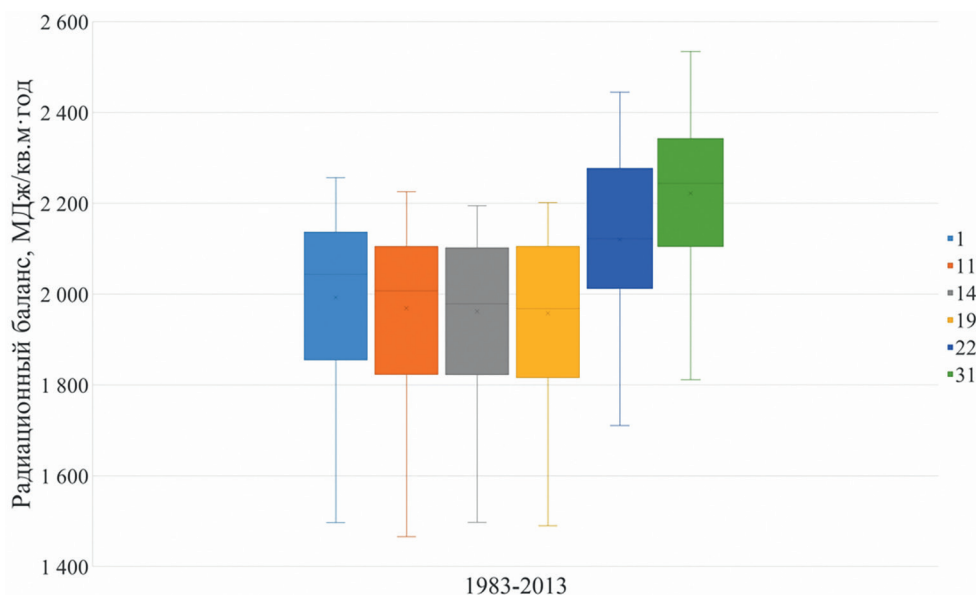


Рисунок 5.9. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков за период с 1983 по 2013 г.

Прирост значений радиационного баланса для второго периода (1998–2013) по сравнению с первым (1983–1997) на территории ключевых участков в среднем достигает 10,6 % по средним значениям (максимально – 11,0% на территории ключевого участка 1; минимально – 9,4% на территории ключевого

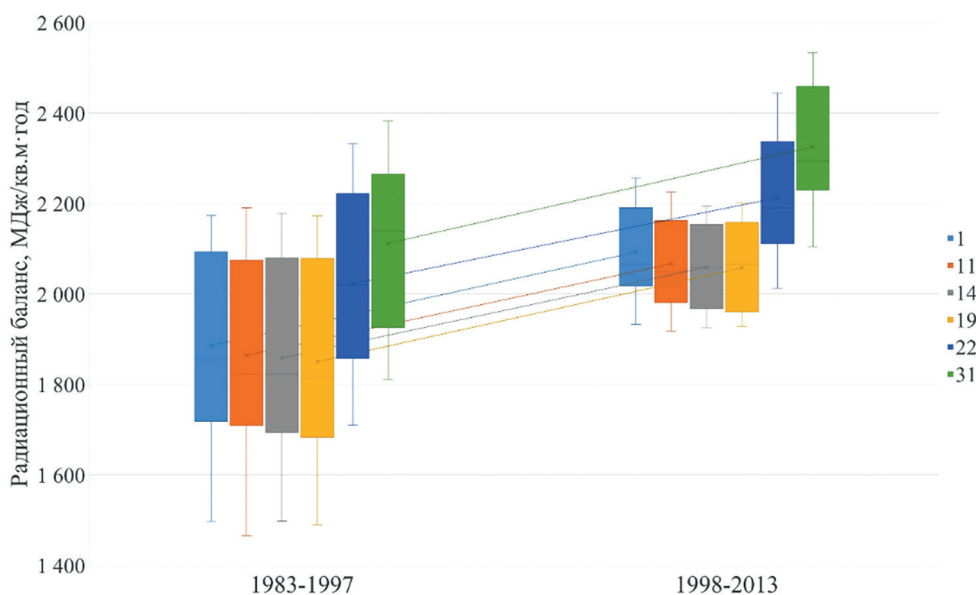


Рисунок 5.10. Распределение годовых показателей радиационного баланса на территории ключевых участков за период с 1983 по 1997 г. и с 1998 по 2013 г.

Таблица 5.6. Основные количественные характеристики рассматриваемых периодов в межгодовой динамике радиационного баланса, МДж/м²·год

Ключевой участок	Период	Минимум	Максимум	Среднее	Медиана
1	1-й период	1497,0	2174,2	1886,2	1855,2
	2-й период	1933,3	2256,8	2092,9	2066,0
11	1-й период	1465,7	2191,1	1864,6	1823,5
	2-й период	1918,6	2225,6	2067,3	2049,7
14	1-й период	1497,6	2178,4	1859,0	1823,2
	2-й период	1925,2	2194,7	2059,1	2059,5
19	1-й период	1490,2	2172,7	1850,8	1816,2
	2-й период	1927,3	2201,6	2058,1	2064,9
22	1-й период	1710,5	2332,9	2022,3	2019,6
	2-й период	2012,8	2444,9	2212,7	2190,1
31	1-й период	1811,6	2383,0	2112,2	2139,6
	2-й период	2104,8	2534,5	2325,4	2294,5

участка 22) и 11,0% по медиане (максимально – 12,4% на территории ключевого участка 2; минимально – 7,2% на территории ключевого участка 31).

При этом рост максимальных значений в рассматриваемые периоды отличается незначительно (0,7–6,4%; среднее – 3,1%), а вот минимальных значений – существенно (16,2–30,9%, среднее – 25,3%).

Отдельно стоит отметить, что для первого периода характерно наличие тренда на незначительное уменьшение значений радиационного баланса, в то время как во втором периоде отмечен существенный рост значений радиационного баланса, который вносит наибольший вклад в увеличение значений радиационного баланса за весь рассматриваемый период (1983–2013).

5.2. Изменение температуры воздуха

Изменение температуры воздуха по ландшафтным контурам Крымского полуострова представлено на рисунке 5.11. При сравнении показателей средних температур воздуха на Крымском полуострове очевидна общая тенденция изменения – повышение среднегодовых значений температуры при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ, снижение температуры во втором периоде МЮЦЭ и резкое потепление в четвертом периоде МЮЦЭ.

Распределение среднегодовых значений температуры воздуха на территории Крымского полуострова можно разделить на три группы по пространственному положению относительно ландшафтной структуры:

- в большинстве своем территория гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней, а также частично низкогорного ландшафтного уровня с максимальными среднегодовыми значениями температуры воздуха;

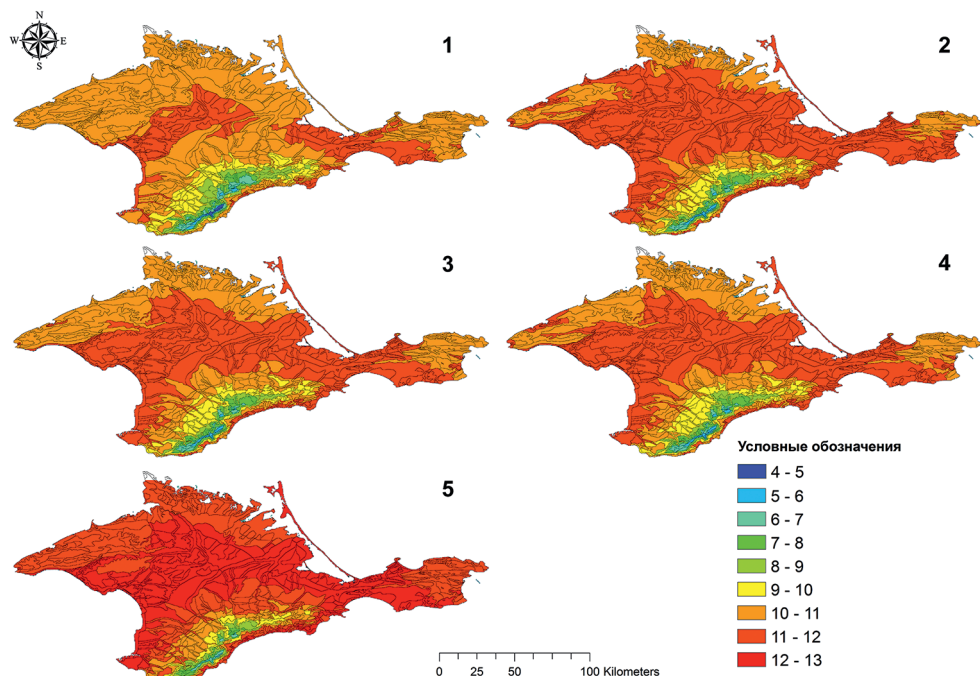


Рисунок 5.11. Среднеголетняя температура воздуха в ландшафтах Крымского полуострова по циркуляционным эпохам и периодам, °С: 1) ЗЦЭ; 2) первый период МЮЦЭ; 3) второй период МЮЦЭ; 4) третий период МЮЦЭ; 5) четвертый период МЮЦЭ.

– большая часть – территория низкогогорного и среднегорного уровней со средними значениями температур;

– территории яйлинских плато, расположенные в пределах среднегорного ландшафтного уровня, с самыми низкими значениями.

Для территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней, а также частично низкогогорного уровня характерно равномерное распределение температур с наибольшими значениями в центральной части Крымского полуострова. В ЗЦЭ для большей части характерна температура +10...+11 °С. В первом периоде МЮЦЭ ситуация меняется, и основными значениями становятся +11...+12 °С, с небольшими зонами в северной части полуострова, в которых значения температуры составляют +10...+11 °С. Второго и третьего периоды МЮЦЭ характеризуются незначительным похолоданием.

В четвертый период МЮЦЭ происходит существенное потепление – до +12...+13 °С в основной части и до +11...+12 °С в северной части Крымского полуострова. В пределах низкогогорного и среднегорного ландшафтного уровней формируется большее разнообразие температур – от +6 до +10 °С. Повышение значений происходит аналогично: небольшое потепление – при смене ЗЦЭ на МЮЦЭ; более существенное – к четвертому периоду МЮЦЭ. При этом распределение температуры внутри зоны происходит от групп местностей низкогогорного ландшафтного уровня, с наибольшими значениями температуры, к группам

местностей среднегорного ландшафтного уровня, где при увеличении высоты и расчлененности рельефа температура падает. Наиболее холодными являются группы местностей, занятые яйлинскими плато, в пределах среднегорного ландшафтного уровня. На данной территории в ЗЦЭ зафиксирована наименьшая температура на полуострове – +4...+5 °С. Вследствие общего роста средней температуры в первый, второй и третий периоды МЮЦЭ минимальный показатель составляет +5...+6 °С, а в четвертый период – +6...+7 °С.

Практически для всей территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней показатель стандартного отклонения составляет 0–0,2 °С, что объясняется равномерным распределением тепла по поверхности.

С усложнением рельефа и увеличением высоты над уровнем моря в пределах низкогорного ландшафтного уровня повышается и стандартное отклонение; преобладают группы местностей со значением стандартного отклонения 0,2–0,4 °С; встречаются группы местностей со стандартным отклонением до 0,4–0,6 °С. Территория среднегорного ландшафтного уровня характеризуется наибольшим разнообразием значений стандартного отклонения – от минимальных 0–0,2 °С до максимальных 1,2–1,4 °С, что объясняется сложной ландшафтной структурой данной территории.

5.2.1. Геоэкосистемы Горного Крыма

Результаты расчета средненоголетней температуры воздуха, ее стандартного отклонения в пределах контура и значения энтропии по рассматриваемым циркуляционным эпохам и периодам приведены в таблице 5.7. На рисунках 5.12–5.14 представлены диаграммы, показывающие минимальные и максимальные значения температуры воздуха, а также среднее значение и медиану температуры воздуха в пределах ключевых участков.

Геоэкосистемы дубовых лесов на примере рассматриваемых ключевых участков характеризуются следующими изменениями средних значений

Таблица 5.7. Результаты расчетов среднегодовых значений температуры воздуха (°С), стандартного отклонения и энтропии на территории ключевых участков Горного Крыма по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

№ кон- тура	Параметр	Циркуляционные эпохи и периоды				
		1	2	3	4	5
Дубовые леса						
46	T _{ср}	10,45	11,00	10,90	10,82	11,70
	T _{ст. откл.}	0,2621	0,2599	0,2595	0,2625	0,2602
	E	0,4998	0,3758	0,4959	0,3701	0,4875
54	T _{ср}	9,73	10,26	10,16	10,08	10,94
	T _{ст. откл.}	0,7532	0,7506	0,7483	0,7570	0,7543
	E	0,3649	0,3572	0,3614	0,3642	0,3601

71	T _{ср}	8,55	9,10	8,99	8,92	9,81
	T _{ст. откл.}	0,3372	0,3348	0,3325	0,3378	0,3374
	E	0,3941	0,4000	0,3720	0,3905	0,3921
92	T _{ср}	9,14	9,66	9,56	9,47	10,32
	T _{ст. откл.}	0,9146	0,9091	0,9069	0,9166	0,9111
	E	0,3547	0,3260	0,4098	0,3916	0,4019
120	T _{ср}	10,28	10,80	10,70	10,64	11,50
	T _{ст. откл.}	0,5994	0,5962	0,5950	0,5998	0,5964
	E	0,3117	0,3134	0,3191	0,3173	0,3126
Хвойные леса						
57	T _{ср}	9,75	10,27	10,17	10,09	10,94
	T _{ст. откл.}	0,2398	0,2376	0,2375	0,2393	0,2375
	E	0,4121	0,4121	0,4172	0,3478	0,5000
93	T _{ср}	7,25	7,79	7,69	7,58	8,45
	T _{ст. откл.}	1,2586	1,2513	1,2481	1,2598	1,2537
	E	0,2881	0,2886	0,2912	0,2934	0,3125
108	T _{ср}	10,35	10,87	10,76	10,69	11,53
	T _{ст. откл.}	0,4865	0,4817	0,4811	0,4849	0,4811
	E	0,3875	0,3875	0,3762	0,3934	0,4090
118	T _{ср}	9,27	9,80	9,69	9,60	10,46
	T _{ст. откл.}	1,0019	0,9963	0,9936	1,0035	0,9986
	E	0,2972	0,2935	0,2887	0,3144	0,3171
Буковые леса						
75	T _{ср}	7,89	8,43	8,33	8,25	9,14
	T _{ст. откл.}	0,3378	0,3359	0,3338	0,3383	0,3376
	E	0,3938	0,4179	0,3532	0,3888	0,3929
101	T _{ср}	7,19	7,73	7,64	7,55	8,43
	T _{ст. откл.}	0,8489	0,8453	0,8435	0,8505	0,8456
	E	0,3847	0,3837	0,3837	0,3357	0,3837
Яйлинские ландшафты						
80	T _{ср}	6,76	7,30	7,21	7,12	8,01
	T _{ст. откл.}	0,3626	0,3614	0,3606	0,3635	0,3637
	E	0,4039	0,4009	0,4039	0,3989	0,4008
85	T _{ср}	4,70	5,26	5,18	5,04	5,93
	T _{ст. откл.}	0,5033	0,5014	0,4993	0,5056	0,5044
	E	0,3635	0,3563	0,3536	0,3264	0,3077

температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам. Геоэкосистема пушистодубовых лесов низкогорья северного макросклона Крымских

гор (контур 46) имеет средние значения температуры воздуха (таблица 5.7) от +10,45 до +11,70 °С; геоэкосистема пушистодубовых лесов низкогорья южного макросклона Крымских гор (контур 120) – от +10,28 до +11,50 °С; геоэкосистема скальнотубовых лесов низкогорья северного макросклона Крымских гор (контур 54) – от 9,73 до 10,94 °С; геоэкосистема скальнотубовых лесов среднегорья северного макросклона Крымских гор (контур 54) – от +8,55 до +9,51 °С; геоэкосистема скальнотубовых лесов среднегорья южного макросклона Крымских гор (контур 54) – от +9,14 до +10,32 °С. Как видно из таблицы 5.7, в геоэкосистемах пушистодубовых лесов за рассматриваемый временной период средняя температура воздуха поднялась больше, чем в пределах геоэкосистем скальнотубовых лесов; это логично и связано с их пространственной дифференциацией в пределах Горного Крыма.

Геоэкосистемы хвойных лесов представлены геоэкосистемами сосновых и можжевельниковых лесов. Средние значения температуры воздуха в пределах можжевельниковых лесов изменяются от +9,75 до +10,94 °С (ключевой участок можжевельникового леса, расположенный на среднегорье северного макросклона Крымских гор (контур 57)) и от +10,35 до +11,53 °С (ключевой участок можжевельникового леса, расположенный на низкогорье южного макросклона Крымских гор (контур 108)).

Геоэкосистемы сосновых лесов представлены ключевыми участками, расположенными в пределах среднегорья (контур 93) и низкогорья (контур 118) южного макросклона, где средняя температура воздуха изменяется от +9,75 до +10,94 °С и от +10,35 до +11,53 °С соответственно. При этом геоэко-

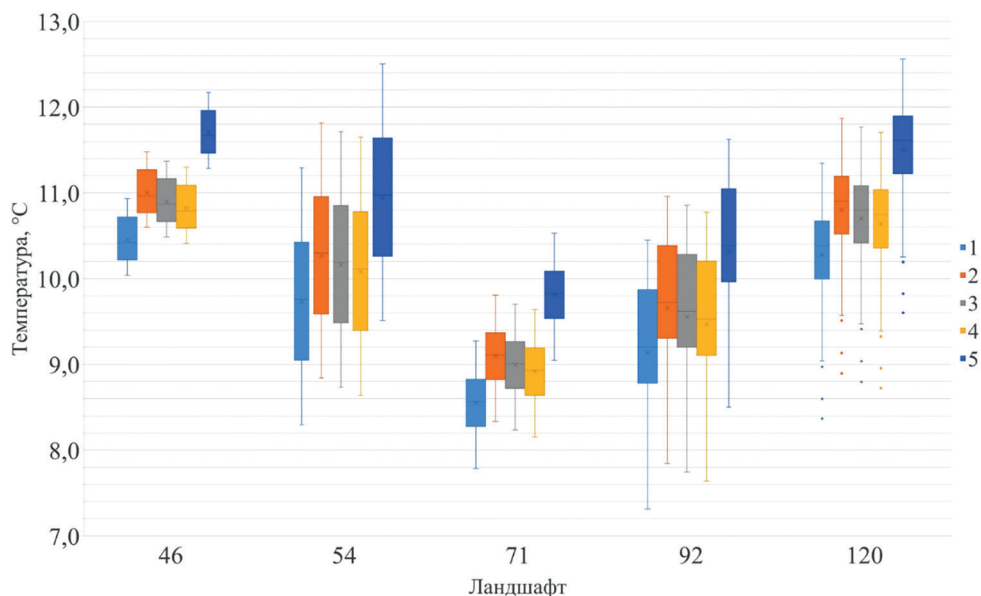


Рисунок 5.12. Распределение показателей температуры воздуха дубовых лесов (ландшафтные контуры 46, 54, 71, 92, 120). Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

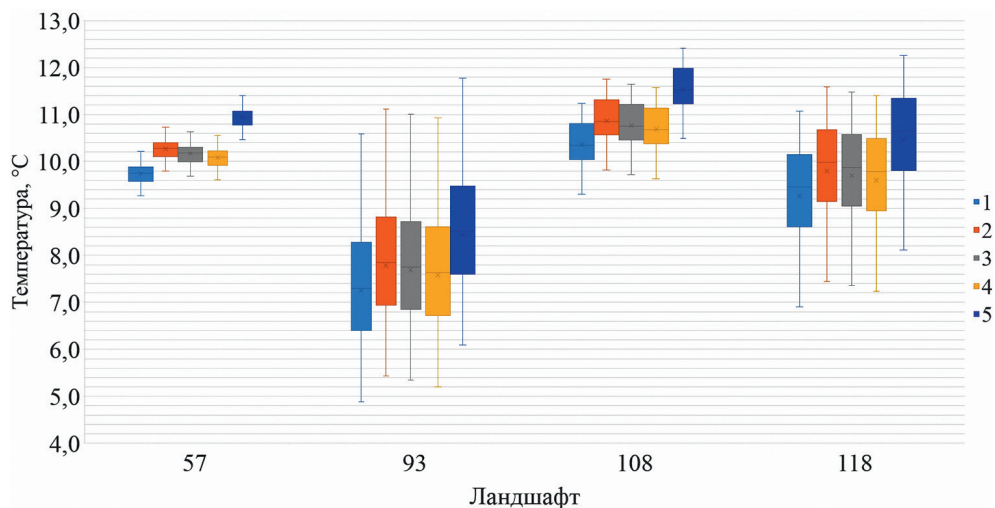


Рисунок 5.13. Распределение показателей температуры воздуха хвойных лесов (ландшафтные контуры 57, 93, 108, 118). Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

системы можжевельниковых лесов характеризуются более высокими средними значениями температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам, чем геоэкосистемы сосновых лесов, что так же, как и в случае с дубовыми лесными геоэкосистемами, определяется более высотным расположением сосновых лесных геоэкосистем.

Средние значения температуры воздуха для рассматриваемых геоэкосистем буковых лесов изменяются в пределах первого ключевого участка (контур 75) от +7,89 до +9,14 °C и второго ключевого участка (контур 101) – от +7,19 до +8,43 °C.

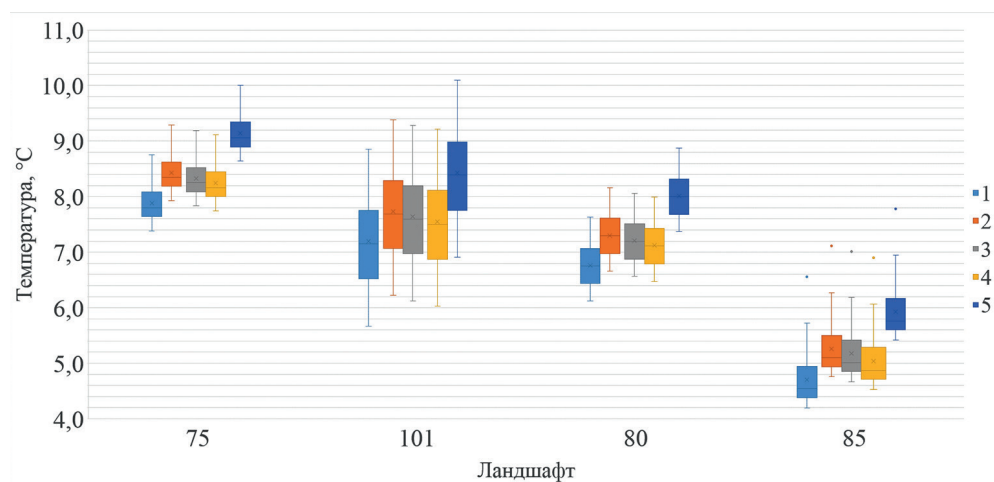


Рисунок 5.14. Распределение показателей температуры воздуха буковых лесов (ландшафтные контуры 75, 101) и яйлинских ландшафтов (ландшафтные контуры 80, 85). Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

Геоэкосистемы яйлинских ландшафтов имеют самые низкие значения температуры воздуха – от +6,76 до +8,01 °С (ключевой участок, представленный ландшафтным контуром 80) и от +4,70 до +5,93 °С (ключевой участок, представленный контуром 80).

При этом при анализе рисунков 5.12–5.14 и таблицы 5.7 отчетливо видна динамика температуры воздуха по циркуляционным эпохам и периодам. Со сменой ЗЦЭ для всех ключевых участков четко заметен рост температуры. Он достигает максимума в первом периоде МЮЦЭ, постепенно снижается во втором периоде МЮЦЭ и достигает минимальных значений в третьем периоде МЮЦЭ; затем следует резкий рост в четвертом периоде МЮЦЭ, в результате которого достигаются значения, превышающие значения температуры в предыдущих периодах.

Пространственное распределение значений стандартного отклонения в пределах каждого контура на территории Крымского полуострова нарастает с севера на юг, достигает максимальных значений в пределах Главной гряды Крымских гор и далее уменьшается по направлению к Южному берегу Крыма. Если учесть тот факт, что большее значение стандартного отклонения показывает больший разброс значений в представленном множестве со средней величиной, то меньшее значение, соответственно, показывает, что значения в множестве сгруппированы вокруг среднего; тогда представляется возможным принять стандартное отклонение за меру неопределенности для каждого ландшафтного контура. Если рассматривать значения стандартного отклонения в разрезе смены циркуляционных эпох и периодов, то можно утверждать, что в периоды с большими значениями стандартного отклонения в пределах ключевых участков наблюдаются большая неоднородность проявления температур и их больший разброс. Несмотря на большой рост средних значений температуры воздуха (более одного градуса Цельсия), изменение стандартного отклонения происходит на сотые доли градуса Цельсия или вообще практически не происходит. Для большинства ключевых участков стандартное отклонение максимально в ЗЦЭ и в третий период МЮЦЭ. После ЗЦЭ наблюдается существенный спад значений стандартного отклонения в первом и втором периодах МЮЦЭ, рост в третьем периоде и спад в четвертом. При этом уменьшение значений стандартного отклонения регистрируется при росте значений температуры.

В пространственном распределении показателя факторной энтропии для ландшафтных контуров не наблюдается четкой закономерности. При этом на примере ключевых участков выявляется, что с изменением температуры воздуха по рассматриваемым циркуляционным эпохам и периодам в единичных случаях повторяется распределение, характерное для распределения стандартного отклонения; в большинстве остальных случаев энтропия снижается при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ и возрастает к четвертому периоду МЮЦЭ.

Что касается геоэкосистем дубовых лесов, то на всех рассматриваемых ключевых участках происходит однотипная смена значений стандартного отклонения – планомерное снижение, начиная с ЗЦЭ до второго периода МЮЦЭ,

рост в третий и снижение в четвертый период МЮЦЭ. При этом изменение значений энтропии за рассматриваемые циркуляционные эпохи и периоды в большинстве случаев не соотносится напрямую с увеличением или уменьшением значений температуры воздуха. На территории ключевого участка пушистодубового леса, расположенного в низкогорном ландшафтном уровне на северном макросклоне Крымских гор, значения энтропии максимальны в 3ЦЭ и во второй и четвертый периоды МЮЦЭ и минимальны, соответственно, в первый и третий периоды МЮЦЭ. На территории ключевого участка пушистодубового леса, расположенного в низкогорном ландшафтном уровне на южном макросклоне Крымских гор, значения энтропии минимальны в 3ЦЭ и четвертый период МЮЦЭ и максимальны во второй период МЮЦЭ. Таким образом, максимальные (с точки зрения влияния температуры) условия для развития геоэкосистем пушистодубовых лесов как южного, так и северного макросклона Крымских гор наблюдаются во второй период МЮЦЭ. На территории ключевого участка скальnodубового леса, расположенного в низкогорном ландшафтном уровне на северном макросклоне Крымских гор, значения энтропии максимальны в 3ЦЭ и третий период МЮЦЭ. На территории ключевого участка скальnodубового леса, расположенного в среднегорном ландшафтном уровне на северном макросклоне Крымских гор, значения энтропии максимальны в первый период МЮЦЭ, а на южном макросклоне – во второй период.

В пределах ключевых участков геоэкосистем хвойных (сосновых и можжевеловых) лесов наблюдаются общий тренд роста значений энтропии от 3ЦЭ к третьему периоду МЮЦЭ и резкий скачок в четвертом периоде МЮЦЭ, в котором достигаются максимальные значения. Таким образом, с ростом температуры формируется стратегия развития геоэкосистем хвойных лесов Крымского полуострова, ведь именно в четвертом периоде МЮЦЭ наблюдаются наибольшие максимальные значения температуры среди рассматриваемых циркуляционных эпох и периодов.

В пределах геоэкосистемы буковых лесов энтропия также уменьшается ко второму периоду МЮЦЭ и незначительно увеличивается в дальнейшем, что тоже свидетельствует о формировании стратегии развития геоэкосистем с ростом температуры воздуха.

Противоположная картина наблюдается в пределах геоэкосистем яйл. Если при распределении значений стандартного отклонения наблюдается картина, аналогичная геоэкосистемам, описанным выше, то распределение значений энтропии по циркуляционным эпохам и периодам оказывается другим: с увеличением средних значений температуры воздуха в пределах геоэкосистем яйл значение энтропии уменьшается.

5.2.2. Геоэкосистемы Равнинного Крыма

Результаты расчетов динамики температурных значений по ключевым участкам Равнинного Крыма приведены в таблице 5.8. На рисунках 5.15–5.16 представлены диаграммы, показывающие минимальные и максимальные

Таблица 5.8. Результаты расчетов среднегодовых значений температуры воздуха (°C), стандартного отклонения и факторной энтропии на территории ключевых участков Равнинного Крыма по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

№ контура	Параметр	Циркуляционные эпохи и периоды				
		1	2	3	4	5
Гидроморфный уровень						
1	T _{ср}	10,43	10,95	10,80	10,84	11,80
	T _{ст. откл.}	0,1074	0,1028	0,1055	0,1073	0,1048
	E	0,4927	0,5000	0,2427	0,3542	0,2181
11	T _{ср}	10,37	10,90	10,75	10,77	11,73
	T _{ст. откл.}	0,0264	0,0263	0,0270	0,0257	0,0245
	E	0	0,1240	0	0	0
14	T _{ср}	10,58	11,11	10,97	10,98	11,93
	T _{ст. откл.}	0,0885	0,0849	0,0882	0,0883	0,0866
	E	0,2621	0,2043	0,4434	0,4001	0,4998
19	T _{ср}	10,75	11,27	11,13	11,14	12,08
	T _{ст. откл.}	0,0678	0,0652	0,0667	0,0671	0,0647
	E	0	0	0,0829	0,0755	0,1229
Плакортный уровень						
22	T _{ср}	10,61	11,16	11,04	11,06	11,96
	T _{ст. откл.}	0,0743	0,0753	0,0708	0,0660	0,0660
	E	0,0120	0	0,2567	0,1188	0,4988
31	T _{ср}	10,75	11,29	11,18	11,22	12,11
	T _{ст. откл.}	0,0844	0,0844	0,0865	0,0851	0,0834
	E	0	0,1003	0	0	0,0501

значения температуры воздуха, среднее значение и медиану, а также межквартильное расстояние значений температуры воздуха в пределах анализируемых ключевых участков по пяти рассматриваемым циркуляционным периодам.

Общей закономерностью наблюдаемых изменений является рост температуры от периферии к центру полуострова в условиях гидроморфного ландшафтного уровня, что закономерно и связано с ростом континентальности климата в этом же направлении. На плакорном ландшафтном уровне наблюдается обратная картина: происходит рост значений температуры воздуха по направлению к побережью, что определяется как максимальными величинами суммарной солнечной радиации на западном побережье, так и бризовой циркуляцией, повышающей зимние температуры в этой части полуострова.

Анализ динамики стандартного отклонения и энтропии показывает отсутствие синхронности в их изменении по рассматриваемым ключевым участкам. В частности, аккумулятивные недренированные низменности

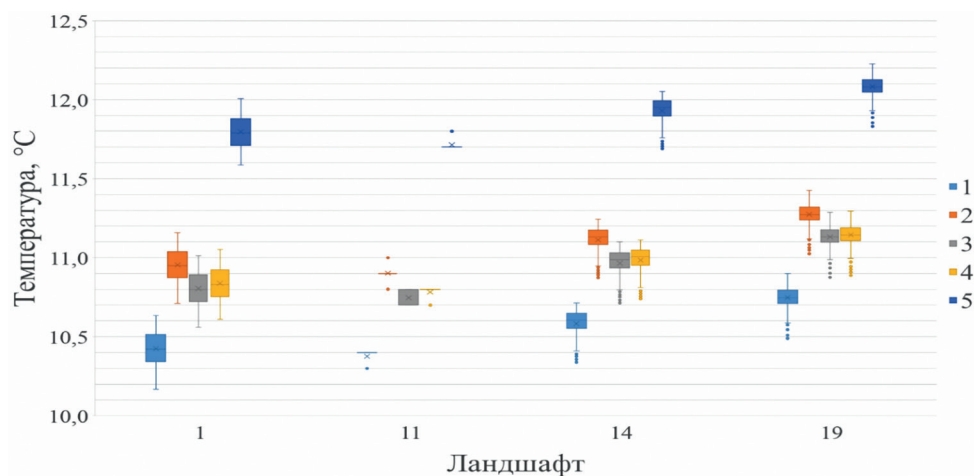


Рисунок 5.15. Распределение показателей температуры воздуха в пределах гидроморфного ландшафтного уровня (ландшафтные контуры 1, 11, 14, 19). Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

с солончаками и галофитными лугами (контур 1) характеризуются снижением стандартного отклонения при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ и далее ростом стандартного отклонения до смены третьего периода МЮЦЭ четвертым, в котором начинается резкое снижение значений стандартного отклонения при росте среднегодовых значений температуры воздуха. Таким образом, для данного типа геоэкосистем характерно снижение значений стандартного отклонения на фоне роста среднегодовых значений температуры воздуха. В свою очередь, значения энтропии не столь однозначны:

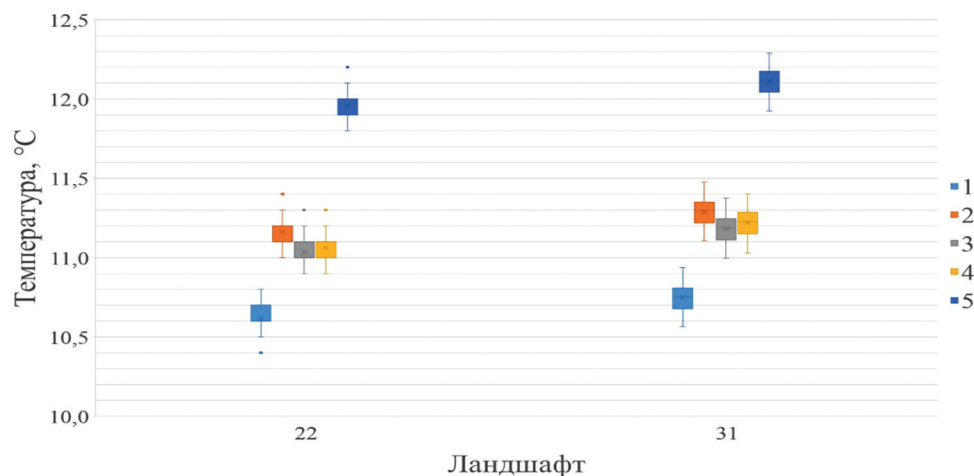


Рисунок 5.16. Распределение показателей температуры воздуха в пределах плакорного ландшафтного уровня (ландшафтные контуры 22, 31). Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

возникает небольшой рост значений факторной энтропии в третий период МЮЦЭ при общем тренде снижения ее величины. Таким образом, можно говорить о том, что рост температуры в Присивашье формирует стратегию стабилизации геоэкосистем.

Аналогичная ситуация характерна и для аккумулятивных плоских слабодренированных равнин с полынно-житняковыми и ковылково-типчаковыми степями (контур 11), хотя в данном случае максимум значений стандартного отклонения приходится на второй период МЮЦЭ. После его смены третьим начинается планомерное снижение значений стандартного отклонения. Величина энтропии незначительно возрастает при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ, а далее, как и в ЗЦЭ, возвращается в нулевое значение.

Аккумулятивные плоские слабодренированные равнины с бедноразнотравными ковыльно-типчаковыми и полынно-типчаковыми степями (контур 14) и аккумулятивные дренированные слабоволнистые равнины с ковыльно-разнотравными степями в комплексе с ковыльно-типчаковыми степями (контур 19) характеризуются аналогичным описанному для контуров 1 и 11 поведением значений стандартного отклонения, однако наблюдается совершенно иная картина в динамике значений факторной энтропии, которая иллюстрирует существенный рост значений, формируя, таким образом, стратегию развития геоэкосистем.

Таким образом, в пределах гидроморфного ландшафтного уровня наблюдается смена стратегий геоэкосистем – от стратегии стабилизации в условиях приморского положения к стратегии развития в центре полуострова.

Для геоэкосистем плакорного уровня сохраняется такая же закономерность – общее снижение значений стандартного отклонения на фоне роста среднегодовых значений температуры, но в то же время рост значений факторной энтропии, что формирует стратегию развития геоэкосистем. Более сложная картина событий при этом формируется в случае с контуром 31, для которого значения факторной энтропии снижаются до нуля в периоды уменьшения среднегодовых значений температуры воздуха и растут при их увеличении.

5.3. Изменение количества атмосферных осадков

На рисунке 5.17, с использованием количественного фона, цветом представлены карты поступления атмосферных осадков по ландшафтным контурам Крымского полуострова, а штриховкой – значения стандартного отклонения величины атмосферных осадков для каждого ландшафтного контура.

В ЗЦЭ для большей части ландшафтов, расположенных на территории Равнинного Крыма, характерно среднемноголетнее количество осадков в пределах 400–500 мм. При этом выделяются ландшафтные контуры (в районе Гераклеийского полуострова, северной части Тарханкутского полуострова и вдоль побережья в северной части Керченского полуострова), где в среднем за год выпадает менее 400 мм осадков.

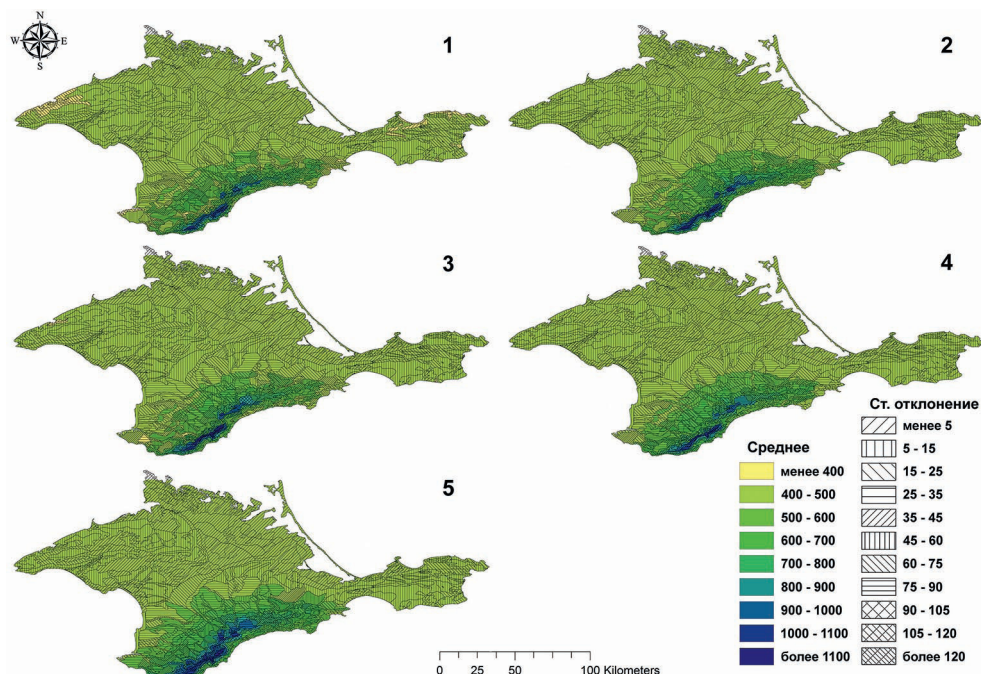


Рисунок 5.17. Среднегодовые значения количества осадков на Крымском полуострове и их стандартное отклонение по ландшафтным контурам в границах циркуляционных эпох и периодов Северного полушария. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

На северном макросклоне Крымских гор среднегодовое количество осадков составляет от 400 до 700 мм, при этом не наблюдается последовательного увеличения количества выпадающих осадков при направлении с севера на юг и при увеличении абсолютных отметок, наблюдается некоторая мозаичность в распределении количества осадков по ландшафтным контурам. На территории южного макросклона Крымских гор количество осадков колеблется от 500 до 700 мм в год. Максимальное количество осадков получают ландшафты, расположенные в пределах среднегорного ландшафтного уровня, причем здесь имеется тенденция к увеличению выпадения осадков в юго-западной части среднегорного ландшафтного уровня.

В первом периоде МЮЦЭ на Крымском полуострове наблюдается рост среднегодового количества выпадающих осадков. На большей части Равнинного Крыма, на Керченском полуострове и частично на северном макросклоне Крымских гор среднегодовое количество осадков составляет от 400 до 500 мм. В Горном Крыму при увеличении абсолютных отметок и при движении к Главной гряде Крымских гор наблюдается увеличение среднегодового количества осадков. В пределах низкогорного ландшафтного уровня, как на северном, так и на южном макросклоне Крымских гор, регистрируются среднегодовые значения осадков от 500 до 700 мм, а в среднегорном ландшафтном уровне – более 700 мм, причем максимальные значения (бо-

лее 1000 мм в год) характерны для ландшафтов юго-западных яйл Крымского полуострова.

Во втором периоде МЮЦЭ наблюдается незначительное уменьшение среднегодового количества осадков на территории всего полуострова. На территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней, а также частично низкогорного ландшафтного уровня (особенно в западной части северного макросклона Крымских гор) в среднем в год выпадает 400–500 мм осадков. В пределах среднегорного ландшафтного уровня в целом наблюдается уменьшение среднегодового количества выпадающих осадков (особенно на северо-восточных яйлах), но в отдельных ландшафтах (особенно на юго-западных яйлах) отмечается рост среднегодового количества (значения превышают 1000 мм). На Южном берегу Крыма также наблюдается снижение среднемноголетнего количества атмосферных осадков.

В третьем периоде МЮЦЭ отмечается незначительный рост среднегодового количества выпадающих осадков в пределах Горного Крыма. Низкогорный ландшафтный уровень на северном макросклоне характеризуется значениями от 400 до 700 мм в год. Ландшафты южного макросклона Крымских гор находятся в диапазоне выпадения 500–600 мм осадков в год. В среднегорье наблюдается сглаживание в различиях между ландшафтными контурами по выпадению среднегодового количества осадков. Всего несколько ландшафтных контуров имеют значения более 1000 мм.

Четвертый период МЮЦЭ характеризуется значительным ростом количества выпадающих осадков на территории Крымского полуострова. Если в пределах плакорного ландшафтного уровня и прилегающей к нему части низкогорного ландшафтного уровня преобладают, как и в предыдущий период, значения от 400 до 500 мм осадков в год, то в пределах Горного Крыма выпадает максимальное количество осадков за все рассматриваемые периоды, причем граница ландшафтных контуров с годовым количеством осадков более 500 мм существенно сдвигается на север. Происходит значительное увеличение количества выпавших осадков в среднегорье (по отдельным ландшафтам – более чем на 100 мм). В общей сложности в рассматриваемый период в Горном Крыму наблюдается наибольшая гумидизация климата.

Рассмотрим динамику значений стандартного отклонения (рисунок 5.17) среднегодового количества осадков в пределах ландшафтных контуров по циркуляционным эпохам и периодам. В ЗЦЭ для большинства ландшафтов Равнинного Крыма (гидроморфный и плакорный ландшафтные уровни) характерны низкие значения стандартного отклонения. При этом ландшафты гидроморфного ландшафтного уровня в большинстве своем имеют значения стандартного отклонения менее 5 мм. В целом по мере движения с севера на юг (до Главной гряды Крымских гор) наблюдается увеличение значений стандартного отклонения среднегодового количества осадков по ландшафтным контурам от 15 до 35 мм. Для низкогорного ландшафтного уровня северного макросклона Крымских гор характерны значения 25–45 мм, в то время как для низкогорного ландшафтного уровня южного макросклона Крымских гор они

изменяются от 45 до 90 мм. Максимальные значения стандартного отклонения наблюдаются в центральной части Горного Крыма, в районе Фороса и Гурзуфа; они составляют более 100 мм.

Для первого периода МЮЦЭ в целом на Крымском полуострове наблюдается уменьшение значений стандартного отклонения. Относительно высокими остаются значения стандартного отклонения для среднегорного ландшафтного уровня южного макросклона, где они изменяются от 35 до 120 мм.

Второй период МЮЦЭ характеризуется увеличением стандартного отклонения для ландшафтов центральной части Равнинного Крыма и низкогорного ландшафтного уровня северного макросклона при уменьшении значений в остальной части Горного Крыма. Для ландшафтов Равнинного Крыма характерны значения стандартного отклонения до 15 мм. Если в первом периоде МЮЦЭ значения стандартного отклонения до 45 мм были характерны преимущественно для северного макросклона Крымских гор, то во втором они уже преобладают и характерны для южного макросклона. Максимальные значения стандартного отклонения при этом зафиксированы в пределах ландшафтных контуров среднегорного ландшафтного уровня и имеют более разреженную структуру факторного рисунка, чем в предыдущие периоды.

В третьем периоде МЮЦЭ отмечено продолжение уменьшения значений стандартного отклонения по всему Крымскому полуострову. Практически на всей территории гидроморфного ландшафтного уровня значения стандартного отклонения не превышают 5 мм, на территории плакорного ландшафтного уровня – 15 мм. Значения стандартного отклонения в Горном Крыму в большинстве своем не превышают 75 мм; отдельные ландшафтные контуры в среднегорном ландшафтном уровне достигают значений 90 мм и более.

Четвертый период МЮЦЭ характеризуется увеличением значений стандартного отклонения в Равнинном Крыму, особенно в пределах плакорного ландшафтного уровня, до 15 мм в год. В Горном Крыму также происходит небольшое увеличение значений стандартного отклонения, однако при этом наблюдается сглаживание различий между соседними ландшафтными контурами. Повышенными значениями стандартного отклонения – более 105 мм – характеризуются ландшафты Ялтинского амфитеатра.

Рассмотрим динамику количества осадков по основным типам ландшафтов Крымского полуострова.

5.3.1. Геоэкосистемы Горного Крыма

Для ландшафтов скальнодубовых лесов характерны рост количества осадков на северном макросклоне и снижение количества осадков на южном макросклоне (рисунок 5.18). При этом наблюдается снижение значений стандартного отклонения для низкогорных скальнодубовых ландшафтов на фоне роста значений стандартного отклонения при смене третьего периода МЮЦЭ четвертым в скальнодубовых среднегорных ландшафтах.

Следует отметить, что для среднегорных скальнодубовых ландшафтов южного макросклона на протяжении всего периода исследований отмечалось постоянное снижение величин стандартного отклонения значений атмосферных осадков; лишь при смене третьего периода МЮЦЭ четвертым произошел их резкий рост.

Среднегорные ландшафты северного макросклона напротив, характеризовались ростом значений стандартного отклонения до смены первого периода МЮЦЭ вторым, для которого характерен незначительный максимум значений; в третий период МЮЦЭ произошло снижение значений, а в четвертый – их значительный рост. Факторная энтропия при этом ведет себя несколько иначе. Для низкогорных скальнодубовых лесных ландшафтов характерен рост значений факторной энтропии с локальным минимумом во втором периоде МЮЦЭ, что свойственно всем скальнодубовым ландшафтам. Как и в случае со значениями стандартного отклонения, значения факторной энтропии для ландшафтов северного макросклона характеризуются ростом в четвертый период МЮЦЭ, что говорит о формировании условий для стратегии развития данных ландшафтов. Однако следует отметить, что для среднегорных ландшафтов северного макросклона в первый период МЮЦЭ наблюдался ярко выраженный максимум значений факторной энтропии. Подобный максимум, но менее выраженный, регистрировался на территории всех ключевых участков скальнодубовых ландшафтов. Для скальнодубовых ландшафтов южного макросклона наблюдаются постепенный рост значений факторной энтропии до третьего периода МЮЦЭ и достаточно резкое снижение факторной энтропии в четвертый период МЮЦЭ, что говорит о формировании стратегии стабилизации ландшафтов. В целом рост значений факторной энтропии происходит при росте значений количества осадков. Это обстоятельство особенно актуально в связи с тем, что в настоящее время увеличение количества атмосферных осадков в Крыму наблюдается за счет возрастания ливневых осадков, что, в свою очередь, усиливает перераспределение вещества вдоль склонов; таким образом, формируются условия для внутренней дифференциации ландшафтов.

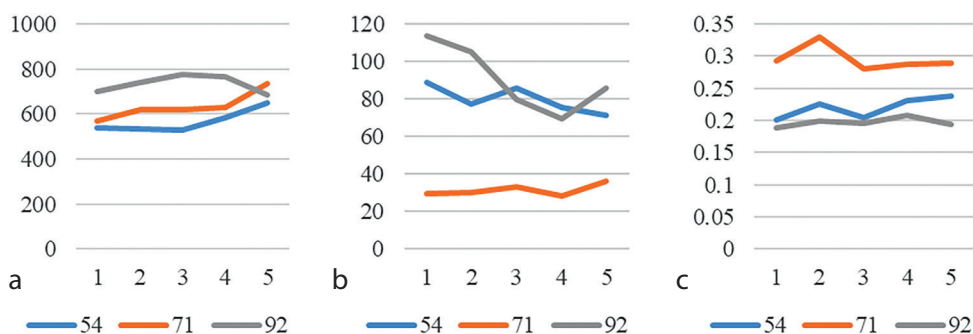


Рисунок 5.18. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (б), и факторной энтропии осадков (с) на территории ландшафтов скальнодубовых лесов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

Для пушистодубовых ландшафтов характерна ситуация, обратная описанной для ландшафтов скальнодубовых лесов. Так, для лесов северного макросклона в четвертый период МЮЦЭ наблюдается снижение значений атмосферных осадков. На южном макросклоне, напротив, отмечается рост (рисунок 5.19).

Вместе с тем наблюдается достаточно сложная межгодовая динамика количества атмосферных осадков, проявляющаяся в росте значений количества осадков при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ у ландшафтов пушистодубовых лесов южного макросклона на фоне снижения значений атмосферных осадков в ландшафтах пушистодубовых лесов северного макросклона.

Во второй период МЮЦЭ отмечается минимум значений атмосферных осадков как на северном, так и на южном макросклонах. В третий период МЮЦЭ наблюдается рост значений атмосферных осадков и на северном, и на южном макросклонах, сменяющийся, как было уже сказано ранее, резким ростом значений на южном макросклоне и снижением значений на северном макросклоне. Значения стандартного отклонения во всех рассматриваемых ландшафтах пушистодубовых лесов имеют отрицательный тренд, особенно ярко выраженный у ландшафтов южного макросклона. Во второй период МЮЦЭ на северном макросклоне наблюдался максимум значений стандартного отклонения. Вместе с тем значения факторной энтропии формируют несколько иную картину. Несмотря на снижение значений факторной энтропии в обоих ландшафтных контурах в четвертый период МЮЦЭ, что свидетельствует о формировании стратегии стабилизации, в случае с ландшафтами пушистодубовых лесов южного макросклона за весь рассматриваемый период наблюдался рост значений факторной энтропии, сменившийся снижением лишь в четвертый период МЮЦЭ. Пушистодубовые ландшафты северного макросклона характеризуются наличием двух максимумов значений факторной энтропии – в первый и третий периоды МЮЦЭ – и абсолютным минимумом во второй период при господстве зональной группы циркуляции. Прямой связи между формируемой стратегией ландшафтов и количеством

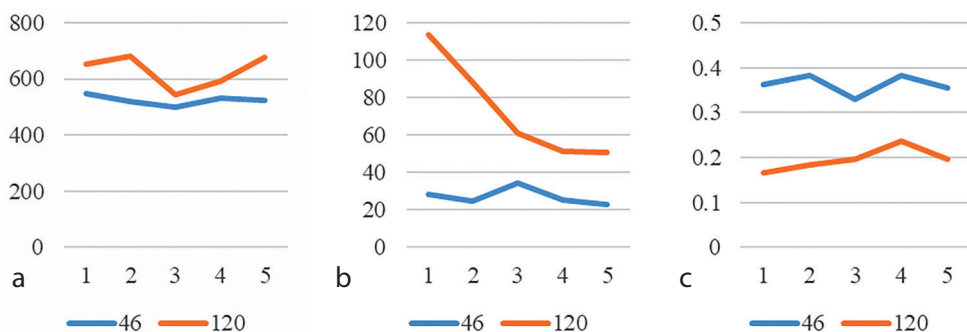


Рисунок 5.19. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (б), и факторной энтропии осадков (с) на территории пушистодубовых ландшафтов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

осадков, как в случае со скальнодубовыми ландшафтами, у ключевых участков пушистодубовых ландшафтов не наблюдается.

Сосновые ландшафты среднегорного и низкогорного ландшафтных уровней характеризуются сходной картиной динамики как количества атмосферных осадков, так и значений стандартного отклонения (рисунок 5.20).

На фоне общего векового снижения количества осадков, характерного и для ландшафтов дубовых лесов, наблюдается рост значений количества осадков при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ при дальнейшем снижении значений количества осадков во второй период МЮЦЭ и последующем росте значений количества осадков в низкогорье. В среднегорье незначительное снижение количества осадков сохраняется до третьего периода МЮЦЭ. Значения стандартного отклонения характеризуются постепенным снижением от начала периода исследований до третьего периода МЮЦЭ, когда наблюдался их минимум. Четвертый период МЮЦЭ характеризуется резким ростом значений стандартного отклонения.

Несмотря на это, значения факторной энтропии в четвертый период МЮЦЭ, напротив, снижаются, что указывает на формирование стратегии стабилизации ландшафтов. В то же время рост стандартного отклонения говорит об усилении пространственной неоднородности порядка величин, что на фоне упрощения факторного пространства может привести к усилению дискретизации реального пространства. При рассмотрении динамики значений факторной энтропии следует отметить ее значительный рост до третьего периода МЮЦЭ в низкогорье, а также ее снижение до второго периода МЮЦЭ в среднегорье, причем с формированием максимума значений факторной энтропии в среднегорье, как и в случае с низкогорьем, в третий период МЮЦЭ.

Ландшафты можжевельниковых лесов характеризуются ростом среднегодовых значений количества осадков на северном макросклоне в четвертый период МЮЦЭ и снижением количества осадков на южном макросклоне (рисунок 5.21).

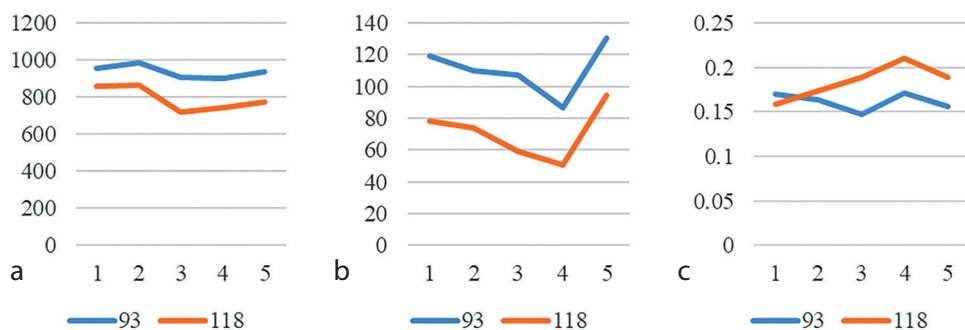


Рисунок 5.20. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (б), и факторной энтропии осадков (с) на территории ландшафтов сосновых лесов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

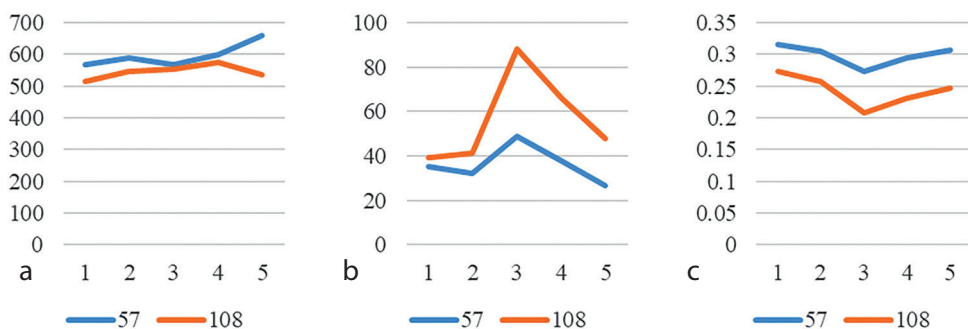


Рисунок 5.21. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (б), и факторной энтропии осадков (с) на территории ландшафтов можжевельников по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

Анализ динамики среднегодового количества осадков показывает их снижение в периоды преобладания или активизации зональной группы циркуляции, что особенно проявилось на северном макросклоне. На южном макросклоне наблюдался постоянный рост значений среднегодового количества осадков до третьего периода МЮЦЭ.

Значения стандартного отклонения и факторной энтропии характеризуются практически синхронным изменением на сравниваемых ключевых участках. Наблюдается значительный рост значений стандартного отклонения во втором периоде МЮЦЭ. Первый период МЮЦЭ характеризуется ростом значений стандартного отклонения на южном макросклоне, в то время как на северном макросклоне в первом периоде МЮЦЭ фиксируется снижение значений стандартного отклонения. Далее на протяжении всего периода исследований отмечается снижение значений стандартного отклонения на рассматриваемых ключевых участках. Динамика значений факторной энтропии характеризуется обратной картиной: для второго периода МЮЦЭ характерны минимумы значений. Третий и четвертый периоды МЮЦЭ характеризуются ростом значений факторной энтропии, что говорит о формировании стратегии развития можжевельниковых лесных ландшафтов.

Динамика количества атмосферных осадков в зоне расположения ландшафтов буковых лесов характеризовалась постоянным ростом значений на северном макросклоне (рисунок 5.22).

На южном макросклоне рост количества осадков наблюдался до второго периода МЮЦЭ. Третий и четвертый периоды МЮЦЭ характеризовались снижением количества осадков. В целом следует отметить наличие положительного векового тренда значений среднегодового количества осадков на северном макросклоне Крымских гор и отрицательного – на южном. Динамика значений стандартного отклонения имеет обратную картину: на южном макросклоне наблюдается рост значений, на северном – отрицательный тренд. При этом на южном макросклоне отмечаются два максимума значений стандартного отклонения – во второй и четвертый периоды МЮЦЭ.

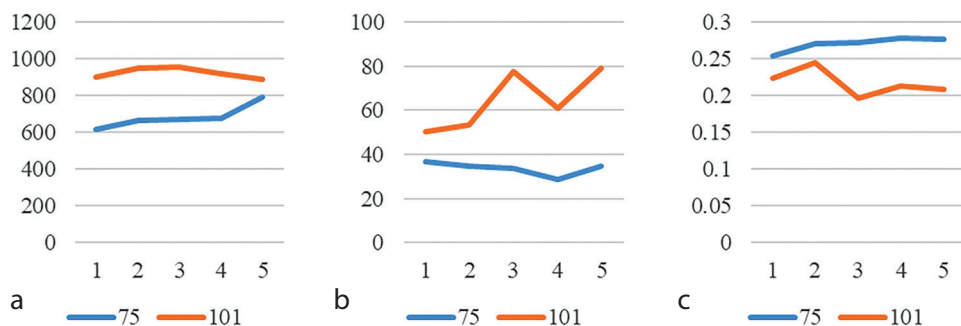


Рисунок 5.22. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (b), и факторной энтропии осадков (с) на территории ландшафтов буковых лесов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

Минимальные значения стандартного отклонения были характерны для 3ЦЭ. На северном макросклоне до третьего периода МЮЦЭ наблюдалось снижение значений стандартного отклонения, сменившееся достаточно резким их ростом в четвертый период МЮЦЭ. Следует отметить, что стандартное отклонение количества атмосферных осадков у ключевого участка, расположенного на южном макросклоне, характеризуется значительно большими значениями, чем у ландшафтов северного макросклона. Значения факторной энтропии, напротив, больше у ландшафтов северного макросклона.

Вместе с тем ландшафты буковых лесов северного макросклона характеризовались ростом значений факторной энтропии до третьего периода МЮЦЭ и начали снижаться лишь в четвертом периоде МЮЦЭ, что говорит о формировании стратегии стабилизации данных ландшафтов. Ландшафты буковых лесов южного макросклона, аналогично ландшафтам буковых лесов северного макросклона, характеризуются формированием стратегии стабилизации в четвертый период МЮЦЭ. Следует отметить, что динамика значений факторной энтропии у рассматриваемых ландшафтов буковых лесов северного и южного макросклонов характеризуется синхронностью изменения значений, однако у ландшафтов южного макросклона эти изменения имеют большую амплитуду значений.

Яйлинские ландшафты характеризуются постоянным ростом значений количества атмосферных осадков за весь период исследования, за исключением небольшого снижения в третий период МЮЦЭ (рисунок 5.23).

Вместе с тем стоит отметить достаточно сильное снижение значений стандартного отклонения для всех рассматриваемых ландшафтов. Если в случае с контуром 80 наблюдается постоянное снижение значений стандартного отклонения, то на территории контура 85 регистрируется формирование максимума значений стандартного отклонения во втором периоде МЮЦЭ. Динамика значений факторной энтропии для контура 85 сохраняет картину, описанную для динамики значений стандартного отклонения, но характеризуется меньшими амплитудами. Значения факторной энтропии у контура 80, напротив, характеризуются резко положительным трендом, при небольшом

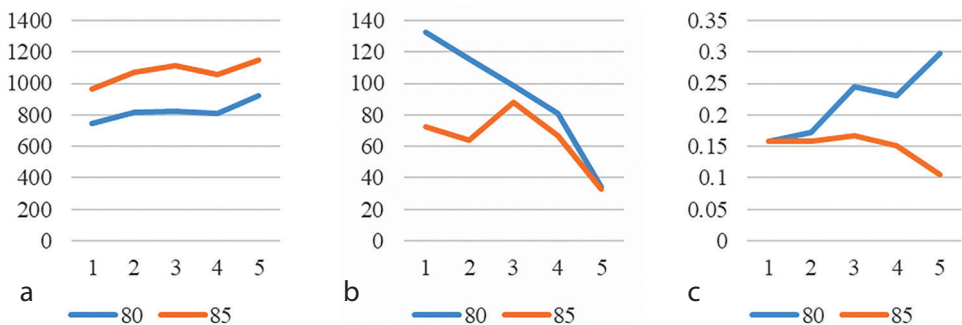


Рисунок 5.23. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (b), и факторной энтропии осадков (с) на территории яйлинских ландшафтов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

снижении значений в третий период МЮЦЭ. Таким образом, получается, что ландшафты пояса лесного и лугово-лесостепного плато характеризуются формированием стратегии развития, а пояса луговых и лугово-лесных плато – стратегии стабилизации в отношении воздействия фактора изменения осадков. В то же время сильное снижение значений стандартного отклонения на фоне существенного роста значений факторной энтропии у ландшафтов пояса лесного и лугово-лесостепного плато может спровоцировать усиление внутриландшафтной дискретности факторного пространства и привести к процессам внутриландшафтной дифференциации, то есть к формированию стратегии развития данных ландшафтов.

5.3.2. Геоэкосистемы Равнинного Крыма

В случае с ландшафтами Равнинного Крыма ситуация выглядит несколько иначе, чем с ландшафтами Горного Крыма (рисунки 5.24, 5.25).

В первую очередь обращают на себя внимание рост количества осадков в направлении от побережья к центру полуострова и значительные различия между количеством осадков между гидроморфным и плакорным ландшафтными уровнями (на территории плакорного ландшафтного уровня выпадает в среднем на 100 мм больше атмосферных осадков, чем на территории гидроморфного). Кроме того, следует отметить синхронность в динамике количества осадков для рассматриваемых ключевых участков до третьего периода МЮЦЭ.

При смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ наблюдается рост значений количества осадков во всех анализируемых контурах. Во втором периоде МЮЦЭ происходит снижение количества осадков, а затем – рост до третьего периода МЮЦЭ. Он продолжается и в четвертом периоде МЮЦЭ в пределах плакорного ландшафтного уровня. В пределах гидроморфного ландшафтного уровня четвертый период МЮЦЭ характеризуется снижением количества атмосферных осадков.

Значения стандартного отклонения также изменяются практически синхронно в пределах ландшафтных уровней, за исключением ландшафтного

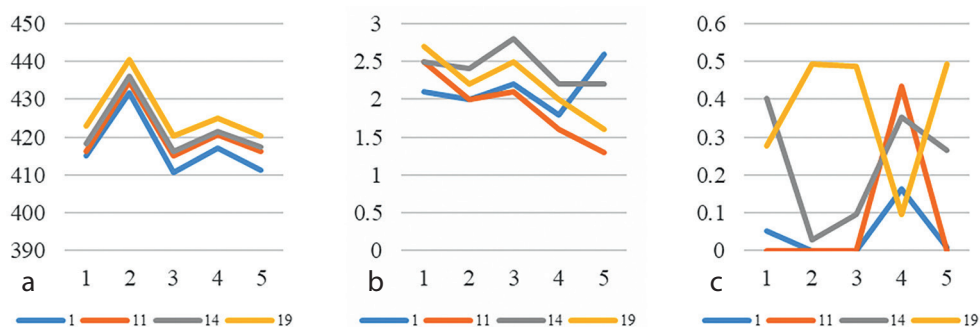


Рисунок 5.24. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (б), и факторной энтропии осадков (с) на территории гидроморфных ландшафтов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

контура 1. Так, на территории гидроморфного ландшафтного уровня в 3ЦЭ происходит снижение значений стандартного отклонения, во второй период МЮЦЭ – их рост; далее следует снижение до четвертого периода МЮЦЭ, который характеризуется минимальными значениями стандартного отклонения за весь период исследований. Различия между динамикой заключаются лишь в значениях амплитуд изменений по ландшафтным контурам.

Особенность динамики значений стандартного отклонения у ландшафтного контура 1 – резкий и существенный рост значений стандартного отклонения в четвертый период МЮЦЭ на фоне снижения значений во всех рассматриваемых контурах гидроморфного ландшафтного уровня в этот период.

На плакорном ландшафтном уровне наблюдается постоянное снижение значений стандартного отклонения на протяжении всего периода исследования. При этом следует отметить существенное превышение значений стандартного отклонения на плакорном ландшафтном уровне, по сравнению с гидроморфным, что объясняется более сложной геоморфологической структурой территории.

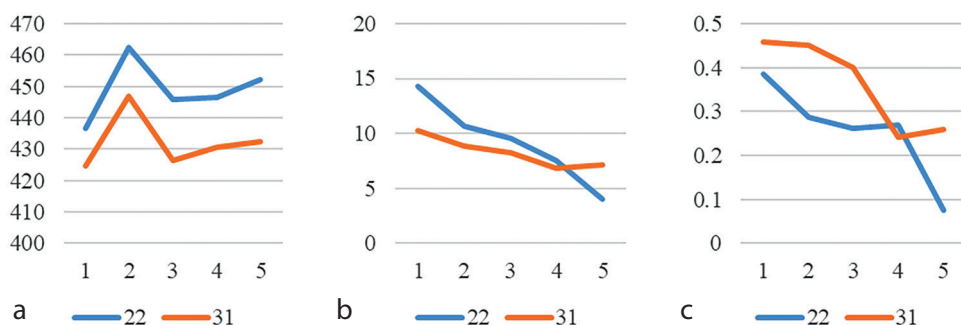


Рисунок 5.25. Динамика среднегодового количества осадков, мм (а), стандартного отклонения, мм (б), и факторной энтропии осадков (с) на территории плакорных ландшафтов по циркуляционным эпохам и периодам. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

Динамика значений факторной энтропии характеризуется отсутствием синхронности по рассматриваемым ключевым участкам. Так, для контура 1 характерно снижение значений факторной энтропии до второго периода МЮЦЭ, во время которого значения относительной факторной энтропии становятся равными нулю. Далее происходит незначительный рост значений факторной энтропии в третий период МЮЦЭ и их снижение практически до нуля в четвертый период. Такие изменения факторной энтропии даже на фоне значений стандартного отклонения, которое проявляется, по всей видимости, на периферии ландшафтного контура, позволяют судить о стабилизации ядра рассматриваемого ландшафта.

Динамика значений факторной энтропии в пределах ландшафтных контуров 11 и 14, в сравнении с контуром 1, иллюстрирует синхронность направления изменений, однако амплитуда снижения значений факторной энтропии в первый период МЮЦЭ и ее роста в третий период МЮЦЭ значительно больше, чем для контура 1. Кроме того, для контура 14 характерны существенно большие значения факторной энтропии, по сравнению с контурами 1 и 11, а также отсутствие значений, равных нулю, что закономерно и связано с усложнением текстуры ландшафтного рисунка на территории гидроморфного ландшафтного уровня в направлении к центру полуострова. Динамика значений факторной энтропии в контуре 19 зеркально противоположна динамике значений для рассмотренных выше контуров. Так, при смене ЗЦЭ первым периодом МЮЦЭ наблюдается рост значений факторной энтропии, последующее ее снижение до третьего периода МЮЦЭ и значительный рост в четвертый период. Таким образом, можно говорить о том, что ландшафтные контуры 11 и 14 характеризуются формированием стратегии стабилизации, а ландшафтный контур 19 – стратегии развития.

Для плакорного ландшафтного уровня характерно снижение значений факторной энтропии до третьего периода МЮЦЭ. В четвертом периоде МЮЦЭ наблюдаются рост значений факторной энтропии в контуре 31, что на фоне роста стандартного отклонения говорит о формировании стратегии развития, и значительное снижение значений факторной энтропии в контуре 22, которое на фоне снижения значений стандартного отклонения позволяет делать вывод о формировании стратегии стабилизации.

РАЗДЕЛ 6.

ДИНАМИКА РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЭКОСИСТЕМ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

6.1. Пространственно-временная динамика характеристик экологических ниш региональных геоэкосистем

Рассмотрим динамику экологических ниш различных региональных геоэкосистем Крымского полуострова. Региональные геоэкосистемы гидроморфного ландшафтного уровня (ландшафтные контуры 1, 11, 14, 19) имеют общую тенденцию к смещению экологических ниш вдоль факторной оси «Температура, °С», при увеличении последней. В то же время экологические ниши региональных геоэкосистем при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария в пределах плакорного уровня имеют тенденцию к росту и смещению как вдоль факторной оси «Температура, °С», так и незначительно вдоль факторной оси «Осадки, мм». В геоэкосистемах скальnodубовых лесов северного макросклона экологические ниши при смене циркуляционных эпох и периодов смещаются в сторону увеличения как среднегодового количества выпадающих осадков, так и среднегодовых температур воздуха, а в геоэкосистемах скальnodубовых лесов южного макросклона Крымских гор экологические ниши смещаются в сторону увеличения среднегодовых температур и уменьшения среднегодового количества выпадающих осадков. В региональных геоэкосистемах пушистодубовых лесов северного макросклона Крымских гор наблюдается смещение экологических ниш в сторону увеличения среднегодовых температур и уменьшения количества выпадающих осадков. Похожая картина характерна и для региональных геоэкосистем пушистодубовых лесов, за исключением того, что это смещение не так отчетливо выражено. Экологические ниши региональных геоэкосистем сосновых лесов, расположенных в среднегорье на южном макросклоне Крымских гор, смещаются по направлению роста среднегодового количества осадков и среднегодовых температур, в то время как экологические ниши региональных геоэкосистем сосновых лесов, расположенных в низкогорье на южном макросклоне Крымских гор, характеризуются смещением в сторону увеличения температур и уменьшения количества выпадающих осадков. Региональные геоэкосистемы можжевельников северного и южного макросклонов Крымских гор характеризуются смещением экологических ниш в сторону увеличения среднегодовых температур и среднегодового количества осадков. Экологические ниши региональных геоэкосистем буковых лесов при смене циркуляционных эпох и периодов смещаются в сторону увеличения среднегодового количества выпадающих осадков и среднегодовых температур. В региональных геоэкосистемах яйлинских ландшафтов при смене циркуляционных эпох и периодов происходит смещение экологических ниш по

фактору среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков в сторону увеличения; в то же время смещение по фактору «Осадки, мм» проявляется в одних геоэкосистемах слабо (ландшафтный контур 80), а в других – отчетливо (контур 85).

Интерес представляет анализ факторных амплитуд экологических ниш ландшафтных контуров. В таблице 6.1 приведены факторные амплитуды, характеризующие экологические ниши рассматриваемых региональных геоэкосистем. Согласно [63], по среднему значению ширины факторной амплитуды представляется возможным провести классификацию ландшафтных контуров на эврифакторные (широкие факторные амплитуды), стенофакторные (узкие факторные амплитуды) и мезофакторные (имеют значения факторных амплитуд, которые нельзя отнести ни к стенофакторным, ни к эврифакторным).

В таблице 6.2 представлены максимальные и минимальные значения среднегодовых значений факторного пространства «Температура, °С» и «Осадки, мм» по циркуляционным эпохам и периодам для всего Крыма, которые позволяют рассчитать средние факторные амплитуды его ландшафтов (рисунок 6.1).

Из рисунка видно, что ландшафты Равнинного Крыма практически полностью относятся к стенофакторным, причем их положение не изменяется при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария.

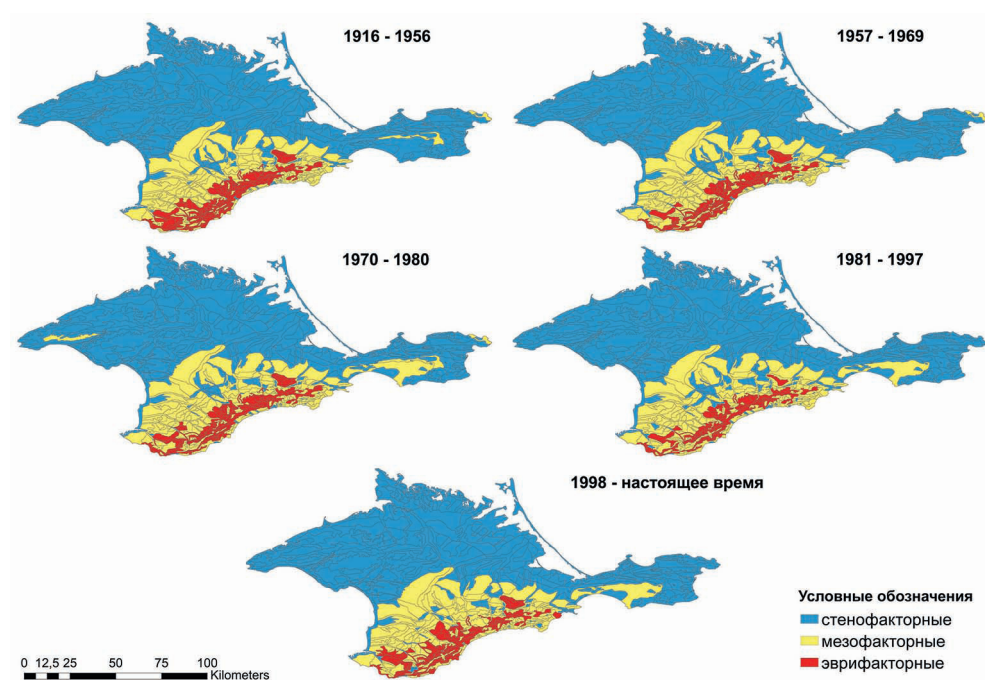


Рисунок 6.1. Пространственно-временная динамика региональных геоэкосистем Крымского полуострова по показателю среднего значения факторной амплитуды.

Таблица 6.1. Факторные амплитуды ландшафтов в пределах ключевых участков по факторам «Температура, °С», «Осадки, мм»

Ключевой участок	Циркуляционная эпоха (период)	Крайние значения амплитуды				Ширина амплитуды		Центральное значение амплитуды		Среднее значение амплитуды	
		Температура		Осадки		Температура	Осадки	Температура	Осадки	Температура	Осадки
		Min	Max	Min	Max						
1	ЗЦЭ	10,17	10,63	407,01	422,36	0,47	15,34	10,42	415,10	10,43	415,02
	1-й период МЮЦЭ	10,71	11,16	426,51	439,97	0,45	13,46	10,95	431,61	10,96	431,81
	2-й период МЮЦЭ	10,56	11,01	405,00	418,68	0,45	13,68	10,80	410,74	10,81	410,76
	3-й период МЮЦЭ	10,61	11,05	412,88	423,73	0,44	10,85	10,83	417,06	10,84	417,16
	4-й период МЮЦЭ	11,58	12,01	406,33	420,63	0,42	14,30	11,79	411,42	11,80	411,52
11	ЗЦЭ	10,31	10,44	408,44	419,95	0,13	11,52	10,37	416,78	10,37	416,08
	1-й период МЮЦЭ	10,84	10,97	428,24	438,01	0,13	9,77	10,90	434,82	10,90	434,49
	2-й период МЮЦЭ	10,69	10,82	408,19	418,73	0,13	10,54	10,75	415,28	10,75	415,10
	3-й период МЮЦЭ	10,72	10,84	415,41	423,58	0,13	8,17	10,77	420,84	10,77	420,72
	4-й период МЮЦЭ	11,67	11,79	413,21	419,17	0,12	5,96	11,73	416,43	11,73	416,29
14	ЗЦЭ	10,34	10,71	408,29	421,98	0,37	13,69	10,60	418,75	10,58	418,28
	1-й период МЮЦЭ	10,87	11,24	427,73	440,22	0,37	12,50	11,13	436,70	11,11	436,22
	2-й период МЮЦЭ	10,71	11,10	406,41	421,13	0,39	14,72	10,99	416,66	10,97	416,20
	3-й период МЮЦЭ	10,74	11,11	414,10	425,65	0,37	11,55	11,01	422,01	10,98	421,63
	4-й период МЮЦЭ	11,69	12,05	412,00	422,36	0,36	10,36	11,95	417,60	11,93	417,41
19	ЗЦЭ	10,49	10,90	415,21	429,79	0,41	14,57	10,75	422,80	10,75	422,89
	1-й период МЮЦЭ	11,03	11,43	433,22	445,60	0,40	12,38	11,27	440,41	11,27	440,38
	2-й период МЮЦЭ	10,88	11,29	411,44	426,44	0,41	15,00	11,13	420,41	11,13	420,36
	3-й период МЮЦЭ	10,89	11,30	418,01	429,68	0,41	11,67	11,14	424,98	11,14	424,95
	4-й период МЮЦЭ	11,83	12,23	415,92	423,97	0,40	8,05	12,08	420,16	12,08	420,22

22	ЗЦЭ	10,44	10,83	403,48	463,75	0,39	60,27	10,61	439,27	10,61	436,63
	1-й период МЮЦЭ	10,99	11,38	436,73	484,87	0,39	48,14	11,15	464,61	11,16	462,53
	2-й период МЮЦЭ	10,87	11,25	420,14	465,67	0,38	45,54	11,03	447,75	11,04	445,66
	3-й период МЮЦЭ	10,90	11,26	426,93	462,54	0,36	35,61	11,06	448,27	11,06	446,59
	4-й период МЮЦЭ	11,80	12,16	440,67	463,78	0,36	23,11	11,95	451,84	11,96	452,08
31	ЗЦЭ	10,56	10,94	405,62	447,90	0,37	42,29	10,75	423,34	10,75	424,47
	1-й период МЮЦЭ	11,11	11,48	431,44	468,65	0,37	37,21	11,30	445,33	11,29	446,96
	2-й период МЮЦЭ	11,00	11,37	411,47	448,07	0,38	36,60	11,19	424,08	11,18	426,25
	3-й период МЮЦЭ	11,03	11,40	418,81	448,43	0,37	29,62	11,23	429,29	11,22	430,79
	4-й период МЮЦЭ	11,92	12,29	418,79	446,82	0,36	28,03	12,12	432,09	12,11	432,37
46	ЗЦЭ	10,04	10,93	486,88	607,50	0,89	120,62	10,39	548,61	10,44	546,60
	1-й период МЮЦЭ	10,59	11,48	475,06	565,89	0,88	90,84	10,94	518,76	10,99	519,13
	2-й период МЮЦЭ	10,49	11,37	417,42	546,87	0,88	129,45	10,84	511,62	10,89	501,63
	3-й период МЮЦЭ	10,41	11,30	475,73	568,63	0,89	92,91	10,76	537,03	10,81	532,76
	4-й период МЮЦЭ	11,29	12,17	466,65	556,63	0,89	89,98	11,64	527,49	11,69	524,15
54	ЗЦЭ	8,30	11,29	368,51	712,36	3,00	343,85	9,76	532,86	9,73	537,67
	1-й период МЮЦЭ	8,84	11,82	396,29	693,06	2,98	296,77	10,30	523,95	10,27	534,80
	2-й период МЮЦЭ	8,74	11,71	390,46	696,15	2,98	305,69	10,19	520,91	10,16	528,76
	3-й период МЮЦЭ	8,64	11,65	457,80	728,90	3,01	271,10	10,11	589,15	10,08	585,14
	4-й период МЮЦЭ	9,51	12,51	500,93	795,16	2,99	294,23	10,97	651,50	10,95	646,14
71	ЗЦЭ	7,78	9,27	505,34	635,59	1,49	130,25	8,56	570,08	8,55	568,50
	1-й период МЮЦЭ	8,33	9,81	558,15	688,71	1,48	130,57	9,11	619,23	9,10	619,85
	2-й период МЮЦЭ	8,24	9,70	556,34	707,20	1,47	150,86	9,00	619,12	9,00	621,32
	3-й период МЮЦЭ	8,15	9,64	578,85	702,57	1,49	123,72	8,93	628,18	8,92	630,11
	4-й период МЮЦЭ	9,04	10,53	668,59	813,81	1,49	145,22	9,82	739,18	9,81	738,32

92	ЗЦЭ	7,28	10,41	570,01	943,32	3,13	373,31	9,09	672,21	8,95	707,62
	1-й период МЮЦЭ	7,81	10,92	598,38	980,11	3,11	381,73	9,61	720,01	9,47	750,76
	2-й период МЮЦЭ	7,71	10,82	653,35	992,19	3,11	338,85	9,51	773,57	9,37	786,95
	3-й период МЮЦЭ	7,61	10,74	651,16	947,73	3,13	296,56	9,42	763,38	9,28	774,48
	4-й период МЮЦЭ	8,47	11,59	540,81	901,06	3,12	360,25	10,27	666,02	10,13	697,38
120	ЗЦЭ	8,37	11,35	395,25	893,41	2,98	498,16	10,38	657,93	10,28	657,26
	1-й период МЮЦЭ	8,90	11,87	488,88	897,48	2,97	408,60	10,90	683,23	10,81	685,78
	2-й период МЮЦЭ	8,80	11,77	434,29	742,73	2,97	308,43	10,80	528,15	10,71	545,52
	3-й период МЮЦЭ	8,72	11,71	500,59	748,17	2,98	247,59	10,74	579,17	10,64	594,86
	4-й период МЮЦЭ	9,60	12,56	572,95	833,16	2,96	260,21	11,61	673,12	11,51	678,88
57	ЗЦЭ	9,26	10,21	487,61	636,26	0,95	148,65	9,75	566,16	9,75	568,81
	1-й период МЮЦЭ	9,79	10,73	514,08	660,34	0,94	146,26	10,28	590,47	10,27	590,41
	2-й период МЮЦЭ	9,69	10,63	454,40	665,47	0,94	211,07	10,18	564,14	10,17	566,00
	3-й период МЮЦЭ	9,61	10,55	514,32	677,90	0,95	163,58	10,10	597,20	10,09	599,09
	4-й период МЮЦЭ	10,47	11,40	607,35	716,61	0,94	109,27	10,95	660,05	10,94	659,57
108	ЗЦЭ	9,07	11,24	434,28	582,07	2,17	147,79	10,34	537,98	10,31	526,77
	1-й период МЮЦЭ	9,60	11,75	461,89	617,67	2,15	155,78	10,86	565,88	10,83	557,01
	2-й период МЮЦЭ	9,50	11,64	396,74	673,11	2,14	276,37	10,75	573,00	10,72	552,99
	3-й период МЮЦЭ	9,42	11,57	452,56	666,07	2,16	213,51	10,68	588,07	10,65	574,65
	4-й период МЮЦЭ	10,27	12,41	483,13	649,49	2,14	166,36	11,52	558,83	11,49	555,70
93	ЗЦЭ	4,9	10,6	775,0	1222,2	5,7	447,3	7,3	916,3	7,2	950,5
	1-й период МЮЦЭ	5,4	11,1	754,5	1225,1	5,7	470,6	7,8	980,1	7,8	983,6
	2-й период МЮЦЭ	5,3	11,0	610,0	1114,9	5,7	505,0	7,7	904,0	7,7	908,9
	3-й период МЮЦЭ	5,2	10,9	656,3	1065,2	5,7	409,0	7,6	898,7	7,5	901,3
	4-й период МЮЦЭ	6,1	11,8	644,3	1177,2	5,7	532,8	8,5	919,1	8,4	935,7

118	ЗЦЭ	6,91	11,07	665,32	1038,63	4,16	373,31	9,45	849,32	9,27	855,23
	1-й период МЮЦЭ	7,45	11,59	720,26	1042,97	4,14	322,72	9,98	851,31	9,80	862,07
	2-й период МЮЦЭ	7,35	11,48	572,72	872,65	4,13	299,94	9,87	713,39	9,69	720,42
	3-й период МЮЦЭ	7,23	11,40	626,42	869,03	4,17	242,62	9,78	740,00	9,60	746,52
	4-й период МЮЦЭ	8,11	12,26	617,89	997,82	4,15	379,93	10,64	753,02	10,46	772,42
75	ЗЦЭ	7,38	8,75	521,15	666,22	1,37	145,07	7,88	624,76	7,90	614,67
	1-й период МЮЦЭ	7,93	9,29	573,70	714,03	1,36	140,34	8,42	675,12	8,44	665,84
	2-й период МЮЦЭ	7,83	9,19	583,60	718,30	1,35	134,70	8,32	675,09	8,34	672,19
	3-й период МЮЦЭ	7,75	9,12	602,86	716,27	1,37	113,41	8,24	679,35	8,26	676,40
	4-й период МЮЦЭ	8,64	10,01	697,74	851,49	1,37	153,75	9,14	803,15	9,15	791,91
101	ЗЦЭ	9,07	11,24	434,28	582,07	2,17	147,79	10,34	537,98	10,31	526,77
	1-й период МЮЦЭ	9,60	11,75	461,89	617,67	2,15	155,78	10,86	565,88	10,83	557,01
	2-й период МЮЦЭ	9,50	11,64	396,74	673,11	2,14	276,37	10,75	573,00	10,72	552,99
	3-й период МЮЦЭ	9,42	11,57	452,56	666,07	2,16	213,51	10,68	588,07	10,65	574,65
	4-й период МЮЦЭ	10,27	12,41	483,13	649,49	2,14	166,36	11,52	558,83	11,49	555,70
80	ЗЦЭ	6,12	7,50	588,63	1066,48	1,38	477,85	6,75	693,25	6,76	745,40
	1-й период МЮЦЭ	6,66	8,04	686,58	1090,86	1,38	404,28	7,29	777,44	7,30	818,82
	2-й период МЮЦЭ	6,57	7,94	683,80	1029,59	1,37	345,79	7,19	802,22	7,20	825,38
	3-й период МЮЦЭ	6,48	7,86	694,23	974,80	1,39	280,56	7,11	787,43	7,12	806,95
	4-й период МЮЦЭ	7,37	8,75	846,16	980,47	1,39	134,30	8,00	916,14	8,01	920,95
85	ЗЦЭ	4,20	6,56	732,41	1074,23	2,36	341,82	4,54	980,54	4,70	965,44
	1-й период МЮЦЭ	4,76	7,11	856,90	1167,88	2,35	310,98	5,10	1080,00	5,26	1068,43
	2-й период МЮЦЭ	4,67	7,01	869,90	1273,87	2,34	403,97	5,01	1101,17	5,18	1112,27
	3-й период МЮЦЭ	4,53	6,90	868,79	1179,22	2,37	310,43	4,87	1049,68	5,04	1057,62
	4-й период МЮЦЭ	5,42	7,78	1006,31	1189,15	2,36	182,84	5,76	1157,42	5,93	1148,07

Таблица 6.2. Минимальные и максимальные значения факторного пространства «Температура, °С» и «Осадки, мм» на территории Крымского полуострова по циркуляционным эпохам и периодам Северного полушария

Циркуляционная эпоха (период)	Температура, °С			Осадки, мм		
	Мин.	Макс.	Разница	Мин.	Макс.	Разница
ЗЦЭ	4,19	11,68	7,49	252,01	1218,32	966,31
1-й период МЮЦЭ	4,76	12,18	7,43	343,13	1228,66	885,53
2-й период МЮЦЭ	4,67	12,05	7,38	315,30	1303,75	988,45
3-й период МЮЦЭ	4,53	12,04	7,51	388,26	1203,87	815,61
4-й период МЮЦЭ	5,42	12,96	7,54	405,79	1218,01	812,22

На Керченском полуострове в ЗЦЭ в центральной части формируются значения факторной амплитуды, соответствующие мезофакторным ландшафтам на территории Парпачского гребня и крайней северо-восточной части полуострова. В первый период МЮЦЭ территория Парпачского гребня полностью оказывается в зоне стенофакторных ландшафтов, однако уже во второй период МЮЦЭ весь Парпачский гребень и практически вся территория Керченского полуострова южнее гребня оказываются в зоне мезофакторных ландшафтов. Эта ситуация сохраняется в последующие периоды.

Для Горного Крыма характерны мезофакторные ландшафты в предгорье и на территории Юго-Восточного Крыма и эврифакторные – в пределах Главной гряды, что вполне закономерно и объясняется шириной факторной амплитуды ландшафтов. При этом при смене циркуляционных эпох и периодов наблюдается пространственная динамика границы мезофакторных ландшафтов, вытесняющих эврифакторные ландшафты, что говорит о снижении устойчивости региональных геоэкосистем.

Детализируя полученные результаты по рассматриваемым ключевым участкам, отметим, что ландшафтные контуры гидроморфного ландшафтного уровня имеют минимальные значения средней ширины факторной амплитуды – от 1 до 4%, которые не изменяются по циркуляционным эпохам и периодам. Это позволяет отнести их к стенофакторным ландшафтам с узкими факторными амплитудами в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм». Ландшафтные контуры плакорного ландшафтного уровня также имеют низкие значения средней ширины факторной амплитуды, которые, однако, больше, чем в ландшафтах гидроморфного ландшафтного уровня (4–6%) и незначительно колеблются при смене циркуляционных эпох и периодов. Они также относятся к стенофакторным ландшафтам с узкими факторными амплитудами в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм».

Геоэкосистемы пушистодубовых лесов северного макросклона имеют среднюю ширину факторной амплитуды 11–13 % в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» и относятся к мезофакторным, в то время как геоэкосистемы пушистодубовых лесов южного макросклона Крымских гор имеют большую среднюю ширину факторной амплитуды (35–46%) и от-

носятся к эврифакторным. При этом в геоэкосистемах пушистодубовых лесов южного макросклона наблюдается большой разброс ширины факторной амплитуды по циркуляционным эпохам и периодам. Геоэкосистемы скально-дубовых лесов низкогогорья северного макросклона Крымских гор относятся к эврифакторным (средняя ширина факторной амплитуды – 36–38%), а среднегогорья северного макросклона Крымских гор – к мезофакторным (средняя ширина факторной амплитуды – 17–19%). Геоэкосистемы скальнодубовых лесов среднегогорья южного макросклона Крымских гор имеют среднюю ширину факторной амплитуды 38–43%, что позволяет относить их к эврифакторным, с широкой факторной амплитудой.

Геоэкосистемы сосновых лесов как среднегогорья, так и низкогогорья южного макросклона Крымских гор имеют широкие средние факторные амплитуды (от 61 до 71% в среднегорье; от 43 до 51% в низкогорье), что позволяет отнести их к эврифакторным. Геоэкосистемы можжевельниковых лесов среднегогорья северного макросклона Крымских гор характеризуются средними значениями ширины факторной амплитуды от 13 до 17%, в результате чего их можно отнести к мезофакторным, в то время как геоэкосистемы можжевельниковых лесов низкогогорья южного макросклона Крымских гор относятся к эврифакторным при средней ширине факторной амплитуды от 43 до 51%. Средняя ширина факторной амплитуды незначительно колеблется при смене циркуляционных эпох и периодов; в целом в геоэкосистемах хвойных лесов преобладают широкие факторные амплитуды в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм».

Геоэкосистемы буковых лесов при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария имеют пограничные значения ширины факторной амплитуды. Так, геоэкосистемы буковых лесов среднегогорья северного макросклона Крымских гор характеризуются средней шириной факторной амплитуды 16–19%, что позволяет отнести их к мезофакторным. Геоэкосистемы буковых лесов среднегогорья южного макросклона Крымских гор имеют средние значения ширины факторной амплитуды 22% в 3ЦЭ и 23 и 24% в первый и второй периоды МЮЦЭ и относятся к мезофакторным; при значениях 27% в третий и четвертый периоды МЮЦЭ эти геоэкосистемы относятся к эврифакторным.

Геоэкосистемы яйлинских ландшафтов относятся к эврифакторным, за исключением четвертого периода МЮЦЭ, в течение которого средняя ширина факторной амплитуды опускается до 17% и ландшафты становятся мезофакторными. В остальные циркуляционные эпохи средние значения ширины факторной амплитуды колеблются от 26 до 36%.

В многомерном факторном пространстве экологические ниши относительно друг друга могут располагаться независимо; одна ниша может быть включена в другую; ниши могут перекрываться. Ниши рассматриваемых ландшафтных контуров перекрываются в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» в диапазонах значений +4,5...+12,5 °С и 390...1270 мм соответственно. Степень перекрытия ниш ландшафтных контуров при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария представлена в таблице 6.3.

Таблица 6.3. Степень перекрытия экологических ниш ландшафтных контуров Крымского полуострова при смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария (%). Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11.

		Циркуляционная эпоха (период)				
		1	2	3	4	5
Ключевой участок 1						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0	10,6	6,3	0
	2		–	8,5	22,8	0
	3			–	53,5	0
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 11						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0	0	0	0
	2		–	47,4	51,6	0
	3			–	78	0
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 14						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0	4,7	3,8	0,0
	2		–	12,5	25,0	19,0
	3			–	61,5	52,3
	4				–	50,2
	5					–
Ключевой участок 19						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0	4,0	5,7	0,0
	2		–	10,2	21,1	9,5
	3			–	59,3	38,6
	4				–	52,5
	5					–
Ключевой участок 22						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0	0,6	0,0	0,0
	2		–	29,1	31,3	37,1
	3			–	73,2	56,5
	4				–	60,1
	5					–

Ключевой участок 31						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0	0,0	0,0	0,0
	2		–	9,3	21,6	21,2
	3			–	58,2	48,3
	4				–	73,5
	5					–
Ключевой участок 46						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	11,9	13,5	17,5	0,0
	2		–	46,4	63,2	0,0
	3			–	37	0
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 54						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	60,7	56,2	57,1	0,1
	2		–	70,0	50,6	0,0
	3			–	56,2	0
	4				–	0,1
	5					–
Ключевой участок 57						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0,0	14,0	7,4	0,0
	2		–	29,3	39,3	0,0
	3			–	56,5	0
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 71						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0,0	2,7	0,1	0,0
	2		–	54,2	58,5	0,0
	3			–	75,7	0
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 75						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0,0	0,0	0,0	0,0
	2		–	66,3	56,0	0,0
	3			–	66,9	0
	4				–	0
	5					–

Ключевой участок 80						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	26,4	30,2	30,8	0,5
	2		–	64,1	37,5	8,9
	3			–	55,2	4,1
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 85						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	0,0	0,0	2,8	0,0
	2		–	29,0	52,1	0,0
	3			–	21,8	0,4
	4				–	0
	5					–
Ключевой участок 92						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	18,6	12,9	23,5	5,0
	2		–	60,7	44,5	49,7
	3			–	52,1	52,5
	4				–	31,4
	5					–
Ключевой участок 93						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	57,5	56,9	54,6	35,0
	2		–	63,8	61,4	43,4
	3			–	63,8	43,6
	4				–	42,8
	5					–
Ключевой участок 101						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	38,3	34,3	49,4	12,3
	2		–	48,5	30,8	19,9
	3			–	30,1	18,5
	4				–	20,3
	5					–
Ключевой участок 108						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	43,5	41,9	18,4	43,5
	2		–	49,8	36,0	17,9
	3			–	33,2	18,3
	4				–	26,6
	5					–

Ключевой участок 118						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	48,6	30,2	3,9	17,8
	2		–	6,6	6,7	25,3
	3			–	69	5,3
	4				–	6,5
	5					–
Ключевой участок 120						
Циркуляционная эпоха (период)	1	–	53,7	25,3	24,9	21,0
	2		–	8,0	16,3	26,2
	3			–	44,8	0
	4				–	0
	5					–

Анализ таблицы показывает, что в большинстве случаев при смене циркуляционных эпох и периодов изменение экологических ниш происходит плавно, о чем свидетельствуют довольно большие значения перекрытия экологических ниш, особенно в смежных эпохах и периодах. В то же время пересечение показывает схожесть условий рассматриваемых осей факторного пространства для развития ландшафтных контуров в различные циркуляционные эпохи и периоды. Стоит отметить, что для большинства ландшафтных контуров Равнинного Крыма наблюдается отсутствие перекрытия экологических ниш ЗЦЭ и четвертого периода МЮЦЭ, что проявляется в более резких различиях факторного пространства. В то же время в Горном Крыму отмечается более плавная динамика перекрытия экологических ниш, которые частично включены друг в друга во всех рассматриваемых циркуляционных эпохах и периодах.

На рисунке 6.2 представлены результаты расчетов объемов экологических ниш ландшафтных контуров в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» на территории Крымского полуострова по циркуляционным эпохам и периодам Северного полушария.

В ЗЦЭ для большинства ландшафтных контуров Равнинного Крыма объем экологических ниш в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» не превышает 0,006.

В пределах гидроморфного ландшафтного уровня большинство ландшафтных контуров имеет объем экологической ниши, минимальный среди всех ландшафтных контуров Крымского полуострова. Среднее значение объема экологической ниши ландшафтного контура в пределах гидроморфного ландшафтного уровня составляет 0,002; медиана – 0,001; максимальное – 0,018. В пределах плакорного ландшафтного уровня значения объемов экологических ниш ландшафтных контуров незначительно увеличиваются и могут достигать 0,021. В пределах плакорного ландшафтного уровня наблюдается увеличение, по сравнению с гидроморфным ландшафтным уровнем,

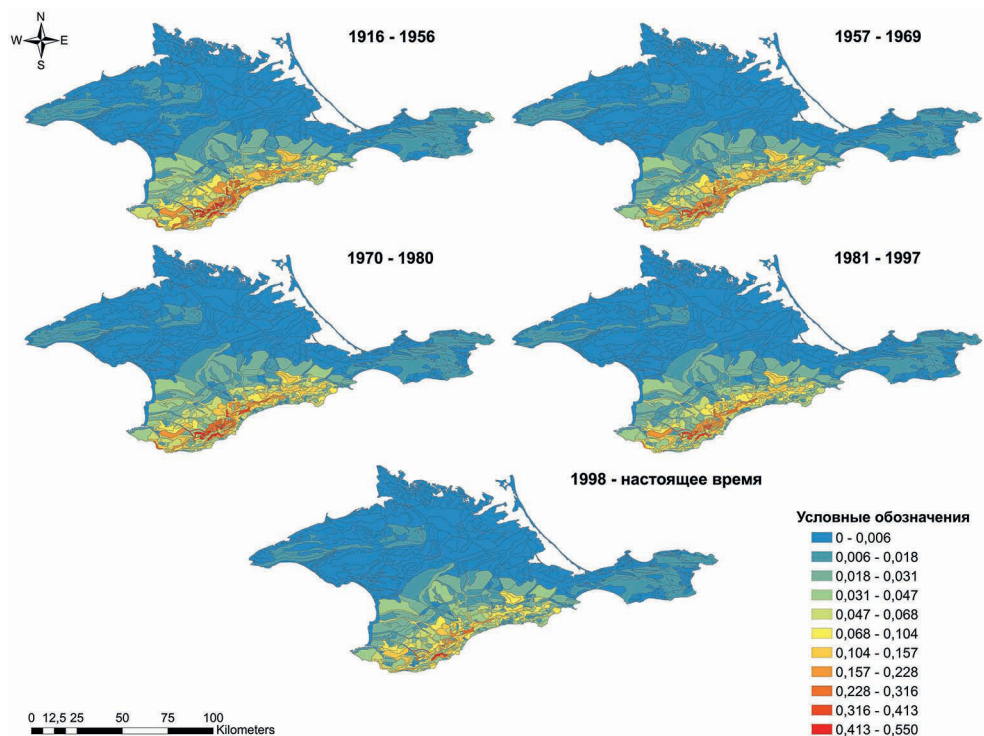


Рисунок 6.2. Пространственно-временная динамика объемов экологических ниш ландшафтных контуров.

средних значений объема экологических ниш ландшафтных контуров (до 0,004) и медианы (до 0,002). В пределах низкогорного ландшафтного уровня происходит еще больший рост значений объемов экологических ниш; среднее значение по ландшафтному уровню составляет 0,038, а медиана – 0,027.

Максимальный объем экологической ниши – 0,308. В пределах среднегорного ландшафтного уровня среднее значение объемов экологических ниш составляет 0,103, а медиана – 0,073. Максимальное значение объема экологических ниш в пределах среднегорного ландшафтного уровня – 0,542.

В первый период МЮЦЭ наблюдается уменьшение объемов экологических ниш ландшафтных контуров в пределах каждого ландшафтного уровня. Так, в пределах гидроморфного ландшафтного уровня среднее значение объемов экологических ниш ландшафтных контуров уменьшилось до 0,0016; плакорного ландшафтного уровня – до 0,0034; низкогорного ландшафтного уровня – до 0,032; среднегорного ландшафтного уровня – до 0,081. В то же время медиана значений объемов экологических ниш гидроморфного ландшафтного уровня не изменилась; плакорного ландшафтного уровня – уменьшилась до 0,001; низкогорного – до 0,021; среднегорного – до 0,054. Максимальные значения в пределах ландшафтных уровней также уменьшились: в пределах гидроморфного ландшафтного уровня – до 0,015; плакорного уров-

ня – до 0,015; низкогорного уровня – до 0,230; среднегорного уровня – до 0,394.

Во второй период МЮЦЭ наблюдается незначительный рост значений объемов экологических ниш по сравнению с первым периодом. При этом, однако, значения объемов ниже, чем в ЗЦЭ. Среднее значение объема экологической ниши ландшафтного контура в пределах гидроморфного ландшафтного уровня составляет 0,002; плакорного – 0,0038; низкогорного – 0,034; среднегорного – 0,093. Значения медианы для гидроморфного ландшафтного уровня – 0,001; плакорного – 0,002; низкогорного – 0,022; среднегорного – 0,063. Максимальный объем экологической ниши ландшафтного контура в пределах гидроморфного ландшафтного уровня составил 0,019; плакорного – 0,016; низкогорного – 0,233; среднегорного – 0,478.

В третий период МЮЦЭ, по сравнению со вторым, наблюдается уменьшение объемов экологических ниш ландшафтных контуров Крымского полуострова. Для гидроморфного ландшафтного уровня среднее значение объема ниши составляет 0,0014; медиана – 0,001; максимальное значение – 0,016. Для плакорного ландшафтного уровня среднее значение объема ниши составляет 0,003; медиана – 0,002; максимальное значение – 0,013. Для низкогорного ландшафтного уровня среднее значение объема ниши составляет 0,028; медиана – 0,019; максимальное значение – 0,175. Для среднегорного ландшафтного уровня среднее значение объема ниши составляет 0,073; медиана – 0,051; максимальное значение – 0,394.

Для четвертого периода МЮЦЭ характерны незначительные изменения объемов экологических ниш ландшафтных контуров Крымского полуострова по сравнению с третьим периодом. Также стоит сказать, что объемы экологических ниш не достигают значений, которые они имели в ЗЦЭ. Среднее значение объема экологической ниши в пределах гидроморфного ландшафтного уровня составляет 0,0014, а медианы – 0,001; в пределах плакорного ландшафтного уровня – 0,003 и 0,002; низкогорного ландшафтного уровня – 0,057 и 0,038. Максимальный объем экологической ниши ландшафтного контура в пределах гидроморфного ландшафтного уровня составляет 0,014; плакорного ландшафтного уровня – 0,011; низкогорного ландшафтного уровня – 0,179; среднегорного ландшафтного уровня – 0,423.

Таким образом, на территории гидроморфного и плакорного ландшафтных уровней ландшафтные контуры характеризуются более низкими показателями объема экологических ниш, чем ландшафтные контуры низкогорного и среднегорного ландшафтных уровней. В целом на территории Крымского полуострова прослеживается тенденция увеличения объема экологических ниш ландшафтных контуров с севера на юг – от Присивашской низменности до Главной гряды Крымских гор, что связано с увеличением ландшафтного разнообразия, сложностью формирования позиционных отношений к полям климатических факторов и ростом абсолютной высоты рельефа.

Рассмотрим более подробно значения объемов экологических ниш региональных геоэкосистем на примере ключевых участков (таблица 6.4).

Таблица 6.4. Объемы ниш ландшафтов (ключевых участков) при смене циркуляционных эпох и периодов. Условные обозначения 1–5 см. в подписи к рисунку 5.11

Ключевой участок	Циркуляционная эпоха (период)				
	1	2	3	4	5
1	0,0017	0,0013	0,0014	0,0011	0,0012
11	0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0001
14	0,0012	0,0010	0,0012	0,0009	0,0008
19	0,0013	0,0010	0,0013	0,0010	0,0006
22	0,0050	0,0036	0,0035	0,0026	0,0015
31	0,0035	0,0027	0,0029	0,0023	0,0020
46	0,0189	0,0142	0,0206	0,0144	0,0130
54	0,1981	0,1637	0,1714	0,1371	0,1232
71	0,0397	0,0342	0,0396	0,0328	0,0298
92	0,1912	0,1714	0,1431	0,1292	0,1643
120	0,2173	0,1631	0,1606	0,1186	0,0985
57	0,0255	0,0226	0,0345	0,0257	0,0142
108	0,0575	0,0544	0,0962	0,0734	0,0554
93	0,3846	0,3499	0,4110	0,3433	0,3902
118	0,1936	0,1573	0,1758	0,1396	0,1967
75	0,0404	0,0337	0,0324	0,0278	0,0287
101	0,0575	0,0544	0,0962	0,0734	0,0554
80	0,1409	0,0981	0,0822	0,0694	0,0254
85	0,1812	0,1329	0,1713	0,1438	0,0647

Анализ объемов экологических ниш региональных геоэкосистем показывает, что с 3ЦЭ до четвертого периода МЮЦЭ для большинства региональных геоэкосистем объем их экологических ниш уменьшился. При этом только в геоэкосистемах сосновых лесов наблюдается незначительное увеличение объемов экологических ниш (на 1–2%). В то же время объем экологических ниш геоэкосистем гидроморфного ландшафтного уровня уменьшился на 29–69%, плакорного уровня – на 43–70%. В геоэкосистемах скальнотубовых лесов объем экологических ниш уменьшился на 14–38%, а пушистотубовых – на 25–55%. В геоэкосистемах можжевельниковых лесов произошло уменьшение объемов экологических ниш на 4–44%, в геоэкосистемах буковых лесов – на 4–29%, а в геоэкосистемах яйлинских ландшафтов – на 64–82%. Стоит отметить следующее: за исключением геоэкосистем пушистотубовых лесов, сокращение объемов экологических ниш на южном макросклоне Крымских гор менее выражено чем на северном макросклоне.

Анализ экологических ниш региональных геоэкосистем Крымского полуострова в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» при

смене циркуляционных эпох и периодов Северного полушария показывает смещение экологических ниш большинства региональных геоэкосистем в сторону роста среднегодовых значений температуры воздуха и количества выпадающих осадков. В то же время на территории Равнинного Крыма для большинства ключевых участков это смещение выражено более четко, чем в Горном Крыму, хотя при этом объемы экологических ниш в Равнинном Крыму практически на порядок меньше, чем в Горном Крыму. Средние значения ширины факторных амплитуд в пределах Равнинного Крыма являются небольшими, что позволяет говорить о том, что в пространстве факторов «Температура, °С» и «Осадки, мм» тут преобладают стенофакторные ландшафты. В Горном Крыму для Предгорья и ЮБК характерны большей частью мезофакторные ландшафты, а для Главной гряды – эврифакторные, что объясняется широкой факторной амплитудой и характеризует эти геоэкосистемы как наиболее устойчивые к внешним воздействиям.

6.2. Пространственно-временная динамика продуктивности региональных геоэкосистем

6.2.1. Динамика продуктивности

Изучению продуктивности лесных геоэкосистем в Крыму посвящено множество работ [193; 197 и др.]. Указанные публикации ориентированы на изучение продуктивности конкретных пород деревьев, а не геоэкосистем в целом.

В работе была составлена база данных величины продуктивности геоэкосистем Крыма на основе данных мультиспектральных космических снимков за период 1979–2017 гг. Для проведения анализа многолетней пространственно-временной динамики продуктивности геоэкосистем была составлена база данных величин продуктивности геоэкосистем для ландшафтных контуров Крымского полуострова.

Отметим, что на соответствующих космических снимках шкалы дифференциации индекса нормализованы и приведены к единой шкале, что позволяет даже наглядно определить существенные изменения данной величины в пространстве и во времени.

Приведем примеры изменения величины биологической продуктивности для основных типов региональных геоэкосистем Крыма. Отметим, что вопросы продуктивности региональных геоэкосистем Крыма для основных типов леса, полученные на основании их многолетнего практического изучения, приведены в работах Ю. В. Плугатаря [192–198; 205; 206], в том числе в его ключевой монографии [193], посвященной изучению лесов Крыма. Проведем сравнения данных, полученных на основании дистанционного зондирования за многолетний период, с данными, полученными на основании практических полевых исследований вышеуказанного автора. Кроме того, проанализируем величины пространственно-временной динамики для степных геоэкосистем, сохранившихся единично на территории ООПТ Крыма, а также горно-луговых степей.

Сформированная база данных величины индекса продуктивности может быть использована и для агромелиоративных исследований. Полученные карты достаточно иллюстративно показывают изменение состояния и фаз вегетации сельскохозяйственных угодий в зависимости от изменения гидротермических условий агроландшафтов в различные годы. Между тем этот вопрос не является предметом нашего исследования; он, скорее, показывает широкий диапазон возможностей применения фактического материала данной работы.

Первой крупной группой выступают дубовые леса Крыма. В наиболее общей форме их целесообразно разделить на две крупных группы – леса из дуба скального и леса из дуба пушистого.

Ю. В. Плугатарь, проводя рассмотрение величины продуктивности этой группы лесов Крыма, отмечает [193] требовательность данной породы к влажности почвы, а также факт того, что древостои дуба скального недостаточно продуктивны по запасу с пространственным преобладанием лесов с низким бонитетом. Отмечается, что среди древостоев самыми продуктивными являются леса в условиях свежего сугруда со средним запасом в $153 \text{ м}^3/\text{га}$.

В качестве примера многолетней динамики изменения состояний геоэкосистем, выраженной в виде «эффекта» продуктивности, мы выберем контур 68 – среднегорно-склоновый, расчлененный балками с дубовыми и смешанными широколиственными лесами. Данные контур по ландшафтно-экологическим условиям наиболее полно соответствует свежему сугруду.

Здесь необходимо сделать определенную поправку: Ю. В. Плугатарь проводит анализ продуктивности лесов в данном случае и в последующих вариантах для многолетнего запаса древесины с соответствующими расчетами ее запасов. В нашем же случае при помощи индекса NDVI четко возможно зафиксировать и рассмотреть в многолетней динамике величину биомассы, содержащейся в листовом аппарате растений, который в итоге в многолетнем разрезе обеспечивает рост и накопление биомассы в древесине.

На рисунке 6.3 приведены величины изменения продуктивности лесов данного контура по состоянию на август.

Среднее значение индекса NDVI находится в диапазоне 140–150 единиц, при этом устоявшейся многолетней нормой возможно считать 146–148, что в среднем может соответствовать величине фактической продуктивности в $153 \text{ м}^3/\text{га}$, определенной на основе многолетних наблюдений Ю. В. Плугатарем. Минимальные значения для данного ландшафтного контура находятся в диапазоне 70–120 единиц, а максимальные – в пределах 165–170, что свидетельствует о снижении фактической продуктивности до $70 \text{ м}^3/\text{га}$ в определенных частях ландшафта и возможном ее увеличении до $165\text{--}170 \text{ м}^3/\text{га}$ на отдельных участках в зависимости от изменения экологических условий.

Таким образом, для типов ландшафтов территории Крыма возможно выделение типов состояния геоэкосистем в зависимости от величины продуктивности на уровне нормальной продуктивности, пониженной и повышенной.

Анализ многолетней динамики показателя позволяет выявить определенные периоды в виде своеобразных волн. Период с 1979 по 1988 г. характе-

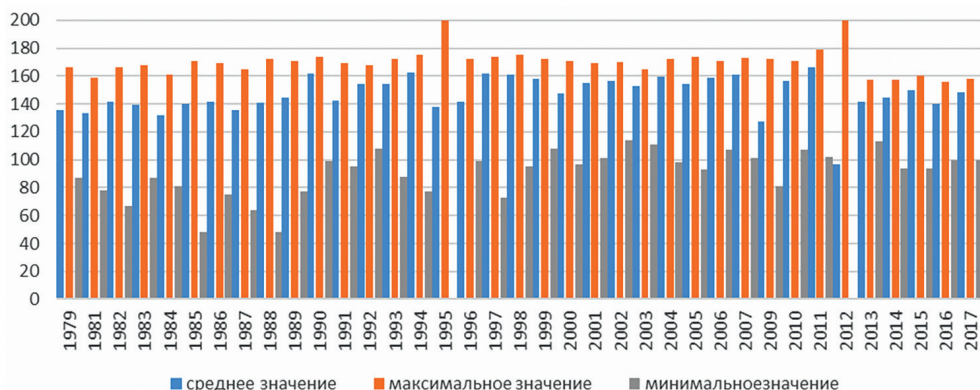


Рисунок 6.3. Многолетнее изменение величин продуктивности для среднегорно-склонового ландшафта, расчлененного балками с дубовыми и смешанными широколиственными лесами.

ризуется нормальным уровнем продуктивности рассматриваемых геоэкосистем с незначительными колебаниями параметра; период с 1989 по 1998 г. имеет тенденцию к нарастанию флуктуаций параметра и появлению единичных состояний пониженной и повышенной продуктивности. Период с 1999 по 2007 г. характеризуется устойчивыми значениями параметра в диапазоне, близком к повышенной продуктивности. В период с 2008 г. по наши дни наблюдается резкое колебание параметров – хаотичные изменения в сторону повышения и понижения, что может свидетельствовать об определенных тенденциях изменения параметров тепло- и влагообеспеченности в сторону колебания температурных норм и величин осадков.

Следующая группа – леса из дуба пушистого. В качестве примера многолетней динамики изменения состояний геоэкосистем, выраженной в виде «эффекта» продуктивности, мы выберем контур 95 – среднегорный ступенчато-склоновый с дубовыми и смешанными широколиственными лесами.

Ю. В. Плугатарь отмечает [193], что данные леса представлены в восьми типах экотопов с пространственным преобладание одного из них – сухого сугруда; средняя величина фактической продуктивности составляет $83\text{--}110\text{ м}^3/\text{га}$ в зависимости от возраста. Контур 95 по своим условиям местообитания близок к экотопу сухого сугруда. На рисунке 6.4 приведена многолетняя динамика индекса NDVI для данного типа геоэкосистем Крыма.

Анализ представленной диаграммы показывает более существенные колебания средних значений рассматриваемой величины в данном типе геоэкосистем – на уровне 120–150 единиц – при средних нормальных значениях в диапазоне 135–138. При этом максимальные значения более устойчивы во времени и колеблются в диапазоне 150–160 единиц при наличии локальных максимумов до 200 единиц. Минимальные значения индекса для пушистодубовых лесов являются более низкими, чем для скальнодубовых, и составляют 30–90 единиц при минимальной норме около 50–55.

Эмпирическое обобщение позволяет заключить, что в зависимости от экотопических условий величина фактической продуктивности при нор-

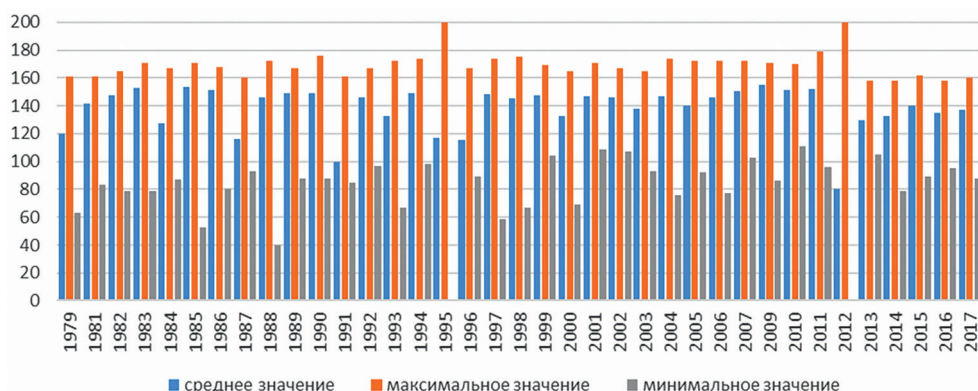


Рисунок 6.4. Многолетнее изменение величин продуктивности для среднегорного ступенчато-склонового ландшафта с дубовыми и смешанными широколиственными лесами.

мальном диапазоне состояний находится в пределах 90–95 м³/га; минимальные значения – 85–90 м³/га, максимальные – 95–100 м³/га.

Рассмотрение временной динамики данного параметра для пушистодубовых лесов показывает большие различия, по сравнению со скальнотубовыми, что подтверждает более существенную зависимость продуктивности не только от условий увлажнения, но и от температурных состояний.

Здесь также возможно выделить определенные волнообразные периоды. Так, с 1979 по 1986 г., с локальным спадом в 1984 г., происходит постепенное увеличение значений продуктивности от нормальных к повышенным. Указанный 1984 г. характеризуется отличающимися циркуляционными состояниями и локальным минимумом осадков.

Период с 1987 по 1996 г. характеризуется существенными колебаниями величины продуктивности, что в итоге во взаимосвязи с гидротермическими состояниями приводит к формированию неустойчивой картины состояния геоэкосистем по величине продуктивности с наличием резких скачков от года к году.

Период с 1997 по 2010 г. характеризуется устойчивыми повышенными значениями продуктивности в диапазоне 138–152 единицы при незначительных понижениях в 2000, 2002 и 2005 гг.

Период с 2010 г. по наши дни характеризуется некоторым понижением величины продуктивности пушистодубовых лесов после резкого локального спада в 2012 г. (явные неблагоприятные засушливые состояния в данном году преобладали в течение практически всех сезонных состояний геоэкосистем).

Следующим типом лесов для рассмотрения выступают сосновые леса. Наибольшие площади среди сосновых лесов в Крыму, по данным Ю. В. Плугатаря [193], занимают леса из сосны крымской. Учитывая это, проведем рассмотрение состояний геоэкосистем по величине продуктивности именно для данного типа леса. Отмечается, что диапазон местообитаний этого вида

сосны по экологическим условиям насчитывает 12 типов, что свидетельствует о широкой экологической нише вида и о возможных существенных различиях в величине продуктивности. Преобладающими по площади выступают экотопы сухого и свежего сугруда среди естественных растительных сообществ.

С учетом того, что сосна – это хвойный вид, по состоянию на август месяц при помощи индекса биомассы можно получить фактические данные о величине биомассы и ее прироста от года к году, что имеет определенное практическое значение. Возможной является разработка каталога значений индекса, полученного дистанционно, и поправки на фактическую продуктивность лесов. Это делает возможным дистанционное зондирование величин прироста биомассы данного вида и составление каталога цветовых и спектральных гамм в будущем.

По данным Ю. В. Плугатаря, наиболее продуктивными являются растительные сообщества сосны крымской в пределах экотопов сухого сугруда с ежегодным приростом биомассы в пределах 2,1–3,5 м³/га [193]. В зрелом возрасте, в диапазоне 180–220 лет, величина фактической общей продуктивности биомассы может достигать в данных лесах 300–400 м³/га.

Для анализа нами выбран ландшафтный контур 74 – среднегорно-склоновый слаборасчлененный с буковыми, смешанными широколиственными и сосновыми лесами – наиболее соответствующий условиям сухого сугруда. На рисунке 6.5 представлены данные относительно многолетней динамики величины продуктивности данных сообществ.

Величины продуктивности сосновых сообществ показывают наличие более незначительного разрыва между средними, максимальными и минимальными значениями, чем у лиственных сообществ. Это связано как с накоплением величины биомассы в хвое к определенному возрастному периоду, так и с относительно постоянной величиной биомассы при достижении сообществами зрелого возраста и при относительном ее постоянстве на про-

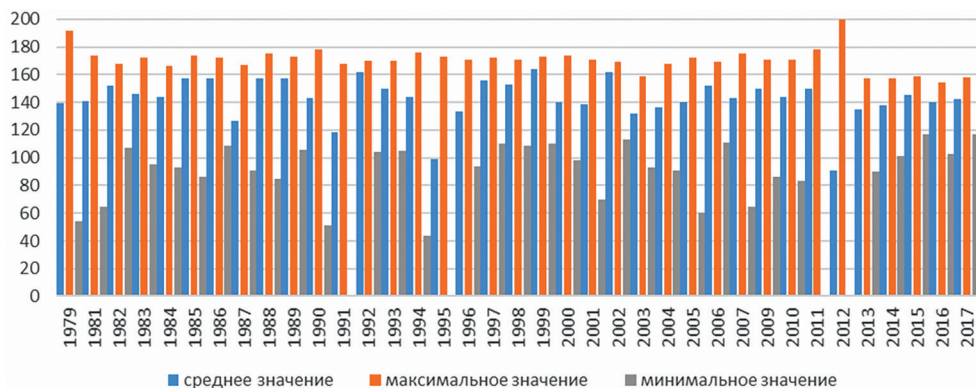


Рисунок 6.5. Многолетнее изменение величин продуктивности для среднегорно-склонового слаборасчлененного ландшафта с буковыми, смешанными широколиственными и сосновыми лесами.

тяжении года в целом. Средняя величина продуктивности находится в диапазоне 150–180 единиц, что в общем выше, чем для ранее рассмотренных скальнодубовых лесов и лесов из дуба пушистого.

Для сообществ сосны крымской за норму величины биологической продуктивности примем значение индекса 165 единиц, что в среднем выше на 10–15 единиц, чем у предыдущих сообществ. Именно данные значения индекса могут быть близки к приросту биомассы в величине $2,1\text{--}3,5\text{ м}^3/\text{га}$. Максимальный диапазон индекса несущественно выше и составляет в среднем 180–185 единиц с единичными случаями возрастания до 200. Минимальные значения более разнообразны; в зависимости от особенностей ландшафтного контура они могут составлять 50, 70, 75 единиц при общей минимальной средней норме 100 единиц. Это свидетельствует о наличии даже в типичных для естественного ареала сосны крымской условиях местообитания местоположений, имеющих относительно неблагоприятные условия для произрастания данного вида.

Рассмотрение межгодовой динамики данного показателя для естественных сосновых лесов в случае усреднения для всего изучаемого контура является несколько затруднительным: в его пределах присутствуют и сообщества буковых лесов, которые в определенной мере и обеспечивают колебание величины продуктивности в межгодовой динамике.

С целью уточнения данного момента нами отдельно был произведен анализ динамики продуктивности сообщества сосны крымской в посадке в пределах массива Битак (г. Симферополь). Контур данных сообществ существенно меньше по площади и практически не сравним по пространственным масштабам с операционно-территориальными единицами используемой ландшафтной карты, однако позволяет определить динамические характеристики величины биомассы. К 1979 г. данные сообщества были уже сформированы. В период с 1979 г. примерно по 1997 г. наблюдается постепенный рост величины продуктивности сообщества с 110 до 140 единиц индекса. Затем рост происходит существенно медленнее, и величина стабилизируется в пределах 155 единиц в дальнейший период, что в общем несколько ниже нормы величины биологической продуктивности для естественных растительных сообществ.

Далее рассмотрим буковые леса. Как справедливо отмечает Ю. В. Плугатарь [193], эта порода крайне требовательна к трофности и влажности почвы, что обуславливает достаточно узкий диапазон экотопических условий, обеспечивающих оптимальные условия для продуктивности данных сообществ. Речь идет о свежих сугрудах и гругах. В данных экотопических условиях при усреднении возрастного состава и состояния лесоводственно-таксационные показатели находятся в пределах величины продуктивности $251\text{--}262\text{ м}^3/\text{га}$ [193].

В рамках ландшафтной дифференциации буковые леса представлены исключительно в среднегорном ландшафтном поясе. Среди данных контуров практически каждый может быть репрезентативным для оценки. Мы выберем контур 76 – горно-долинный с буковыми и смешанными широколиствен-

ными лесами. Этот контур по ландшафтно-экологическим условиям наиболее полно соответствует свежему сугроду.

Данные относительно изменения величин индекса NDVI для этих сообществ во времени приведены на рисунке 6.6.

Необходимо отметить, что индекс листовой поверхности данной группы лесов показывает относительно небольшие значения, сравнимые со значениями для скальнодубовых лесов, однако величина фактической биомассы, накопленной при росте деревьев (с учетом их морфологии) существенно выше. Данная диспропорция должна быть учтена в случае интерпретации данных космического зондирования. В нашем случае для анализа роли состояния геоэкосистем по величине сформированной биомассы достаточно учета биомассы, заключающейся в листовом аппарате, что позволит проследить определенную динамику.

Средняя величина индекса NDVI для сообществ бука будет составлять в норме около 140 единиц, при общем колебании диапазона средних величин по контурам рассматриваемого ландшафта в пределах 130–155 единиц.

Как и в случае с лесами из сосны крымской, для буковых лесов наблюдается достаточно четко выраженный и устойчивый во времени максимальный порог продуктивности на уровне 170 единиц, причем колебания во времени для максимальных единиц от года к году более устойчивы, чем для средних. Минимальные значения, наоборот, более динамичны; в зонах частей ландшафтного контура с более сложными условиями местообитания они существенно колеблются в зависимости от изменения внутригодовых характеристик гидротермических условий. В целом диапазон колебания минимальных величин продуктивности данных сообществ находится в пределах от 50 до 100 единиц.

С учетом того, что порог растительного покрова при интерпретации индекса NDVI начинается при работе со шкалой ArcGIS для лиственных сообществ с 40 единиц, в некоторых частях графика в части минимальных значе-

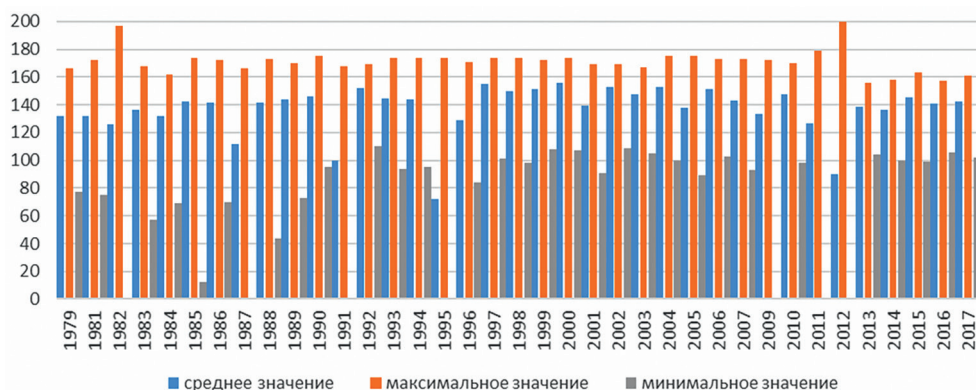


Рисунок 6.6. Многолетнее изменение величин продуктивности для горно-долинного ландшафта с буковыми и смешанными широколиственными лесами.

ний были определены площади хозяйственной подсистемы. В последующих расчетах при поиске корреляционных зависимостей между гидротермическими условиями геоэкосистем и величиной биологической продуктивности данные площади с целью исключения фона будут отбракованы в автоматическом режиме.

Рассматривая временную динамику продуктивности сообществ за выбранный многолетний интервал, отметим наличие определенных скачкообразных периодов двух типов – относительно стабильных величин и резко меняющихся от года к году величин. При этом в диапазоне участков с максимальными значениями колебания относительно стабильны, что позволяет говорить, что величины фактической продуктивности 251–262 м³/га присущи именно данным частям ландшафтного контура, равно как и их тип местообитания – влажный сугруд. Это открывает определенные возможности для дистанционного зондирования данных сообществ.

В период с 1979 по 1986 г. ежегодные величины листовой биомассы данных сообществ постепенно растут в незначительном диапазоне. С 1987 по 1997 г. наблюдаются резкие скачкообразные колебания средних значений нормальной продуктивности с существенными спадами в 1991, 1995 и 1996 гг. Далее, в период с 1998 по 2004 г., величины нормализуются. Затем идет постепенный спад с 2005 по 2011 г. и резкий «провал» в 2012 г. С 2013 г. по настоящее время наблюдается постепенный итеративный рост показателя в средних нормальных значениях величины продуктивности как отражения современного состояния буковых лесов с точки зрения продуктивности.

Следующими рассматриваемыми лесными сообществами выступают можжевельниковые лесные формации. Ю. В. Плугатарь [193] отмечает, что структура данных лесов достаточно устойчива, однако сами древостои являются угнетенными в связи с хозяйственной деятельностью. Также справедливо подчеркивается, что основная ценность данных сообществ состоит не в лесохозяйственном освоении или рекреационной привлекательности, а в научной и природоохранной значимости. Результаты эмпирических наблюдений показывают, что с точки зрения фактической продуктивности данные сообщества имеют самые низкие среди рассмотренных лесных формаций значения. В возрастном пике продуктивность здесь не превышает 100 м³/га.

Отметим, что можжевельниковые леса имеют крайне сложную структуру; к породам-доминантам в данных сообществах могут относиться и лиственные, например дуб пушистый, фисташка туполистная, земляничник мелкоплодный. С точки зрения определения пика вегетационной биомассы это приводит к определенным колебаниям индекса биологической продуктивности. Сам же можжевельник, являясь хвойной породой, обеспечивает относительную стабильность индекса во времени; по его значению возможно судить о тренде развития сообщества (в большинстве случаев, к сожалению, в сторону преобладания деградационных процессов).

Для рассмотрения был выбран контур 103 – ступенчато-склоновое эрозионное низкогорье с широким развитием оползней, с фисташково-дубовыми

и дубово-можжевеловыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами (как наиболее крупный по площади).

На рисунке 6.7 приведена диаграмма динамики и изменения продуктивности данных сообществ. Сразу обращает на себя внимание существенное снижение индекса.

Средняя нормальная величина биологической продуктивности здесь находится в пределах 100–110 единиц индекса NDVI, что в целом соответствует величине фактической продуктивности в 100 м³/га. Максимальные значения индекса могут достигать 150 и даже 160 единиц (в случаях преобладания в сообществе лиственных пород с высокой долей продуктивности листового аппарата). Минимальные значения могут находиться в широком диапазоне на уровне 50–70 единиц, что связано с наличием прогалин и с высокой разреженностью сообществ.

Рассмотрение многолетнего периода дает возможность увидеть намного более стабильные значения величины индекса продуктивности, позволяющие подтвердить заключение об определенной стабильности экологической ниши данных сообществ.

Четкие периоды с дифференцированными значениями, существенно отличающимися друг от друга, в 1979–2017 гг. для можжевеловых сообществ не выделяются, что говорит об относительной стабильности продуктивности данных сообществ, а также о меньшей зависимости их средней и максимальной продуктивности от колебания гидротермических факторов. Минимальные значения индекса испытывают определенные ежегодные колебания, однако четкий тренд здесь не прослеживается; некоторое снижение минимального диапазона индекса между годами связано с наличием неблагоприятных местообитаний в пределах базовых местоположений, в которых доля можжевельника высокого в сообществе снижается и начинают преобладать лиственные породы, что достаточно хорошо визуализируется на соответствующем космическом снимке.

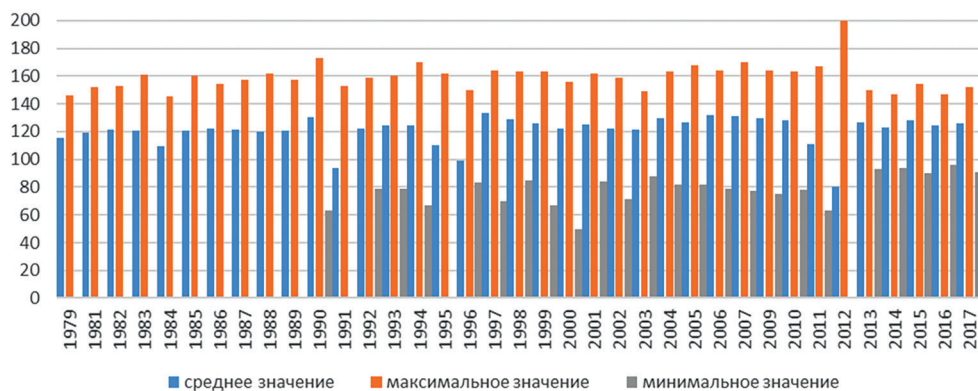


Рисунок 6.7. Многолетнее изменение величин продуктивности для ландшафта ступенчато-склонового эрозионного низкогогорья с широким развитием оползней, с фисташково-дубовыми и дубово-можжевеловыми лесами в комплексе с шибляковыми зарослями и фриганоидами.

Далее на основании построенной методологии возможным является определение соответствующих параметров динамики травянистых сообществ. Это могут быть горно-луговые степи и сохранившиеся участки целинных степей в Равнинном Крыму. В отличие от древесных сообществ, в травянистых сообществах индекс продуктивности существенно более резко реагирует на изменение гидротермических показателей; в зависимости от внутрисезонных состояний и их последовательности может происходить смещение фенофаз во времени как проявления состояния геоэкосистем. Так, например, в августе в засушливые и жаркие годы может уже происходить полное усыхание листового аппарата в сообществе, а во влажные годы, напротив, сообщество может еще иметь пик вегетации. Кроме того, если в эту систему будет добавлена характеристика температур воздуха в период начала вегетации, количество вариантов может быть достаточно большим.

Чтобы искусственно не расширять предложенную выше для лесных геоэкосистем простую систему классификации состояний геоэкосистем в зависимости от величины биологической продуктивности, имеет смысл для травянистых сообществ сохранить ее номенклатуру. Под пониженной величиной биологической продуктивности понимается такое состояние геоэкосистем, при котором в зависимости от гидротермических условий в нормальный период пика вегетации наблюдается уже спад вегетационной активности или даже полное усыхание листового аппарата. Под нормальным состоянием понимается соответствие величины биологической продуктивности на высоком уровне среднегодовым устойчивым фазам вегетации. Под повышенной величиной биологической продуктивности понимается такое состояние, при котором фаза активной вегетации затягивается, а ее пик несколько смещен по времени в сторону опоздания.

Так, например, в нормальном состоянии в августе месяце для травянистых сообществ наблюдаются еще достаточно высокие показатели биологической продуктивности, при пониженном состоянии сообщества уже «выгорают» к данному моменту, а при повышенном происходит превышение величин биомассы над средними для данного периода. Проиллюстрируем это наглядно.

На рисунках 6.8 и 6.9 приведены данные относительно изменения величины биологической продуктивности горно-луговых степей в пределах Караби-яйлы и участков степей в пределах Тарханкутского полуострова последовательно. Первые сообщества соответствуют контуру 83 – волнистые расчлененные плато с горными лугами, а вторые – контуру 23 – структурные денудационно-аккумулятивные пологосклоновые плато с ковыльно-типчаковыми степями.

Резкие разрывы интервала на рисунке 6.8 связаны с отсутствием данных космического зондирования для этой территории в рассматриваемый период с должным качеством снимка и отсутствием облаков.

В целом диапазон колебания индекса NDVI для горно-луговых сообществ составляет от 60 до 180 единиц при средних значениях 110–150. Явным является более существенно межгодовое колебание величин за счет смещения

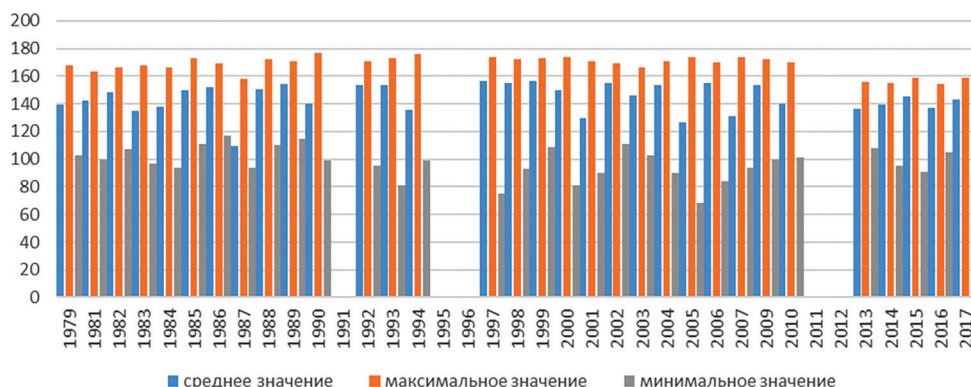


Рисунок 6.8. Многолетнее изменение величин продуктивности для ландшафта волнистых расчлененных плато с горными лугами.

состояний геоэкосистем. Так, например, в 1985 г. средняя нормальная величина индекса составила 150 единиц, а уже в 1987 г. – всего 110 в один и тот же период. Это связано с тем, что 1987 г. был существенно суше и жарче предыдущего. Уже в 1988 г. величина индекса на август месяц для рассматриваемой территории возросла до 155 единиц. Подобные скачки продуктивности горно-луговых степей достаточно часто повторяются в анализируемый период за счет смены межсезонных и сезонных состояний и их сдвига во времени.

Еще более наглядно иллюстрируют данную картину степные сообщества Тарханкутского полуострова (рисунок 6.9). Явно заметно, что колебания даже средних нормальных величин имеют очень широкий диапазон от года к году. Выделяются 1982, 1988, 1993, 2002, 2006 и 2015–2017 гг., когда к августу месяцу в данных сообществах фаза активной вегетации с пиком биомассы на преобладающей площади геоэкосистемы была уже окончена, а величина рассматриваемого индекса в среднем была ниже пороговой.

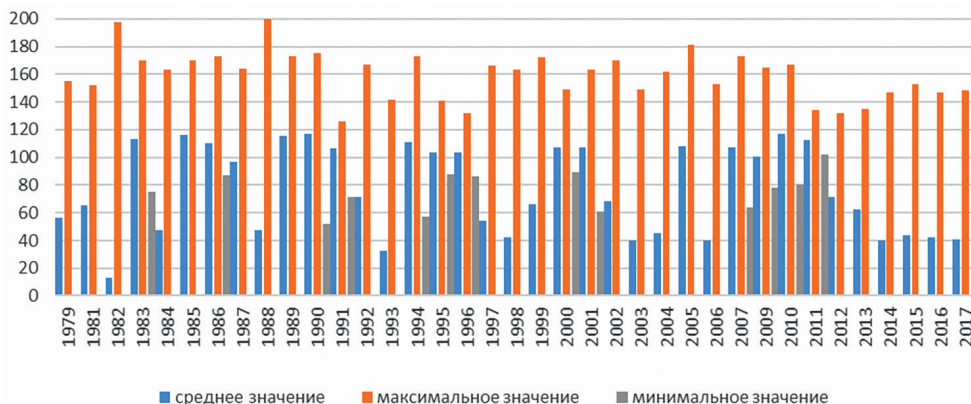


Рисунок 6.9. Многолетнее изменение величин продуктивности для ландшафта структурных денудационно-аккумулятивных пологосклоновых плато с ковыльно-типчаковыми степями.

Противоположны в данном смысле 1983, 1985, 1990, 2001 и 2010 гг., когда в августе месяце продуктивность данных сообществ по количеству зеленой биомассы находилась в пределах 110–120 единиц. Это свидетельствует о некотором запоздании соответствующего состояния геоэкосистем, так как данные сообщества в августе должны характеризоваться низкими значениями индекса в силу своего естественного высыхания. Также на графике достаточно полно детализируются максимальные и минимальные величины продуктивности сообществ. Их резкие колебания от года к году еще более нестабильны, причем пики средних значений и максимумов не всегда совпадают.

6.2.2. Связь продуктивности с динамикой гидротермических условий

Взаимосвязь величины продуктивности геоэкосистем, морфологических параметров растительных сообществ, их структуры и других качественных и количественных показателей в условиях Крыма многократно доказана.

Наша задача состоит не столько в доказательстве наличия пространственно-временной связи между гидротермическими состояниями геоэкосистем и их продуктивностью, сколько в нахождении тесноты данной взаимосвязи в достаточно длинном временном периоде. Подобные работы для геоэкосистем территории всего Крыма за 1979–2017 гг. ранее не проводились, что также составляет новизну исследования и позволяет дополнить и более детально раскрыть материалы и результаты имеющихся работ. Выбранный период является относительно длительным; при используемой методологии он ограничен объективными факторами.

Как отмечалось в разделе, посвященном колебанию климатических параметров, сегодня основным трендом изменения климата выступает увеличение его континентальности. Наша задача состоит в выявлении изменения состояний геоэкосистем полуострова в данных условиях. При этом рассматриваемый интервал ограничен периодом, за который возможно получить многоканальные космические снимки, на основе которых производится оценка продуктивности геоэкосистем как интегрального показателя их динамики.

Для анализа связи продуктивности геоэкосистем с гидротермическими условиями среды выбраны сумма температур за вегетационный период с ограничением до августа и среднегодовая сумма осадков.

Соответствующие базы данных были составлены для трех вариантов параметрических сочетаний, где в качестве объекта анализа выступают различные операционно-территориальные единицы: 1) типы контуров ландшафтной дифференциации Крыма (124 типа контуров); 2) контуры ландшафтной дифференциации в пределах горной части Крыма без типизации (величины определялись для каждого контура, всего выделено 338 контуров); 3) единицы дифференциации сети ООПТ Крыма (59 объектов).

На рисунке 6.10 представлены результаты расчетов пространственной связи показателей тепло- и влагообеспеченности геоэкосистем Крыма и их продуктивности за период 1979–2013 гг.

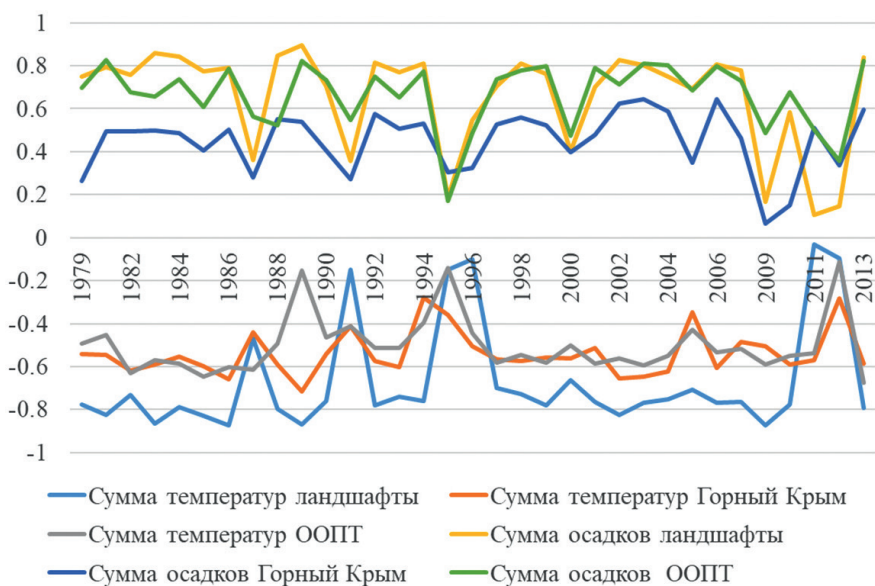


Рисунок 6.10. Динамика показателей пространственной связи показателей тепло- и влагообеспеченности геоэкосистем Крыма и их продуктивности за период 1979–2013 гг. на основе рангового коэффициента.

Рассматривая динамику показателей пространственной связи показателей тепло- и влагообеспеченности геоэкосистем Крыма и их продуктивности за период 1979–2013 гг., на основе рангового коэффициента возможно выделить несколько четко выраженных интервалов данного индекса:

- 1) интервал крайне тесной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах $0,8...0,9$ и $-0,8... -0,9$;
- 2) интервал тесной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах $0,6...0,8$ и $-0,6... -0,8$;
- 3) интервал умеренно тесной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах $0,5...0,6$ и $-0,5... -0,6$;
- 4) интервал незначительной взаимосвязи – величина рангового коэффициента в пределах $0,4...0,5$ и $-0,4... -0,5$;
- 5) интервал практического отсутствия взаимосвязи с точки зрения экологической составляющей при наличии статистически значимых результатов – величина рангового коэффициента в пределах $0,3...0,4$ и $-0,3... -0,4$;
- 6) интервал практического отсутствия взаимосвязи с точки зрения экологической составляющей при отсутствии статистически значимых результатов – величина рангового коэффициента в пределах менее $0,3$ и более $-0,3$.

Обращает на себя внимание наличие широкого диапазона колебания индекса пространственной взаимосвязи продуктивности с температурами воздуха и с осадками. В первом интервале связь является явной и показывает то, что формирование полей осадков и температур выступают в данный конкретный год или период ведущими факторами при формировании величины

продуктивности. Это справедливо и для второго интервала, когда пространственная дифференциация величин осадков может объяснить пространственную структуру величины продуктивности геоэкосистем, например, на 60%, при разработке соответствующей статистической модели.

Показатели третьего интервала занимают промежуточное значение. Здесь статистическая взаимосвязь является явной, однако необходимо отмечать, что рассматриваемый фактор является не единственным ведущим при формировании продуктивности. Например, поля осадков в каждый конкретный год не являются доминирующими при формировании величин продуктивности; в данном случае может возрастать роль как температур, так и других факторов, присущих каждой конкретной геоэкосистеме, будь то трофность, особенности местообитания, последовательности смены внутрисезонных и внутрисуточных состояний и т. д.

Последующие диапазоны говорят уже, скорее, о второстепенной роли фактора при формировании пространственной структуры продуктивности геоэкосистем. Так, четвертый интервал подтверждает наличие пространственной взаимосвязи как таковой на достаточно «плотном» и, что самое главное, статистическом уровне; при этом рассматриваемый фактор не является ведущим, хотя его роль имеет значимое корректирующее значение. В пятом интервале данное корректирующее значение существенно снижается, но все же имеет статистическое выражение, а в шестом интервале оно вообще отсутствует.

В случае рассмотрения сумм температур за период, близкий по продолжительности к периоду вегетации, значение коэффициента находится в отрицательном диапазоне, что в общем виде говорит о том, что чем выше сумма температур вегетационного периода, тем меньше будет величина продуктивности «на выходе» в августе месяце. Здесь суть вопроса состоит в смещении величины пика продуктивности за счет достаточных сумм температур и несколько более раннего наступления соответствующих внутрисезонных состояний, например, со сдвигом на июль.

В случае рассмотрения величин годовых осадков связь с величинами продуктивности является положительной, что говорит о том, что чем выше суммы осадков и их средние величины в разрезе года и каждого конкретного месяца, тем выше величина продуктивности.

Выделенные интервалы позволяют за выбранный временной промежуток выделить несколько достаточно четко выраженных периодов при определении влияния гидротермических состояний геоэкосистем на формирование величины их биологической продуктивности: 1) 1979–1987 гг.; 2) 1987–1996 гг.; 3) 1996–2010 гг.; 4) 2010–2013 гг.

Сразу необходимо отметить, что максимальные значения коэффициентов как для температуры воздуха, так и для осадков были получены для варианта рассмотрения типов контуров ландшафтной дифференциации Крыма (124 типа контуров). Близкие к ним значения получены для сети ООПТ Крыма в случае осадков. Контуры ландшафтной дифференциации в пределах гор-

ной части Крыма без типизации (338 контуров) в случае осадков и температуры во взаимосвязи с продуктивностью геоэкосистем показали более низкие значения как по осадкам, так и по температуре; аналогичные диапазоны показателей представлены и в случае единиц дифференциации сети ООПТ Крыма.

Снижение величин для контуров ландшафтов в пределах Горного Крыма объясняется неучетом ландшафтных контуров в пределах Равнинного Крыма и Керченского полуострова, что не позволяет принимать в расчет динамику продуктивности степных сообществ как наиболее требовательных к гидротермическому режиму. Преимущественные площади в данной выборке представлены лесными геоэкосистемами, многие из которых достаточно однородны по площади и пространственным значениям величины индекса продуктивности. Это в некоторой мере снижает величины пространственной взаимосвязи, так как дифференциация гидротермических состояний в пределах Горного Крыма является существенно более дробной.

В случае выбора для анализа в качестве операционно-территориальных единиц ландшафтных контуров Крыма в их пределы попадают и сельскохозяйственные угодья. Это, на первый взгляд, должно снизить точность рассчитываемых коэффициентов и уменьшить возможность интерполяции данных на природные сообщества. С другой стороны, развитие продуктивности и внутрисезонных состояний степных сообществ по своим фазам часто схожи с агроценозами в части совпадения периодов вегетации их возможного смещения по фазам во времени. Это подтвердил анализ, проведенный с учетом степных сообществ в пределах ООПТ Крыма как возможных операционно-территориальных единиц. Отличие агроценозов состоит в том, что смещение стадии фаз вегетации в сторону ускорения достижения пика продуктивности приводит к тому, что в августе на полях уже достаточно часто произведена уборка урожая. С другой стороны, в естественных степных сообществах в данных случаях происходит усыхание биомассы.

Далее рассмотрим более подробно каждый период.

Первый период характеризуется относительно устойчивыми и достаточно высокими показателями пространственной связи между величинами продуктивности сообществ и величинами гидротермических условий. Показатель пространственной взаимосвязи находится в пределах 0,6 в среднем для рассматриваемых вариантов при незначительных флуктуациях в сторону увеличения до 0,8 в случае осадков и на уровне $-0,6$ в среднем и до $-0,8$ при повышении связи в случаях температур.

Второй период характеризуется заметно менее устойчивыми значениям и колебанием величины пространственной связи в динамике от года к году. Максимальные значения здесь в среднем снижаются до 0,6 по осадкам и до $-0,6$ по температуре, при этом возможны очень резкие скачки в сторону снижения показателей связи в крайне слабый диапазон (осадки $-0,4...0,5$; температура $-0,3...-0,4$) и даже проявление моментов отсутствия пространственной связи.

Третий этап связан со стабилизацией показателей пространственной связи и повышением их до уровня первого этапа, при этом связь продуктивности с температурами более устойчива по времени. В случае осадков присутствуют колебания с определенными спадами до среднего диапазона связи при общем сохранении количественных различий между вариантами выбранных операционно-территориальных единиц.

Четвертый период, близкий к современному этапу, характеризуется нарушением стабильной динамики в рассматриваемых показателях. В современный период наблюдаются их колебания в сторону понижения степени пространственной связи при возможных резких скачках при особо сухих и жарких сезонных состояниях, что в целом достаточно плотно коррелирует со сдвигом сезонных состояний, отмеченном в предыдущем разделе.

Отметим, что выделенные периоды достаточно четко связаны с изменением преобладающих циркуляционных процессов. Выделив данные за 1979–2013 гг. на основе представленных в предыдущих разделах данных о смене циркуляционных эпох и процессов в Крыму, возможно провести сравнительный анализ.

Так, при анализе периодов циркуляционных эпох в заданный интервал с 1979 по 2013 г. попадают два периода МЮЦЭ, начавшейся в 1957 г. Последний период, данной эпохи, как отмечалось выше, продолжается с 1998 г.; это в целом совпадает с границей периода 2 и 3 данного анализа с разницей в 1–2 года, что обусловлено учетом при выделении этих интервалов момента начала спада показателя пространственной связи, а также определенной возможной «задержкой» реакции геоэкосистем на изменение гидротермического режима.

Также отмечается, что с 1957 г. вплоть до 1985 г. абсолютное преобладание имел рост продолжительности северной циркуляции. Барьер в 1985 г. достаточно четко совпадает со сменой 1-го периода данного анализа. Это явно обеспечивало стабильность показателей пространственной связи в 1-й период и некоторое их расхождение во 2-м периоде после смены типа циркуляции. Преобладающими по продолжительности в первой половине этого периода были меридиональные северные ЭЦМ с тремя-четырьмя блокирующими процессами на полушарии, а позднее – с двумя противоположными по направлению блокирующими процессами. Как отмечалось ранее, в 1977–1985 гг. при абсолютном преобладании меридиональной северной циркуляции процессы нарушения зональности стали продолжительнее и преобладали над меридиональными южными. Именно второй период данной циркуляционной эпохи совпадает с 1-м периодом стабильной взаимосвязи между показателями тепло- и влагообеспеченности и величинами продуктивности геоэкосистем.

Анализ быстрого роста меридиональных южных процессов, начавшийся в 1981 г., привел к чередованию в период с 1987 по 1997 г. лет с преобладанием одной из меридиональных групп циркуляции при существенном уменьшении продолжительности зональных, что в общем совпадает со 2-м периодом данного анализа (1987–1996).

В этот период меридиональная южная группа была продолжительнее средней более чем в три раза. Такое положение означало крайнюю неустойчивость атмосферной циркуляции, какой не было за весь предыдущий период. Это выразилось в быстром росте повторяемости метеорологических экстремумов и метеорологически обусловленных опасных природных процессов, а также явно привело к неустойчивым колебаниям пространственной связи гидротермического режима и величины продуктивности геоэкосистем.

Ранее отмечалось, что с 1998 г. по настоящее время при преобладании меридиональной северной циркуляции и минимальной продолжительности зональной происходит уменьшение продолжительности меридиональной южной циркуляции, что обуславливает достаточно продолжительный период стабильной связи продуктивности и основных климатических показателей в 3-м периоде данного анализа.

Обращает на себя внимание то, что спад среднегодовой температуры в 1981–1997 гг. и ее резкий рост в 1998–2013 гг. достаточно явно оказывают влияние на изменение связей с данными параметрами у продуктивности геоэкосистем. Такое повышение связано с увеличением значений летних температур на фоне снижения зимних, то есть происходят увеличение континентальности климата полуострова, и определенная стабилизация реакции геоэкосистем на данные процессы.

Это явление полностью коррелирует с циркуляционными эпохами, описанными выше. Рост температуры воздуха в 1998–2013 гг. связан с ростом в эти периоды антициклонического режима. Период с 1970 по 1997 г. характеризовался выходом с моря южных циклонов, которые в Крыму в среднем за год привели к снижению температуры воздуха и к нестабильности корреляционных связей с продуктивностью геоэкосистем.

Таким образом, на основе границ циркуляционных эпох и циркуляционных периодов можно увидеть тесную взаимосвязь между периодами колебания и стабильными значениями пространственно-временных состояний геоэкосистем с точки зрения реакции их продуктивности на колебание климата. Данное положение основывается на практических данных для геоэкосистем Крыма.

Далее произведем детализацию каждого из предложенных периодов и проведем сравнение возможных к выделению в их пределах этапов с многолетними колебаниями суммарной годовой продолжительности меридиональных северных ЭЦМ с двумя противоположными по направлениям блокирующими процессами (ЭЦМ 9–11-го типов) за 1979–2013 гг. и колебаниями суммарной годовой продолжительности меридиональных северных ЭЦМ с тремя-четырьмя блокирующими процессами (ЭЦМ 12-го типа) за 1979–2013 гг.

Период 1: 1979–1987 гг. В пределах данного периода возможно выделить два этапа. Это этап 1.1 (1979–1982) и этап 1.2 (1982–1987).

Этап 1.1 (1979–1982) характеризуется некоторым незначительным повышением величины пространственной связи продуктивности геоэкосистем

Крыма от величины сумм температур и величин осадков с 0,65 до 0,8 для второго случая и с –0,8 до –0,88 для первого при рассмотрении в качестве операционно-территориальной единицы всех контуров ландшафтов Крыма. В пределах данного временного этапа годовая продолжительность ЭЦМ 12-го типа является минимальной по числу дней за весь рассматриваемый период и составляет около 3–4 дней, а продолжительность ЭЦМ 9–11-го типов имеет максимум за период 1979–2013 гг. и локальный максимум за весь рассматриваемый период на уровне 125 дней.

В пределах этапа 1.2 (1982–1987) наблюдается некоторая стабилизация величины пространственной связи продуктивности с гидротермическими показателями на уровне не менее 0,75 и 0,8 единицы рангового коэффициента. При этом в пределах данного этапа годовая продолжительность ЭЦМ 12-го типа имеет тенденцию к незначительному стабильному росту ближе к средним значениям, а продолжительность ЭЦМ 9–11-го типов имеет тенденцию к снижению, но также относительно незначительному. В целом показатели тоже достаточно стабильны, что неплохо коррелирует со значениями величин стабильной связи с продуктивностью.

Период 2: 1987–1996 гг. Он включает четыре этапа: 2.1 (1987–1990), 2.2 (1991–1992), 2.3 (1992–1994) и 2.4 (1994–1996).

Этап 2.1 (1987–1990) характеризуется резким «провалом» пространственной связи продуктивности до 0,3 единицы значения рангового коэффициента при рассмотрении осадков и –0,4 при рассмотрении температур. Далее наблюдается постепенный рост коэффициентов до нормальных значений, близких к 0,8 и –0,75 соответственно, с дальнейшим постепенным снижением к 1990 г. При этом в пределах данного этапа в 1987 г. также наблюдается «провал» продолжительности ЭЦМ 9–11-го типов до практически минимальных значений и соответствующий локальный пик годовой продолжительности ЭЦМ 12-го типа. Далее значения стабилизируются в сторону роста к 1990 г.

Этап 2.2 (1991–1992) характеризуется резким снижением величин пространственной связи продуктивности геоэкосистем и показателей гидротермических условий до значений крайне слабой взаимосвязи, что во многом обусловлено ростом продолжительности ЭЦМ 12-го типа и снижением продолжительности ЭЦМ 9–11-го типов.

Этап 2.3 (1992–1994) характеризуется локальной стабилизацией величин пространственной связи продуктивности на уровне показателей интервала умеренно тесной взаимосвязи. При этом в пределах данного этапа продолжительность ЭЦМ 9–11-го типов впервые за период переходит в спектр преобладающих по времени, а ЭЦМ 12-го типа, наоборот, имеют локальный минимум.

Этап 2.4 (1994–1996) охарактеризован как временной промежуток крайне резкого спада рассматриваемых корреляционных зависимостей в сторону практического отсутствия достоверных взаимосвязей. При этом четкого отклика в циркуляционных процессах графики не имеют. В общем наблюдается локальный рост продолжительности обоих типов циркуляций, что и может приводить к разнообразию и резкой смене внутрисезонных состояний.

Период 3: 1996–2010 гг. Он включает два продолжительных этапа – 3.1 (1996–2000) и 3.2 (2001–2005) – и два этапа меньшей продолжительности – 3.3 (2005–2007) и 3.4 (2007–2010).

Этап 3.1 (1996–2000) характеризуется циклическим ростом и спадом величины пространственных взаимосвязей с умеренно тесных к тесным значениям с последующим локальным спадом в 2000 г. При этом с меньшей плавностью наблюдается «волна» увеличения продолжительности ЭЦМ 9–11-го типов с постепенным формированием тренда к доминированию этого типа циркуляционных процессов в последующие периоды. Продолжительности ЭЦМ 12-го типа колеблются на уровне средних значений в диапазоне 80–100 дней.

Этап 3.2 (2001–2005) характеризуется стабилизацией пространственных взаимосвязей между продуктивностью геоэкосистем и их гидротермическими характеристиками на уровне максимальных и предмаксимальных значений. При этом в 2001–2005 гг. закрепляется тренд к стабилизации продолжительности ЭЦМ 12-го типа и отмечается незначительный провал в росте продолжительности ЭЦМ 9–11-го типов.

Этап 3.3 (2005–2007) характеризуется локальным спадом зависимостей в пространственном распределении биомассы от гидротермических показателей с определенным формированием будущего тренда к нестабильности данного показателя во времени. Это во многом может быть объяснено резким скачком продолжительности ЭЦМ 12-го типа при относительно стабильных средних значениях ЭЦМ 9–11-го типов.

При этом на этапе 3.4 (2007–2010) происходит самый выраженный пик за весь рассмотренный промежуток времени продолжительности ЭЦМ 12-го типа, что приводит к резкой «разбалансировке» системы пространственных зависимостей продуктивности геоэкосистем при рассмотрении величин осадков и температур. При этом видна определенная задержка реакции геоэкосистем, со сдвигом в 1–2 года, как и в предыдущие периоды.

Период 4: 2010–2013 гг. Он включает два кратких этапа – 4.1 (2010–2012) и 4.2 (2012–2013).

На этапе 4.1 (2010–2012) сохраняются последствия роста и «доминирования» продолжительности ЭЦМ 12-го типа в виде отсутствия пространственных взаимосвязей продуктивности до статистически незначимых уровней, с последующей возможной стабилизацией на этапе 4.2 (2012–2013) в сторону постепенного роста показателей пространственной связи.

Таким образом, резкие скачки роста продолжительности меридиональных северных ЭЦМ с тремя-четырьмя блокирующими процессами (ЭЦМ 12-го типа) приводят к уменьшению величины пространственной взаимосвязи продуктивности геоэкосистем как отклику во времени на изменение гидротермических характеристик. Стабильные же сочетания определенных комбинаций каждого из типов циркуляционных процессов во времени позволяют стабилизировать и пространственные взаимосвязи. Проводя определенные аналогии, предположим, что в следующие десятилетия будет происходить

дальнейшая «разбалансировка» системы продуктивность – гидротермические показатели как отклик геоэкосистем на увеличение континентальности климата.

Рассмотрение конкретных месячных сумм температур показывает, что таковые имеют принципиальное значение при наступлении внутрисезонного состояния геоэкосистем в фазе вегетации, определяя, по сути, период ее начала. Далее, на протяжении вегетационного периода, роль температур в формировании величины биомассы явно ниже. Пик биомассы наступает так или иначе, как в «холодные», так и «теплые» летние сезоны, что обусловлено достаточной общей теплообеспеченностью геоэкосистем Крыма. Осадки выступают лимитирующим фактором развития геоэкосистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие основные выводы:

1. Выполнен анализ формирования научных подходов к изучению функционирования и динамики геоэкосистем, развития данных понятий в историческом разрезе. Выделен ряд этапов в формировании знаний о функционировании геоэкосистем и их динамике. Анализ работ показывает, что, несмотря на значительное количество публикаций, вопросы функционирования и динамики региональных геоэкосистем в условиях глобальных климатических изменений имеют особую важность в силу необходимости адаптации системы природопользования в условиях реакции геоэкосистем на эти изменения.

2. Разработаны научные подходы к оценке функционирования и динамики региональных геоэкосистем в условиях климатических изменений на базе интеграции теоретических и методологических основ экологии и ландшафтной экологии. Обоснована целесообразность использования в качестве операционно-территориальной единицы исследования и сформулировано представление о ландшафтах как региональных геоэкосистемах. Показано, что в условиях климатических изменений функционирование геоэкосистем определяет их индивидуальную стратегию, обуславливающую их дальнейшую динамику и/или развитие. Показано, что исследование реакции геоэкосистем на климатические изменения необходимо производить с учетом циркуляционных процессов Северного полушария, определяющих временные границы циркуляционных эпох и периодов.

3. Разработан комплекс методик, позволяющий оценить реакцию региональных геоэкосистем на климатические изменения, который включает методики изучения пространственно-временной динамики полей основных метеоэлементов на региональном уровне в условиях климатических изменений, функционирования и динамики региональных геоэкосистем в условиях климатических изменений.

4. Проанализированы процессы изменения климата в Крыму с учетом временных границ циркуляционных эпох и периодов Северного полушария. Впервые для территории Крымского полуострова получены карты температуры воздуха и количества атмосферных осадков для каждой циркуляционной эпохи и периода Северного полушария, а также карты динамики полей температуры воздуха и атмосферных осадков в Крыму в связи со сменой циркуляционных эпох и периодов Северного полушария. На основе анализа полученных карт выявлено, что изменение температуры воздуха и количества атмосферных осадков не происходит синхронно, а имеет свои особенности в различных регионах Крымского полуострова, что объясняется влиянием местных факторов.

5. Изучено функционирование региональных геоэкосистем Крымского полуострова в условиях региональных проявлений изменения климата с

точки зрения изменчивости элементов радиационного баланса, температуры воздуха и количества осадков. Рассчитан радиационный баланс основных типов региональных геоэкосистем, показана его пространственно-временная дифференциация. Впервые выявлено пространственное распределение средних значений, стандартного отклонения и энтропии температуры воздуха и количества атмосферных осадков по циркуляционным эпохам и периодам, для основных типов геоэкосистем Крыма. Выявлены ландшафтные стратегии, формирующиеся в региональных геоэкосистемах в условиях изменения факторных пространств.

6. Выявлено, что для территории полуострова характерно смещение экологических ниш геоэкосистем в зону с большими температурами и количеством осадков. В Горном Крыму имеет место наложение экологических ниш, что может указывать на меньшую уязвимость горных геоэкосистем к изменению климата по сравнению с равнинными геоэкосистемами.

7. Впервые на основе данных мультиспектральных космических снимков составлена база данных величины продуктивности геоэкосистем Крыма за период 1979–2017 гг. Выполнен анализ и выявлены закономерности изменения величины биологической продуктивности для основных типов региональных геоэкосистем Крыма. Установлено наличие тесной пространственно-временной связи между гидротермическими условиями геоэкосистем и их продуктивностью. В целом для геоэкосистем Горного Крыма характерно увеличение продуктивности на фоне ее сильного снижения в степных сообществах Равнинного Крыма. Для яйлинских геоэкосистем характерно отсутствие явно выраженной динамики продуктивности за период исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абдурахманов, Г.М. Современное состояние регионального горного биоразнообразия, проблемы его сохранения и рационального использования / Г.М. Абдурахманов, С.Х. Шхагапоев, А.М. Бахтиев, А.А. Теймуров, Р.С. Эрджапова // Проблемы устойчивого развития горных районов Северного Кавказа в условиях глобальных изменений: исследования и практика : материалы Международной научно-практической конференции, Грозный, 12–14 октября 2014 г. / отв. ред. У.Т. Гайрабеков. – Грозный : Чеченский государственный университет, 2014. – С. 162–167.
2. Авессаломова, И.А. Геохимическая трансформация постмелиоративных ландшафтов / И.А. Авессаломова, К.Н. Дьяконов, А.В. Савенко, Т.И. Харитоновна // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2014. – № 2. – С. 17–24.
3. Агроклиматологическая оценка пригодности территории черноморского района Крыма под плодовые культуры / Н.Е. Опанасенко, А.В. Смыков, К.В. Мильчаков, В.А. Рябов, А.П. Евтушенко. – Симферополь : Научный мир, 2015. – 84 с.
4. Амеличев, Г.Н. Спелеогенез в меловых и эоценовых отложениях долин рек Зуя и Бурульча (восточная часть Предгорного Крыма) / Г.Н. Амеличев, А.Б. Климчук, Е.И. Тимохина // Спелеология и карстология. – 2011. – № 7. – С. 52–64.
5. Арефьев, Ю.Ф. Биоразнообразие естественных и искусственных лесных экосистем – общность и особенности / Ю.Ф. Арефьев, М.М. Мамедов // Биологическое разнообразие как основа существования и функционирования естественных и искусственных экосистем : материалы Всероссийской молодежной научной конференции, Воронеж, 8–10 июня 2015 г. – Воронеж : Истоки, 2015. – С. 9–13.
6. Артемова, С.Н. Формирование ландшафтов северной лесостепи (на примере Пензенской области) / С.Н. Артемова, Н.А. Леонова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11 (10). – С. 2180–2184.
7. Атлас: Автономная Республика Крым : справочно-картографическая энциклопедия / под ред. Н.В. Багрова, Л. Г. Руденко. – Киев ; Симферополь : [б. и.], 2003. – 80 с.
8. Багрикова, Н.А. Адвентивные виды растений на территориях природных заповедников Крыма / Н.А. Багрикова // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2013. – Т. 135. – С. 96–106.
9. Багрикова, Н.А. Дифференциация сообществ сегетальной растительности Крыма на градиентах факторов / Н.А. Багрикова // Наука Юга России. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 73–87.
10. Багрова, Л.А. Искусственные лесонасаждения в Крыму / Л.А. Багрова, Л.Я. Гаркуша // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 134–145.
11. Багрова, Л.А. Среодообразующее значение искусственных лесонасаждений / Л.А. Багрова, Л.Я. Гаркуша // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2010. – Т. 23 (62), № 2. – С. 10–21.
12. Байбар, А.С. Температурное поле южно-таежного ландшафта / А.С. Байбар, Ю.Г. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая 2018 г. : в 2 т. / ред.: В.Б. Михнов [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2018. – Т. 1. – С. 300–302.
13. Беляева, Н.Г. Сравнение эколого-фитоценологического и эколого-флористического методов классификации для оценки ценологического разнообразия и картографирования лесной растительности / Н.Г. Беляева, Т.В. Черненко, О.В. Морозова, Р.Б. Сандлерский, М.В. Архипова // Лесоведение. – 2018. – № 3. – С. 178–193.
14. Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем : материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти А.И. Золотухина и Году экологии, Балашов, 17–18 мая 2018 г. / под ред. Г.В. Шляхтина, В.А. Болдырева, В.Б. Любимова, М.А. Заниной, А.Н. Володченко. – Саратов : Саратовский источник, 2017. – 264 с.
15. Бобра, Т.В. Карта современных ландшафтов Крыма / Т.В. Бобра, А.И. Лычак // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2010. – Т. 6, вып. 1–2. – С. 101–104.
16. Бобра, Т.В. Ландшафтные границы: выявление, анализ, картографирование / Т.В. Бобра. – Симферополь : [б. и.], 2005. – 168 с.
17. Бобра, Т.В. Сборник научных статей и эссе на тему организации геопространства, геоэкотонов и экотонизации (2004–2006 гг.) / Т.В. Бобра ; [Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского]. – Симферополь : [б. и.], 2007. – 160 с.
18. Боков, В.А. О смыслах способов оценки увлажнения ландшафтов / В.А. Боков, В.О. Смирнов // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2019. – № 1. – С. 83–92.
19. Боков, В.А. Причинно-следственные отношения в процессах формирования увлажнения ландшафтных комплексов / В.А. Боков, О.Б. Яковлева // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6 (16), вып. 1. – С. 39–56.

20. Боков, В.А. Проблемы оценки увлажнения ландшафтов / В.А. Боков // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2008. – Т. 21 (60), № 2. – С. 47–50.
21. Боков, В.А. Реальны ли ландшафты? / В.А. Боков // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 3–8.
22. Боков, В.А. Роль местоположений в ландшафтном анализе: новый аспект / В.А. Боков, В.О. Смирнов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2–1. – С. 201–210.
23. Боков, В.А. Роль местоположений в формировании ландшафтно-геофизической дифференциации на локальном уровне / В.А. Боков // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 16–26.
24. Боков, В.А. Статистическая природа ландшафтных систем / В.А. Боков // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 3–10.
25. Бондарева, Л.В. Заказник «Караньский» как приоритетная территория для сохранения флористического разнообразия региона Севастополя / Л.В. Бондарева, Н.А. Мильчакова, Т.В. Панкеева // Значення та перспективистаціонарнихдосліджень для збереженнябіорізноманіття : матеріаліміжнародноїнауковоїконференції, присвяченої 50-річчю функціонуваннявисокогірногобіологічногостаціонару «Пожижевська», Львів-Пожижевська, 23–27 вересня 2008 р. – Львів : Інститутекології Карпат НАН України, 2008. – С. 48–49.
26. Бондарева, Л.В. Научное обоснование создания ботанического заказника «Караньский» (Гераклейский полуостров) / Л.В. Бондарева // Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование : материалы III научной конференции, Симферополь, Крым, 22 апреля 2005 г. – Симферополь : [б. и.] 2005. – Ч. 1: География. Заповедное дело. Ботаника. Лесоведение. – С. 145–150.
27. Бондарева, Л.В. Растительность прибрежной зоны Гераклейского полуострова / Л.В. Бондарева // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – Т. 149. – С. 41–54. – <https://doi.org/10.36305/0201-7997-2019-149-41-54>
28. Бондарева, Л.В. Флора общезоологического заказника «Бухта Казачья» (Крым, Черное море) / Л.В. Бондарева, Н.А. Мильчакова // Заповідна справа в Україні. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 36–47.
29. Бондарева, Л.В. Флора сосудистых растений государственного природного заказника регионального значения «Мыс Фиолент» (Крым) / Л.В. Бондарева // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 4 (1). – С. 123–130.
30. Будыко, М.И. Тепловой баланс земной поверхности / М.И. Будыко. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1956. – 256 с.
31. Вантеева, Ю.В. Оценка термодинамических переменных геосистем северо-восточного Прибайкалья на основе мультиспектральной дистанционной информации / Ю.В. Вантеева, Ю.Г. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2017. – № 6. – С. 99–116. – <https://doi.org/10.7868/S0373244417060093>
32. Вантеева, Ю.В. Пространственно-временная динамика энергетических переменных геосистем Приольхонья по данным дистанционного зондирования / Ю.В. Вантеева, Р.Б. Сандлерский // Региональные аспекты изменения природной среды и общества : материалы XIX научной конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока, Иркутск, 3–7 октября 2017 г. – Иркутск : Изд-во ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. – С. 41–43.
33. Василевич, В.И. Функциональное разнообразие растительных сообществ / В.И. Василевич // Ботанический журнал. – 2016. – Т. 101, № 7. – С. 776–795.
34. Вахрушев, Б.А. Криогенные процессы Крымских ял / Б.А. Вахрушев, А.А. Клюкин // Геоморфология. – 2001. – № 2. – С. 48–54.
35. Вахрушев, Б.А. Морфоструктурная позиция Крымских гор в свете современных концепций актуалистической геодинамики / Б.А. Вахрушев, И.Б. Вахрушев // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2–1. – С. 13–22.
36. Вахрушев, Б.А. Районирование карста Крымского полуострова / Б.А. Вахрушев // Спелеология и карстология. – 2009. – № 3. – С. 39–46.
37. Водохранилища в Крыму : [сайт]. – [Постов-на-Дону, 2005]. – URL: <http://www.rostovgid.ru/nature/guides/vodohranilischa-v-krimu.html> (дата обращения: 10.03.2021).
38. Вышкваркова, Е.В. Пространственное распределение экстремальных осадков на территории Крымского полуострова / Е.В. Вышкваркова, Е.Н. Воскресенская // Системы контроля окружающей среды. – 2014. – № 20. – С. 136–139.
39. Гаджимусиева, Н.Т. Динамический баланс йода в экосистеме Западного Прикаспия / Н.Т. Гаджимусиева // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2014. – № 63. – С. 156–159.

40. Гаркуша, Л.Я. Разнообразие ландшафтов Крыма со средиземноморскими элементами флоры / Л.Я. Гаркуша, Л.А. Багрова, Е.А. Позаченюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 36–47.
41. Гаркуша, Л.Я. Изменение растительного покрова Присивашья под влиянием орошения / Л.Я. Гаркуша, Л.М. Соцкова // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2007. – № 2. – С. 55–59.
42. Глущенко, И.В. Методические проблемы подготовки данных для построения SWAT-модели на территорию Крыма / И.В. Глущенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 38–47.
43. Голубев, В.Н. Синэкологические оптимумы высотного распределения некоторых видов растений Горного Крыма / В.Н. Голубев, В.В. Корженевский // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1980. – Вып. 42. – С. 10–14.
44. Горбунов, Р.В. Влияние циркуляции атмосферы на формирование климатических норм температуры воздуха в Крыму / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, Н.К. Кононова, П.С. Калиновский // Окружающая среда и здоровье человека : материалы научно-практического семинара, Симферополь, Россия, 5 июня 2015 г. – Симферополь : КФУ им. В.И. Вернадского, 2015. – С. 6–8.
45. Горбунов, Р.В. Динамика продуктивности дубовых лесов Крымского полуострова / Р.В. Горбунов // Актуальные проблемы экологии и природопользования : в 3-х т. : сборник научных трудов XXI Международной научно-практической конференции, Москва, апрель – сентябрь 2020 г. – Москва : РУДН, 2020. – Т. 1. – С. 284–288.
46. Горбунов, Р.В. Изменение температуры воздуха в Крыму / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, А.В. Дрыгваль, В.А. Табунщик // Социально-экологические технологии. – 2020. – Т. 10, № 3. – С. 370–383. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383>
47. Горбунов, Р.В. Изменение температуры воздуха в Крыму в связи со сменой циркуляционных эпох северного полушария в XX веке – начале XXI века / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, Н.К. Кононова // Системы контроля окружающей среды – 2015 : сборник тезисов докладов Международного научно-технического семинара, Севастополь, 14–18 декабря 2015 г. – Севастополь : ИПТС, 2015. – С. 65.
48. Горбунов, Р.В. Изменение температуры воздуха в Крыму за период инструментальных измерений / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, Е.С. Патлусова // Человек – природа – общество: теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии. – Симферополь : Крымский инженерно-педагогический университет, 2015. – Вып. 1 (8). – С. 26–28.
49. Горбунов, Р.В. Изменение температуры воздуха в Крыму (к вопросам о климатических нормах) / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, Н.К. Кононова // Окружающая среда и здоровье человека : материалы научно-практического семинара, Симферополь, Россия, 5 июня 2015 г. – Симферополь : КФУ им. В.И. Вернадского, 2015. – С. 9–10.
50. Горбунов, Р.В. Изменение температуры воздуха на территории полуострова Крым по циркуляционным эпохам Северного полушария в XX веке – начале XXI века / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова // Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского : сборник тезисов участников I научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых. – Симферополь, 2015. – Т. 3, ч. 1. – С. 128–130.
51. Горбунов, Р.В. Исследование роли макроциркуляционных механизмов в формировании температурных аномалий в Крыму / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, П.С. Калиновский, О.А. Миронюк // Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского : сборник тезисов участников I научной конференции профессорско-преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых. – Симферополь, 2015. – Т. 2. – С. 271–272.
52. Горбунов, Р.В. Использование типизации Б.Л. Дзердзеевского для изучения изменений температуры воздуха в Крыму / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова // Исследование изменений климата с использованием методов классификации режимов циркуляции атмосферы : труды Международной научной конференции, Москва, 16–18 мая 2016 г. / отв. ред. В.А. Семенов, Н.К. Кононова. – Москва : [б. и.], 2016. – С. 99–102.
53. Горбунов, Р.В. Климатические нормы температуры воздуха на территории полуострова Крым / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, Н.К. Кононова // Культура народов Причерноморья. – 2014. – № 278, т. 2. – С. 89–94.
54. Горбунов, Р.В. Ландшафтные исследования в Карадагском заповеднике / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова // Научные исследования в заповедниках и национальных парках России : тезисы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 25-летию юбилею биосферного резервата ЮНЕСКО «Национальный парк «Водлозерский», Петрозаводск, 29 августа – 4 сентября 2016 г. – Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2016. – С. 57.
55. Горбунов, Р.В. Ландшафтные исследования на Карадаге / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития : материалы XII Международной ландшафтной конференции, Тюмень –

- Тобольск, 22–25 августа 2017 г. : в 3 т. / отв. ред. К.Н. Дьяконов. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2017. – Т. 2. – С. 336–340.
56. Горбунов, Р.В. Радиационный баланс буковых лесов Крымского полуострова / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, В.А. Табунщик, А.В. Дрыгваль // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Серия: Естественные и экономические науки. – 2020. – Т. 54, № 3. – С. 44–50.
57. Горбунов, Р.В. Радиационный баланс яйлинских ландшафтов горного Крыма / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, В.А. Табунщик, А.В. Дрыгваль // Современные проблемы геологии, геофизики и геоэкологии Северного Кавказа : коллективная монография по материалам X Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Грозный, 14–16 октября 2020 г. / науч. ред. А.О. Глико, И.А. Керимов. – [Грозный] ; Москва : ИИЕТ РАН, 2020. – Т. 10, ч. 2. – С. 332–336.
58. Горбунов, Р.В. Роль циркуляции атмосферы в изменении температуры воздуха на территории Крымского полуострова в XX веке – начале XXI века / Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, П.С. Калиновский, Н.К. Кононова, О.А. МIRONYUK // Труды Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. – 2016. – № 580. – С. 175–198.
59. Горбунова, Т.Ю. Картографирование ресурсов солнечной энергетики на региональном уровне / Т.Ю. Горбунова, Р.В. Горбунов, С.В. Киселева // Национальная картографическая конференция – 2018 : сборник тезисов Всероссийской научной конференции, Москва, Российская государственная библиотека, 16–19 октября 2018 г. – Москва : Географический факультет МГУ, 2018. – С. 66–68.
60. Горнов, А.В. Оценка сукцессионного статуса хвойно-широколиственных лесов Европейской части России на основе популяционного подхода / А.В. Горнов, М.В. Горнова, Е.В. Тихонова, Н.Е. Шевченко, А.И. Кузнецова, Е.В. Ручинская, Д.Н. Тебенкова // Лесоведение. – 2018. – № 4. – С. 243–257.
61. ГОСТ 17.8.1.01-86 (СТ СЭВ 5303-85) Охрана природы (ССОП). Ландшафты. Термины и определения. – Введ. 1987-07-01. – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2002. – 14 с.
62. Гродзинский, М.Д. Ландшафтна екологія / М.Д. Гродзинський. – Київ : Знання, 2014. – 550 с.
63. Гродзинський, М.Д. Ніші ландшафтів України у просторі кліматичних факторів / М.Д. Гродзинський, Д.В. Свідзінська. – Київ : «Обрії», 2008. – 259 с.
64. Громенко, В.М. Разнообразие и структура биогеоценозов Крымского Присивашья / В.М. Громенко, В.Л. Апостолов, А.В. Ивашов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2016. – № 4 (62). – С. 9–12.
65. Дзердзеевский, Б.Л. Проблема колебаний общей циркуляции атмосферы и климата / Б.Л. Дзердзеевский // А.И. Воейков и современные проблемы климатологии : [сборник] / под ред. М.И. Будыко. – Ленинград : Гидрометеорологическое изд-во, 1956. – С. 109–122.
66. Дзердзеевский, Б.Л. Типизация циркуляционных механизмов в Северном полушарии и характеристика синоптических сезонов / Б.Л. Дзердзеевский, В.М. Курганская, З.М. Витвицкая // Труды научно-исследовательских учреждений Главного управления гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР. Сер. 2. Синоптическая метеорология. – Москва : Гидрометиздат, 1946. – Вып. 21: Центральный институт прогнозов. – 80 с.
67. Дзердзеевский, Б.Л. Циркуляционные механизмы в атмосфере Северного полушария в XX столетии / Б.Л. Дзердзеевский // Материалы метеорологических исследований. – Москва : Наука, 1968. – 240 с.
68. Дидух, Я.П. Растительный покров горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана) / Я.П. Дидух. – Киев : Наукова думка, 1992. – 256 с.
69. Драган, Н.А. Почвенные ресурсы Крыма / Н.А. Драган. – Симферополь : ДОЛЯ, 2004. – 209 с.
70. Дунаева, Е.А. Использование данных дистанционного зондирования для ранней диагностики наступления засушливых условий / Е.А. Дунаева, Д.Е. Плотников, С.А. Хвостиков, Е.С. Ёлкина, Е.С. Барботкина, В.В. Вечерков, С.А. Барталев // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 4 (20). – С. 28–45.
71. Дьяконов, К.Н. Геофизические катены геосистем локального уровня / К.Н. Дьяконов // Ландшафтная география в XXI веке : материалы международной научной конференции «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвященные 100-летию со дня рождения Г.Е. Гришанкова», Симферополь, 11–14 сентября, 2018 г. / ред.: Е.А. Позаченюк [и др.]. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – С. 29–33.
72. Ена, Ан.В. Природная флора Крымского полуострова / Ан.В. Ена. – Симферополь : Н. Оріанда, 2012. – 232 с.
73. Ена, В.Г. Заповедные ландшафты Тавриды / В.Г. Ена, Ал.В. Ена, Ан.В. Ена. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2013. – 438 с.
74. Ена В.Г. Физико-географическое районирование Крымского полуострова / В.Г. Ена // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 1960. – № 2. – С. 33–43.
75. Енчилик, П.Р. Биогеохимическая дифференциация фитомассы южно-таежных ландшафтов Центрально-лесного заповедника / П.Р. Енчилик, Е.Н. Асеева, И.Н. Семенов, Е.В. Терская, Н.С. Каси-

- мов // Почвы в биосфере : сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10–14 сентября 2018 г. / отв. ред. А.И. Сысо. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – Ч. 1. – С. 15–19.
76. Ергина, Е.И. Почвенные эталоны и редкие почвы Равнинного Крыма / Е.И. Ергина, Р.В. Горбунов, А.Д. Щербина. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – 168 с.
77. Ергина, Е.И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове / Е.И. Ергина. – Симферополь : Ариал, 2017. – 220 с.
78. Ермаков, Н.Б. Организация мониторинга редких и исчезающих видов растений и растительных сообществ на основе дистанционного зондирования / Н.Б. Ермаков, Е.В. Ермакова // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий : материалы круглого стола, посвященного Году экологии в Российской Федерации : Международная научная школа-конференция студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири – 20 лет пути», Абакан, 1 декабря 2017 г. / отв. ред. В.В. Аношин. – Абакан : Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова., 2017. – Вып. 21. – С. 31–36.
79. Ермаков, Н.Б. Отображение пространственной организации растительного покрова на разных масштабных уровнях / Н.Б. Ермаков // Современные технологии в изучении биоразнообразия и интродукции растений : сборник материалов международной научной конференции, посвященной 90-летию Ботанического сада Южного федерального университета, 17–21 сентября 2017 г. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2017. – С. 11–12.
80. Ермаков, Н.Б. Создание крупномасштабных эколого-фитоценологических карт как информационная основа мониторинга и сохранения регионального фиторазнообразия / Н.Б. Ермаков, В.В. Корженевский, Ю.В. Плугатарь // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты) : материалы VIII Международной научно-практической конференции, Ялта, 1–5 октября 2018 г. / отв. ред. И.В. Митрофанова. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – С. 129–130.
81. Есеналиева, М.К. Оценка экологического состояния экосистем / М.К. Есеналиева, С.Г. Чекалин, Б.А. Зимхан // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (68). – С. 201–204.
82. Завалишин, Н.Н. Моделирование динамики биотического круговорота в болотных ландшафтах Южной и Средней тайги Западной Сибири / Н.Н. Завалишин // Углеродный баланс болот Западной Сибири в контексте изменения климата : материалы международной конференции, Ханты-Мансийск, 19–29 июня 2017 г. / под ред. Е.Д. Лапшиной, Н.П. Миронычевой-Токаревой. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. – С. 57–59.
83. Замолодчиков, Д.Г. Антропогенная и естественная компоненты динамики температуры территории России / Д.Г. Замолодчиков // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2013. – № 1. – С. 36–42.
84. Замолодчиков, Д.Г. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990–2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, Г.Н. Коровин, М.Л. Гитарский, В.Г. Блинов, В.В. Дмитриев, В.А. Курц // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 10. – С. 73–92.
85. Замолодчиков, Д.Г. Современные антропогенные модификации глобальных биогеохимических циклов / Д.Г. Замолодчиков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 23–32.
86. Зеленская, Н.Н. Изменение функциональных параметров северного изолированного фрагмента степей при потеплении климата / Н.Н. Зеленская // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 25 (246). – С. 5–13.
87. Зеленская, Н.Н. Режимы содержания степей в малых заповедниках и теория функционирования экосистем / Н.Н. Зеленская, А.С. Керженцев // Степной бюллетень. – 2015. – № 43–44. – С. 7–11.
88. Зеленская Н.Н. Структурно-функциональное единство растительности и почвы – механизм функционирования экосистем (в связи с посадкой киотских лесов в степной зоне) / Н.Н. Зеленская, А.С.Керженцев// Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 3 (146). – С. 121–126.
89. Зеленская, Н.Н. Отклик целостной экосистемы на потепление климата / Н.Н. Зеленская // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 2. – С. 44–49. – <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2017-2-044-049>
90. Зелепукина, Е.С. Ландшафтная структура высотной экотонной полосы высокогорного массива Монгун-Тайга / Е.С. Зелепукина, С.А. Гаврилкина, С.Н. Лесовая, О.В. Галанина // Известия Русского географического общества. – 2018. – Т. 150, вып. 2. – С. 33–47.
91. Зильберман, М.В. Устойчивость функционирования экосистем в рамках динамической модели взаимодействия биомассы и ресурсов / М.В. Зильберман, М.В. Черепанова // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 5. – С. 59–65.

92. Зуев, А.В. Климатические изменения как фактор трансформации растительного покрова на примере Карадагского ландшафтно-экологического стационара / А.В. Зуев, В.Ю. Летухова, Е.А. Зуева // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2020. – Вып. 1 (13). – С. 77–98.
93. Ивашов, А.В. Оценка разнообразия флоры и фауны биогеоценозов Крымского Присивашья / А.В. Ивашов, В.М. Громенко, В.Б. Пышкин // Экология и ноосферология. – 2010. – Т. 21, № 1–2. – С. 19–27.
94. Ивашов, А.В. К вопросу о содержании современной экологии / А.В. Ивашов // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – № 5 (24). – С. 3–10.
95. Ильин, Ю.П. Вековые изменения температуры воздуха в Черноморском регионе и их сезонные особенности / Ю.П. Ильин, Л.Н. Репетин // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2006. – № 14. – С. 433–448.
96. Исаченко, Г.А. Динамика бореальных ландшафтов запада Европейской части России за последние десятилетия / Г.А. Исаченко // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая 2018 г. : в 2 т. / ред.: В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2018. – Т. 1. – С. 39–41.
97. Исаченко, Г.А. Концепция многолетней динамики ландшафтов и вызовы времени / Г.А. Исаченко // Вопросы географии. – 2014. – № 138. – С. 215–232.
98. Исаченко, Г.А. Некоторые итоги стационарных исследований динамики ландшафтов южной тайги Северо-Запада Европейской России [Текст] / Г.А. Исаченко // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения : материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 120-летию со дня рождения Г.М. Крепса и 110-летию со дня рождения О.И. Семенова-Тян-Шанского, Апатиты, 10–14 октября 2016 г. / отв. ред. Г.А. Евдокимова, О.И. Вандыш. – Апатиты : Колыский научный центр РАН, 2016. – С. 95–98.
99. Исаченко, Г.А. Опыт интерпретации изменений культурного ландшафта с позиций динамического ландшафтоведения / Г.А. Исаченко // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2017. – Т. 1. – С. 20–34. – <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-1-20-34>
100. Исков, В.П. Методы исследований лесных экосистем Крыма / В.П. Исков, Ю.В. Плугатарь, В.П. Коба. – Симферополь : АРИАЛ, 2014. – 252 с.
101. Исков, В.П. Формовое разнообразие древесных растений природной флоры Крыма / В.П. Исков // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2014. – Т. 136. – С. 55–66.
102. Казеев, К.Ш. Биодиагностика почв: методология и методы исследования / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2012. – 260 с.
103. Капица, А.П. Мониторинг состояния экосистем Севера / А.П. Капица, Е.И. Голубева, В.И. Кравцова, А.В. Краснушкин, И.К. Лурье, В.Б. Малышев, У.Г. Рис, О.В. Тутубалина // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2005. – № 2. – С. 82–91.
104. Карелин, Д.В. Баланс углерода в тундре в условиях современного климата: роль подземной составляющей чистой продукции / Д.В. Карелин, Д.Г. Замолотчиков // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 458, № 2. – С. 243–245.
105. Климат и опасные гидрометеорологические явления Крыма / под ред. К.Т. Логвиновой, М.Б. Барабаша. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1982. – 318 с.
106. Климатический атлас Крыма : научно-справочное пособие / под ред. И.П. Ведя. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2000. – 120 с.
107. Климчук, А.Б. Гипогенный карст восточной части Внутренней гряды Предгорного Крыма / А.Б. Климчук, Г.Н. Амеличев, Е.И. Тимохина, С.В. Токарев // Спелеология и карстология. – 2012. – № 8. – С. 18–49.
108. Климчук, А.Б. Карстопоявления юго-западной части Предгорного Крыма с позиций теории гипогенного спелеогенеза / А.Б. Климчук, Г.Н. Амеличев, Е.И. Тимохина // Спелеология и карстология. – 2009. – № 2. – С. 35–53.
109. Климчук, А.Б. Морфогенетический анализ пещеры Таврская (Внутренняя гряда Предгорного Крыма) / А.Б. Климчук, Е.И. Тимохина // Спелеология и карстология. – 2011. – № 6. – С. 36–52.
110. Климчук, А.Б. Определение возраста рельефа и скорости денудации юго-западной части Внутренней гряды Горного Крыма по карстолого-спелеологическим данным / А.Б. Климчук, Е.И. Тимохина, Г.Н. Амеличев, Ю.В. Дублянский, М. Штаубвассер // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 55–69.
111. Коба, В.П. Биопродуктивность и экологический потенциал природных популяций видов рода *Pinus L.* / В.П. Коба // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2009. – Т. 22, № 3 (61). – С. 57–62.
112. Коба, В.П., Жигалова Т.П. Климатические факторы и динамика пожаров в лесах Горного Крыма / В.П. Коба, Т.П. Жигалова // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 52–58.

113. Ковда, В.А. Действительно ли современные почвы не имеют истории? / В.А. Ковда // Почвоведение. – 1969. – № 6. – С. 155–190.
114. Колебания циркуляции атмосферы северного полушария в XX – начале XXI века : [сайт]. – URL: <http://atmospheric-circulation.ru> (дата обращения: 10.03.2021).
115. Колесенков, А.Н. Разработка алгоритма аэрокосмического ГИС-мониторинга экосистем / А.Н. Колесенков, П.Н. Юрьев // Актуальные проблемы математики и информатики: теория, методика, практика : сборник научных трудов. – Елец : Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина, 2015. – С. 149–153.
116. Коломыц, Э.Г. Биоклиматическая систем Курильских островов / Э.Г. Коломыц // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2018. – № 3. – С. 79–90.
117. Коломыц, Э.Г. Дендроиндикация климатогенной динамики продуктивности лесных экосистем на Тихоокеанском мегаэктоне Северной Евразии / Э.Г. Коломыц, П.С. Петренко // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 1. – С. 131–138.
118. Коломыц, Э.Г. Избранные очерки географической экологии: Часть I: Базовый ландшафтно-экологический анализ / Э.Г. Коломыц // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 1. – С. 15–129.
119. Коломыц, Э.Г. Избранные очерки географической экологии: Часть II: Ландшафтно-экологические прогнозы / Э.Г. Коломыц // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 2. – С. 5–146.
120. Коломыц, Э.Г. Количественная оценка функциональной устойчивости лесных экосистем / Э.Г. Коломыц, Л.С. Шарая // Экология. – 2015. – № 2. – С. 83–94.
121. Коломыц, Э.Г. Устойчивость лесных экосистем, методы ее исчисления и картографирования / Э.Г. Коломыц, Л.С. Шарая // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 93–107.
122. Коломыц, Э.Г. Эволюционная экология бореальных лесов на Тихоокеанском мегаэктоне Северной Евразии / Э.Г. Коломыц // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 5–139.
123. Коломыц, Э.Г. Экспериментальная географическая экология. Записки географа-натуралиста / Э.Г. Коломыц. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2018. – 716 с.
124. Кондратьев, А.Д., Экологическая безопасность ракетно-космической деятельности / А.Д. Кондратьев, Н.С. Касимов, П.П. Кречетов, Т.В. Королева, О.В. Черницова, А.В. Шарапова ; под ред. Н.С. Касимова. – Москва : Изд-во «Спутник+», 2015. – 280 с.
125. Кононова Н.К. Изменение годовых сумм осадков и температуры воздуха в Карадагском заповеднике в XX веке – начале XXI века / Н.К. Кононова, Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова // Научные исследования на заповедных территориях : тезисы докладов Всероссийской научной конференции, посвященной 160-летию со дня рождения основателя Карадагской научной станции, доктора медицины, приват-доцента Московского университета Терентия Ивановича Вяземского, а также Году особо охраняемых природных территорий и Году экологии в России / под общ. ред. Р.В. Горбунова. – Симферополь : Ариал, 2017. – С. 66.
126. Кононова, Н.К. Связь экстремальных осадков в Крыму с макроциркуляционными процессами / Н.К. Кононова, Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, В.А. Лапченко, М.С. Сафонова // Сложные системы. – 2020. – № 3 (36). – С. 4–29.
127. Кононова, Н.К. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзержевскому / Н.К. Кононова ; отв. ред. А.Б. Шмакин. – Москва : Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
128. Кононова, Н.К. Циркуляция атмосферы в Европейском секторе Северного полушария в XXI веке и колебания температуры в Крыму / Н.К. Кононова // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, вып.1. – С. 633–639.
129. Константинов, А.В. Влияние изменений климата в голоцене на формирование разнообразия современных лесов и их трансформация к концу XXI века в Европейской части России / А.В. Константинов, В.Г. Сергиенко // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 3 (23). – С. 19–29.
130. Коньшина, Е.В. Использование данных MODIS MCD 45 для пространственно-временного анализа лесных пожаров в ландшафтах лесной зоны Европейской части России / Е.В. Коньшина // Ландшафтно-экологическое состояние регионов России : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 19–21 мая 2015 г. / отв. ред. В.Б. Михно. – Воронеж : Истоки, 2015. – С. 82–86.
131. Корженевский, В.В. Биоиндикация современных процессов рельефообразования : учебное пособие / В.В. Корженевский, А.А. Клюкин. – Ялта : ЯИМ, 2000. – 138 с.
132. Корженевский, В.В. Геохимические особенности модельного мониторингового профиля Опукского природного заповедника / В.В. Корженевский, Е.Ю. Дубс, Ю.В. Корженевская // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2013. – Т. 135. – С. 58–67.

133. Корженевский, В.В. Растительность гротов Крыма / В.В. Корженевский, А.А. Клюкин // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1989. – Вып. 70. – С. 14–19.
134. Корженевский, В.В. Растительность дюн Крыма / В.В. Корженевский // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 1986. – Т. 98. – С. 122–133.
135. Корженевский, В.В. Растительность клифа Азовского побережья Крыма / В.В. Корженевский // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1987. – Вып. 62. – С. 5–10.
136. Корженевский, В.В. Фитоиндикация прибрежных форм рельефа Керченского полуострова / В.В. Корженевский, А.А. Квитницкая, А.А. Едигарян, З.Ф. Лысович // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2012. – Вып. 104. – С. 17–22.
137. Корженевский, В.В. Фитоиндикация рельефа возвышенностей Керченского полуострова на примере Казантипа / В.В. Корженевский, А.А. Клюкин // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 1986. – Т. 98. – С. 111–122.
138. Корженевский, В.В. Фитоиндикация рельефообразования и опыт ее применения / В.В. Корженевский, А.А. Квитницкая // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2010. – Вып. 100. – С. 5–28.
139. Корженевский, В.В. Фитоиндикация суффозионных явлений на грязевулканических брекчиях в Крыму / В.В. Корженевский, А.А. Квитницкая // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – № 1 (20). – С. 32–44.
140. Корженевский, В.В. Фитоиндикация эолового рельефа Крыма / В.В. Корженевский, А.А. Квитницкая // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 1-1. – С. 89–96.
141. Корсакова, С.П. Анализ временной изменчивости характеристик термического режима на Южном берегу Крыма / С.П. Корсакова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2018. – Вып. 128. – С. 100–111. – <https://doi.org/10.25684/NBG.boolt.128.2018.13>
142. Корсакова, С.П. Оценка экологического режима местообитаний растений в условиях изменения климата / С.П. Корсакова, В.В. Корженевский // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2018. – № 4 (8). – С. 26–33.
143. Корсакова, С.П. Реакция феноиндикаторов умеренных широт на изменение климата в сухих субтропиках: моделирование и прогноз / С.П. Корсакова // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 3. – URL: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3/st_359.doc (дата обращения: 10.03.2021).
144. Косовець, О.О. Зміни клімату Криму у порівнянні з змінами клімату в континентальній Україні / О.О. Косовець, О.А. Доніч // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 657–659.
145. Костенко, И.В. Атлас почв Горного Крыма : научно-справочное пособие / И.В. Костенко. – Киев : Редакция журнала «Аграрная наука», 2014. – 184 с.
146. Костенко, И.В. Влияние искусственных лесных насаждений на горно-луговые почвы Крыма / И.В. Костенко // Почвоведение. – 2018. – № 5. – С. 515–525. – <https://doi.org/10.7868/S0032180X18050015>
147. Костенко, И.В. Сравнительная характеристика горно-лесных и горно-луговых почв Долгоруковской яйлы (Горный Крым) / И.В. Костенко, Н.Е. Опанасенко // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 791–802. – <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070072>
148. Костин, С.Ю. Орнитокомплексы агроценозов Горного Крыма / С.Ю. Костин, Н.А. Багрикова // Птицы и сельское хозяйство: современное состояние, проблемы и перспективы изучения : материалы I Международной орнитологической конференции, Москва, 17–18 ноября 2016 г. – Москва : Фирма Знак, 2016. – С. 144–149.
149. Костин, С.Ю. Лесомелиорация как фактор трансформации орнитофауны Равнинного Крыма / С.Ю. Костин // Наука Юга России. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 98–108.
150. Крайнюк, Е.С. Ресурсный потенциал природной флоры Крыма [Текст] / Е.С. Крайнюк // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине : сборник научных трудов Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВИЛАР, Москва, 23–25 июня 2016 г. / отв. ред. Л.Н. Зайко – Москва : Щербинская типография, 2016. – С. 93–96.
151. Крайнюк, Е.С. Современное состояние растительного покрова природного заповедника «Мыс Мартыан» / Е.С. Крайнюк // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыан». – 2013. – Вып. 4. – С. 38–46.
152. Куклин, А.К. Экстремальные значения температуры воздуха и морской воды в прибрежной зоне Южного берега Крыма / А.К. Куклин, Н.Я. Кукулина, О.А. Шабалина, С.А. Майборода // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2012. – № 26-1. – С. 284–290.
153. Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов в юго-восточной части Горного Крыма / под ред. В.А. Бокова. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2001. – 136 с.

154. Ландшафтно-экологический стационар Карадагского природного заповедника / под ред. А.Л. Морозовой, Ю.И. Будашкина, В.А. Бокова. – Симферополь : Таврия-Плюс, 1999. – Вып. 1. – 110 с.
155. Лемешко, Н.А. Изменения температуры воздуха в Азово-Черноморском бассейне и на территории Крыма / Н.А. Лемешко, В.П. Евстигнеев, В.А. Наумова // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 7. Геология и География. – 2014. – Вып. 4. – С. 131–143.
156. Лобанов, Г.В. Многолетняя динамика NDVI как характеристика функционирования лесных ландшафтов (на примере Брянского учебно-опытного лесничества) / Г.В. Лобанов, А.И. Башкирский, А.Ю. Зверева, Б.В. Тришкин, А.П. Протасова // Ученые записки Брянского государственного университета. – 2016. – № 2. – С. 57–61.
157. Львова, Е.В. Равнинный Крым. Геологическое строение, гидрогеология, охрана природы / Е.В. Львова. – Киев : Наукова думка, 1978. – 188 с.
158. Лычак, А.И. Новые подходы к геоэкологическому анализу и прогнозу антропогенной трансформации ландшафтов Крыма / А.И. Лычак, Т.В. Бобра // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 146–154.
159. Лычак, А.И. Прогнозное моделирование геоэкологических ситуаций в Крыму с использованием SWAT-модели / А.И. Лычак, Т.В. Бобра, В.О. Яшенков // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 3. – С. 116–121.
160. Малышева, Н.В. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчетов депонирования углерода / Н.В. Малышева, Б.Н. Моисеев, А.Н. Филиппчук, Т.А. Золина // Лесной вестник = Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21, № 1. – С. 4–13.
161. Мамай, И.И. Динамика и функционирование ландшафтов : учебное пособие / И.И. Мамай. – Москва : Изд-во МГУ, 2005. – 138 с.
162. Мамай, И.И. Динамика ландшафтов / И.И. Мамай. – Москва : Изд-во МГУ, 1992. – 167 с.
163. Мамай, И.И. Закономерности развития природных территориальных комплексов в летние сезоны (на примере юго-восточной Мещеры) / И.И. Мамай // Известия Русского географического общества. – 2010. – Т. 142, № 1. – С. 21–31.
164. Мамай, И.И. О вкладе весенних состояний природных территориальных комплексов в их развитие / И.И. Мамай // Известия Русского географического общества. – 2008. – Т. 140, № 4. – С. 9–20.
165. Мамай, И.И. О вкладе зимних состояний природных территориальных комплексов в их развитие / И.И. Мамай // Известия Русского географического общества. – 2007. – Т. 139, № 4. – С. 18–29.
166. Мамай, И.И. Основы методики изучения динамики ландшафтов : учебное пособие / И.И. Мамай. – Москва : МГУ, 1987. – 203 с.
167. Мамай, И.И. Оценка развития природных территориальных комплексов / И.И. Мамай // География и природные ресурсы. – 2007. – № 2. – С. 134–139.
168. Мамай, И.И. Пространственные закономерности временных свойств природных территориальных комплексов / И.И. Мамай, И.В. Мироненко // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2010. – № 4. – С. 10–17.
169. Мамай, И.И. Развитие ландшафтов Мещеры за несколько десятилетий / И.И. Мамай, И.В. Мироненко, С.Б. Роганов, В.М. Матасов, А.И. Глухов, А.В. Федин, Г.В. Лапонова // Ландшафтный сборник (Развитие идей Н.А. Солнцева в современном ландшафтоведении). «Солнцевские чтения», посвященные 110-летию со дня рождения основателя ландшафтно-географической школы Московского университета – Николая Адольфовича Солнцева-Эльбе, Москва, 24 мая 2012 г. / под ред. И.И. Мамай. – Москва : Смоленск : Ойкумена, 2013. – С. 58–87.
170. Мелентьев, В.В. Возможности спутниковой СВЧ-радиометрии для широтной-зональной дифференциации ландшафтов Западной Сибири / В.В. Мелентьев, И.В. Мателенок // Лесоведение. – 2014. – № 5. – С. 54–64.
171. Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод / В.М. Гольдберг, С.Г. Мелькановицкая, В.М. Лукьянчиков ; под ред. В.И. Кузнецова ; Всероссийский научно-исследовательский институт гидрогеологии и инженерной геологии. – Москва : ВСЕГИНГЕО, 1988. – 61 с.
172. Методы биодиагностики наземных экосистем / К.Ш. Казеев, С.И. Колесников, Ю.В. Акименко, Е.В. Даденко. – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2016. – 356 с.
173. Миронова, Л.П. Особенности влияния абиотических факторов среды на показатели продукционного и деструкционного процессов в условиях Карадагского заповедника / Л.П. Миронова, О.Г. Растворова // Труды Карадагского филиала Института биологии южных морей им. А.О. Ковалевского, НАН Украины : сборник научных трудов. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 1997. – С. 191–199.
174. Миронова, Л.П. Эколого-биологическая структура и динамика растительных сообществ Карадагского заповедника : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16 – экология / Людмила Петровна Миронова. – Днепропетровск, 1991. – 17 с.

175. Мушаева, К.Б. Оценка современного состояния агропастбищных ландшафтов полупустынной зоны Республики Калмыкия с применением ГИС-технологий / К.Б. Мушаева // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. – 2015. – № 1 (11). – С. 100–106.
176. Нестеренко, В.П. Закономерности формирования климатических изменений и их прогноз на территории Крыма / В.П. Нестеренко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 18 (239). – С. 115–122.
177. Одум, Ю. Основы экологии : пер. с 3-го англ изд. / Ю. Одум. – Москва : Мир, 1975. – 744 с.
178. Олиферов, А.Н. Реки и озера Крыма / А.Н. Олиферов, З.В. Тимченко. – Симферополь : ДОЛЯ, 2005. – 216 с.
179. Опанасенко, Н.Е. Агроэкологические ресурсы и районирование Степного и Предгорного Крыма под плодовые культуры / Н.Е. Опанасенко, И.В. Костенко, А.П. Евтушенко. – Симферополь : Научный мир, 2015. – 216 с.
180. Опанасенко, Н.Е. Скелетные почвы Крыма и плодовые культуры / Н.Е. Опанасенко ; Национальная академия аграрных наук Украины, Никитский ботанический сад – национальный научный центр. – Херсон : Савченко А.В., 2014. – 333 с.
181. Панин, А.Г. Взаимодействие природных компонентов и его роль в формировании ландшафтов на примере Западного Крымского Предгорья / А.Г. Панин // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 81–99.
182. Панин, А.Г. Многоступенные высотно-ярусная и экспозиционно-секторная составляющие дифференциации топографической поверхности как основа организации геосистем Западного Крымского Предгорья [Текст] / А.Г. Панин // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2–3. – С. 302–306.
183. Панкеева, Т.В. Методические аспекты изучения конфликтов природопользования побережья / Т.В. Панкеева, Е.С. Каширина, А.Ю. Панкеева // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4 (70), № 3. – С. 151–163.
184. Панкеева, Т.В. Пространственная взаимосвязь охраняемых видов растений с ландшафтной структурой природного парка «Максимова дача» / Т.В. Панкеева, Е.С. Каширина, С.А. Свиринов, Н.В. Миронова, Е.И. Голубева // Экосистемы. – 2020. – № 22 (52). – С. 39–52. – <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2020-22-39-52>
185. Парубец, О.В. Анализ климатических рядов Крымского полуострова / О.В. Парубец // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – № 20. – С. 154–164.
186. Пасынков, А.А. Экологические проблемы сохранения и использования бальнеологических ресурсов соленых озер Крыма / А.А. Пасынков, Л.М. Соцкова, В.И. Чабан // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 97–117.
187. Паштецкий, В.С. Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым / В.С. Паштецкий. – Симферополь : АРИАЛ, 2015. – 276 с.
188. Петлін, В.М. Стратегія ландшафту / В.М. Петлін. – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2007. – 288 с.
189. Петренко, П.С. Пространственная организация лесных топогеосистем Нижнего Приамурья / П.С. Петренко // География и природные ресурсы. – 2017. – № 3. – С. 36–45. – [https://doi.org/10.21782/GiPR0206-1619-2017-3\(36-45\)](https://doi.org/10.21782/GiPR0206-1619-2017-3(36-45))
190. Петренко, П.С. Теоретико-информационный подход и опыт его применения при исследовании природных комплексов / П.С. Петренко // Амурский научный вестник. – 2016. – № 3. – С. 108–113.
191. Пичугин, Е.А. Оценка ассимиляционной емкости экосистемы при размещении в ней дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама / Е.А. Пичугин, М.В. Зильберман, Б.Е. Шенфельд // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 4. – С. 242–246.
192. Плугатар, Ю.В. ІзлісівКриму / Ю.В. Плугатар. – Харків : Нове слово, 2008. – 462 с.
193. Плугатарь, Ю.В. Леса Крыма / Ю.В. Плугатарь. – Симферополь : ГБУ РК «НБС-ННЦ», 2015. – 368 с.
194. Плугатарь, Ю.В. Оптимизация агроландшафтов Крыма / Ю.В. Плугатарь, В.В. Корженевский // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2014. – Вып. 112. – С. 7–15.
195. Плугатарь, Ю.В. Стратегия поддержания фиторазнообразия в Крыму / Ю.В. Плугатарь, В.В. Корженевский // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты) : материалы VIII Международной научно-практической конференции, Ялта, 1–5 октября 2018 г. / отв. ред. И.В. Митрофанова. – Симферополь : АРИАЛ, 2018. – С. 78–79.
196. Плугатарь, Ю.В. Типология и экология лесов Крыма / Ю.В. Плугатарь, В.В. Корженевский // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – Т. 143. – С. 164–172.
197. Плугатарь, Ю.В. Типы лесов Крыма / Ю.В. Плугатарь // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2008. – Вып. 113. – С. 24–31.

198. Плугатарь, Ю.В. Экологический мониторинг Южного берега Крыма / Ю.В. Плугатарь, С.П. Корсакова, О.А. Ильницкий. – Симферополь : АРИАЛ, 2015. – 164 с.
199. Плугатарь, Ю.В. Эфиромасличные растения в условиях меняющегося климата / Ю.В. Плугатарь, С.П. Корсакова. – Симферополь : АРИАЛ, 2019. – 180 с.
200. Подгородецкий, П.Д. Крым: Природа : справочное издание / П.Д. Подгородецкий. – Симферополь : Таврия, 1988. – 192 с.
201. Позаченюк, Е.А. Ландшафтное разнообразие Крыма / Е.А. Позаченюк // Ученые записки Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 4. – С. 37–50.
202. Позаченюк, Е.А. Построение ниш ландшафтов Крымского Присивашья (в пределах Джанкойского района АР Крым) / Е.А. Позаченюк, В.А. Табунщик // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Т. 10, вып. 1. – С. 322–328.
203. Позаченюк, Е.А. Теоретические подходы к ландшафтному планированию / Е.А. Позаченюк // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2-1. – С. 237–243.
204. Позаченюк, Е.А. Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы / Е.А. Позаченюк. – Симферополь : Таврический экологический институт, 2003. – 405 с.
205. Поляков, А.Ф. Лесные формации Крыма и их экологическая роль / А.Ф. Поляков, Ю.В. Плугатарь. – Харьков : Нове слово, 2009. – 405 с.
206. Поляков, А.Ф. Экологическая роль горных лесов Крыма / А.Ф. Поляков, Ю.В. Плугатарь, А.Г. Рудь // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2008. – № 6. – С. 143–148.
207. Природа Восточного Крыма. Оценка биоразнообразия и разработка проекта локальной экологической сети / [отв. ред. С.П. Иванов]. – Киев : [б. и.] 2013. – 272 с.
208. Пузаченко, Ю.Г. Теоретико-методологические основания исследования иерархии в географии и экологии / Ю.Г. Пузаченко, И.П. Котлов, А.Н. Кренке, М.Ю. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая 2018 г. : в 2 т. / ред.: В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2018. – Т. 1. – С. 29–30.
209. Пузаченко, Ю.Г. Информационный анализ гиперспектральных изображений со спутника Nuregon / Ю.Г. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский, А.Н. Кренке, М.Ю. Пузаченко // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 475, № 1. – С. 90–93. – <https://doi.org/10.7868/S0869565217190203>
210. Пузаченко, Ю.Г. Долговременные мультиспектральные измерения растительных сообществ / Ю.Г. Пузаченко, Р.Б. Сандлерский, И.И. Широня // Стационарные экологические исследования: опыт, цели, методология, проблемы организации : материалы Всероссийского совещания, Тверь, 15–19 августа 2016 г. / под ред. В.В. Рожнова, Ю.Г. Пузаченко, Ю.А. Курбатова, А.С. Желтухина, О.А. Куричевой. – Москва : ООО Товарищество научных изданий КМК, 2016. – С. 144–149.
211. Пшегусов, Р.Х. Оценка динамических процессов в ландшафтах высокогорья Центрального Кавказа по материалам данных дистанционного зондирования / Р.Х. Пшегусов // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая 2018 г. : в 2 т. / ред.: В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2018. – Т. 1. – С. 129–130.
212. Пшегусов, Р.Х. Пространственный анализ горных экосистем Северного Кавказа в аспекте концепции высотно-поясной структуры: принципы, подходы, решения / Р.Х. Пшегусов // Горные экосистемы и их компоненты : материалы VI Всероссийской конференции с международным участием, посвященной Году экологии в России и 100-летию заповедного дела в России, Нальчик, 11–16 сентября 2017 г. / под ред. Ф.А. Темботовой. – Махачкала : АЛЕФ, 2017. – С. 207–209.
213. Пшегусов, Р.Х. Технологии мониторинга популяций редких видов: теория и практика применения в условиях горных экосистем / Р.Х. Пшегусов // Хищные птицы Северного Кавказа и сопредельных территорий: Распространение, экология, динамика популяций, охрана : материалы Международной конференции, Сочи, 8–10 апреля 2016 г. / отв. ред. В.П. Белик. – Ростов-на-Дону : Изд-во Южного федерального университета, 2014. – С. 42–53.
214. Пышкин, В.Б. Биогеоинформационные методы изучения экосистем в современной экологии / В.Б. Пышкин, Е.И. Игнатов, И.Л. Прыгунова // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 5. – С. 27–34.
215. Разработка экологически сбалансированных способов защиты и восстановления водных объектов на территории Крыма / под ред. В.А. Бокова. – Симферополь, 2013. – 211 с.
216. Рахманов, В.В. Гидроклиматическая роль лесов / В.В. Рахманов. – Москва : Лесная промышленность, 1984. – 240 с.

217. Ретеюм, А.Ю. Дендрохронология больших циклов Солнечной системы / А.Ю. Ретеюм // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2014. – Т.18, № 5. – С. 125–133.
218. Ретеюм, А.Ю. Эндогенная энергия в ландшафтах Сибири / А.Ю. Ретеюм // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития : материалы XII Международной ландшафтной конференции, Тюмень – Тобольск, 22–25 августа 2017 г. : в 3 т. / отв. ред. К.Н. Дьяконов. – Тюмень : Тюменский государственный университет, 2017. – Т. 1. – С. 328–331.
219. Романова, Э.П. Ассимиляционный потенциал как классификационный признак геоэкологического состояния ландшафтов / Э.П. Романова, А.В. Булохов, В.П. Буров // Проблемы региональной экологии. – 2013. – № 6. – С. 33–38.
220. Романова, Э.П. Экосистемный анализ геоэкологического состояния ландшафтов / Э.П. Романова // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 6. – С. 46–53.
221. Рукавицын, В.В. Анализ состояния экосистем крупных городов методами машинного обучения / В.В. Рукавицын // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2018. – № 1. – С. 79–88.
222. Рулев, А.С. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной агролесомелиорации субаридных ландшафтов / А.С. Рулев, А.М. Пугачева // Лесоведение. – 2018. – № 5. – С. 389–398.
223. Рулев, А.С. Развитие теории лесомелиорации ландшафтов / А.С. Рулев, О.В. Рулева // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф.Н. Милькова, Воронеж, 14–17 мая 2018 г. : в 2 т. / ред.: В.Б. Михно [и др.]. – Воронеж : Истоки, 2018. – Т. 1. – С. 23–25.
224. Сандлерский, Р.Б. Термодинамические характеристики сезонно-влажных лесов Южного Вьетнама по данным дистанционного зондирования / Р.Б. Сандлерский // Математическое моделирование в экологии : материалы Пятой Национальной научной конференции с международным участием, Пущино, 16–20 октября 2017 г. / отв. ред. П.Я. Грабарник, Д.О. Логофет. – Пущино : ИФХиБПП РАН, 2017. – С. 163–167.
225. Сандлерский, Р.Б. Варьирование индекса листовой поверхности в южно-таежных биогеоценозах по данным наблюдений на трансекте с регулярным шагом опробования / Р.Б. Сандлерский, И.И. Широная, М.Ю. Пузаченко, Ю.Г. Пузаченко // Стационарные экологические исследования: опыт, цели, методология, проблемы организации : материалы Всероссийского совещания, Тверь, 15–19 августа 2016 г. / под ред. В.В. Рожнова, Ю.Г. Пузаченко, Ю.А. Курбатовой, А.С. Желтухина, О.А. Куричевой. – Москва : ООО Товарищество научных изданий КМК, 2016. – С. 159–163.
226. Сатуева, Л.Л. Экосистемный подход в сохранении биоразнообразия территорий на региональной основе / Л.Л. Сатуева // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 декабря 2017 г. : в 4 ч. / отв. ред. Г.Ю. Гуляев. – Пенза : Наука и просвещение, 2017. – Ч. 1. – С. 57–59.
227. Сидоренков, В.М. Возможности применения геоинформационных технологий в решении задач лесной типологии / В.М. Сидоренков, Е.П. Матафонов, А.В. Жафяров, А.В. Сережкин // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 45–52.
228. Сладкопевцев, С.А. О методике и проблемах составления эколого-почвенных карт / С.А. Сладкопевцев, С.Л. Дроздов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – Т. 61, № 1 (353). – С. 87–93.
229. Сладкопевцев, С.А. О проблемах теории геоэкологического картографирования / С.А. Сладкопевцев // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – Т. 61, № 4 (356). – С. 108–112.
230. Смирнов, В.О. Алгоритмизация выделения местоположений и расчета ландшафтно-геофизических параметров на различных пространственных уровнях как элемент диагностики в исследовании ландшафтов / В.О. Смирнов // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2015. – Т. 1 (11), № 1. – С. 62–71.
231. Смирнов В.О. Водный режим заповедника «Мыс Мартыан» и его связь с геотопологическими параметрами территории / В.О. Смирнов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2009. – Т. 22 (60), № 2. – С. 121–138.
232. Смирнов, В.О. Ландшафтно-экологическая структура горного массива Агармыш в Крыму / В.О. Смирнов, Е.С. Крайнюк, И.Р. Болейчук. [Текст] // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы : сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова, Симферополь, 28–30 ноября 2017 г. / под ред. С.Ф. Котова. – Симферополь : АРИАЛ, 2017. – С. 99–100.

233. Смирнов, В.О. Оценка коэффициентов увлажнения территории Горного Крыма по экморфе растительного покрова / В.О. Смирнов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 18–22.
234. Современное состояние и динамика биоразнообразия водно-болотных экосистем Белорусского Поозерья : монография / под ред. В.Я. Кузьменко. – Витебск : Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, 2015. – 265 с.
235. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / под ред. Е.А. Позаченюк. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2009. – 672 с.
236. Соколова, Н.А. Использование вегетационных индексов для оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов / Н.А. Соколова, Д.А. Соколов // Почвы в биосфере : сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10–14 сентября 2018 г. / отв. ред. А.И. Сысо. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2018. – Ч. 2. – С. 345–349.
237. Солдатов, М.С. Прогноз изменений прироста древесины в лесах Европейской части России в связи с глобальным потеплением / М.С. Солдатов, С.М. Малхазова, В.Ю. Румянцев, Н.Б. Леонова // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2014. – № 2. – С. 96–102.
238. Соцкова, Л.М. Трансформация водных ресурсов под влиянием орошения / Л.М. Соцкова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2–3. – С. 215–221.
239. Сочава, В.Б. Введение в учение о геосистемах / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.
240. Сысуев, В.В. Введение в физико-математическую теорию геосистем / под ред. К.Н. Дьяконова. – Москва : ЛЕНАНД, 2020. – 600 с.
241. Табунщик В.А. Оценка вегетационного индекса NDVI на территории города федерального значения Севастополь в 2017 году по результатам анализа космических снимков Sentinel-2 / В.А. Табунщик, Р.В. Горбунов, А.А. Даниленко // Труды Карадагской научной станции им. Т.И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2019. – № 4 (12). – С. 56–70.
242. Теория и методология ландшафтного планирования / отв. ред. К.Н. Дьяконов, А.В. Хорошев. – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2019. – 444 с.
243. Тесленок, С.А. Анализ динамики лесных ландшафтов административного района средствами геоинформационных технологий / С.А. Тесленок, К.С. Тесленок, А.В. Горелов // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11. Естественные науки. – 2015. – № 4 (14). – С. 68–80.
244. Тимохина, Е.И. Геоморфология и спелеогенез крайней юго-западной части эоценовой куэсты Внутренней гряды Горного Крыма / Е.И. Тимохина, А.Б. Климчук, Г.Н. Амеличев // Спелеология и карстология. — 2011. – № 7. – С. 40–51.
245. Титкова, Т.Б. Отклик растительности на изменение климатических условий в бореальных и субарктических ландшафтах в начале XXI века / Т.Б. Титкова, В.В. Виноградова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 3. – С. 75–86.
246. Трансформация водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века / под ред. В.А. Бокова. – Симферополь : Крымский научный центр, 2011. – 227 с.
247. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX – начале XXI века / под ред. В.А. Бокова. – Симферополь : ДОЛЯ, 2010. – 304 с.
248. Фартушина, М.М. Особенности функционирования экосистем в зонах различной техногенной нагрузки / М.М. Фартушина, М.К. Есеналиева, Н.А. Хрысева, Н.А. Чекалин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (53). – С. 158–161.
249. Фартушина, М.М. Функционирование экосистем / М.М. Фартушина, М.К. Есеналиева, Н.А. Хрысева, С.Г. Чекалин // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию образования ВолГАУ, Волгоград, 28–30 января 2014 г. – Волгоград : ФГБОУ ВПО Волгоградский ГАУ, 2014. – Т. 4. – С. 101–105.
250. Федоров В.М. Многолетняя изменчивость температуры воздуха на Крымском полуострове / В.М. Федоров, Р.В. Горбунов, Т.Ю. Горбунова, Н.К. Кононова // География и природные ресурсы. – 2017. – № 1. – С. 127–133. – [https://doi.org/10.21782/GIPRO206-1619-2017-1\(127-133\)](https://doi.org/10.21782/GIPRO206-1619-2017-1(127-133))
251. Федорчук, В.Н. Динамика коренных еловых лесов Европейской России / В.Н. Федорчук, А.А. Шорохов, Е.В. Шорохова, М.Л. Кузнецова // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 11–19.
252. Холопцев, А.В. Изменения климатических норм месячных сумм атмосферных осадков в Юго-Западном и Западном Крыму, а также аномалий поверхностных температур регионов Черного моря в зимние месяцы, в 1950–2012 гг. / А.В. Холопцев, Д.А. Астафьева // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: География. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 95–105.

253. Черниковский, Д.М. Автоматическая классификация поверхности рельефа для изучения количественных и качественных характеристик лесов / Д.М. Черниковский // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – № 219. – С. 74–95. – <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.219.74-95>
254. Чертонов, О.Г. Моделирование лесных экосистем для прогнозирования динамики лесов / О.Г. Чертонов, В.Н. Шанин, С.С. Быховец, П.Я. Грабарник // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием), Москва, 25–27 октября 2016 г. – Москва : ЦЭПЛ РАН, 2016. – С. 18.
255. Шанин, В.Н. Моделирование влияния внешних факторов на динамику органического углерода в лесах разных типов / В.Н. Шанин, С.С. Быховец, О.Г. Чертов, А.С. Комаров // Лесоведение. – 2018. – № 5. – С. 335–346.
256. Шанин, В.Н. Моделирование лесных экосистем для прогнозирования динамики лесов / В.Н. Шанин // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием), Москва, 25–27 октября 2016 г. – Москва : ЦЭПЛ РАН, 2016. – С. 19–20.
257. Швиденко, А.З. Углеродный бюджет лесов России / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепашенко // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 1. – С. 69–92.
258. Юречко, М.А. Анализ методов моделирования экосистем / М.А. Юречко, Ю.Д. Моисеенко, Т.Р. Хусаинов, О.М. Шикунская // Информация как двигатель научного прогресса : сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Саратов, 22 января 2018 г. / отв. ред. А.А. Сукиасян. – Стелитамак : АМИ, 2018. – С. 120–122.
259. Abbadie L. (Ed.). Lamto – Structure, functioning and dynamics of a savanna ecosystem / L. Abbadie, J. Gignoux, X. Le Roux, M. Lepage (Eds). – New York : Springer, 2005. – 340 p. – (Ecological Studies ; 179).
260. Aguiar, M.R. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems / M.R. Aguiar, O.E. Sala // Trends in Ecology & Evolution. – 1999. – Vol. 14, iss. 7. – P. 273–277. – [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01612-2](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01612-2)
261. An indicator-based report : Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. – Copenhagen, Denmark : European Environmental Agency, 2017. – Chap. 3. – 419 p. – (EEA Report ; no. 1/2017).
262. Anufriieva, E.V. Distribution and population dynamics of the highly halotolerant species *Eucyprismareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) in hypersaline lakes of Crimea / E.V. Anufriieva, E.A. Kolesnikova, N.V. Shadrin // Inland Water Biology. – 2019. – Vol. 12, iss. 2. – P. 170–177. – <https://doi.org/10.1134/S1995082919020032>
263. Bai, Y. Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland / Y. Bai, X. Han, J. Wu, Z. Chen, L. Li // Nature. – 2004. – Vol. 431. – P. 181–184. – <https://doi.org/10.1038/nature02850>
264. Bailey, R.G. Suggested hierarchy of criteria for multi-scale ecosystem mapping / R.G. Bailey // Landscape and Urban Planning. – 1987. – Vol. 14. – P. 313–319. – [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(87\)90042-9](https://doi.org/10.1016/0169-2046(87)90042-9)
265. Bailey, R.G. The factor of scale in ecosystem mapping / R.G. Bailey // Environmental Management. – 1985. – Vol. 9, no. 4. – P. 271–275. – <https://doi.org/10.1007/BF01867299>
266. Baird, D. The seasonal dynamics of the Chesapeake Bay ecosystem / D. Baird, R.E. Ulanowicz // Ecological Monographs. – 1989. – Vol. 59, iss. 4. – P. 329–364. – <https://doi.org/10.2307/1943071>
267. Balvanera, P. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services / P. Balvanera, A.B. Pfisterer, N. Buchmann, J.-S. He // Ecology Letters. – 2006. – Vol. 9, iss. 10. – P. 1146–1156. – <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00963.x>
268. Banner, A. Ecosystem mapping methods for British Columbia / A. Banner, D.V. Meidinger, E.C. Lea, R.E. Maxwell, B.C. Von Sacken // Environmental Monitoring and Assessment. – 1996. – Vol. 39, iss. 1–3. – P. 97–117. – <https://doi.org/10.1007/BF00396139>
269. Bergeron, Y. Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: An approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec / Y. Bergeron, B. Harvey // Forest Ecology and Management. – 1997. – Vol. 92, iss. 1–3. – P. 235–242. – [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03924-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03924-2)
270. Blackford, J.C. Ecosystem dynamics at six contrasting sites: A generic modelling study / J.C. Blackford, J.I. Allen, F.J. Gilbert // Journal of Marine Systems. – 2004. – Vol. 52, iss. 1–4. – P. 191–215. – <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.02.004>
271. Bonan, G.B. Landscapes as patches of plant functional types: An integrating concept for climate and ecosystem models / G.B. Bonan, S. Levis, L. Kergoat, K.W. Oleson // Global Biogeochemical Cycles. – 2002. – Vol. 16, iss. 2. – P. 5.1–5.23. – <https://doi.org/10.1029/2000GB001360>
272. Bond, E.M. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales / E.M. Bond, J.M. Chase // Ecology Letters. – 2002. – Vol. 5, iss. 4. – P. 467–470. – <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00350.x>
273. Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: Regional aspects : Working group II contribution to the IPCC's Fifth Assessment Report / Eds: V.R. Barros, C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastran-

- drea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, L.L. White. – Cambridge, United Kingdom ; New York, NY, USA : Cambridge University Press, 2014. – 688 p. – <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415386>
274. Climate data for North America, South America, and Europe : [site]. – Andreas Hamann's website, Canada. – URL: <https://sites.ualberta.ca/~ahamann/data.html> (accessed on: 10.03.2021).
275. Cordova, C.E. The Mediterraneanization of Crimea / C.E. Cordova // *Méditerranée*. – 2016. – No. 126. – P. 25–36. – <https://doi.org/10.4000/mediterranee.8179>
276. Davies, A.B. Advances in animal ecology from 3D-LiDAR ecosystem mapping / A.B. Davies, G.P. Asner // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2014. – Vol. 29, iss. 12. – P. 681–691. – <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.10.005>
277. Dunaeva, E.A. Approaches for evaluation of relief morphometric characteristics influence on spatial distribution of moisture in the soils of steppe part of Crimea / E.A. Dunaeva, V.S. Pashtetsky, V.V. Vechev, V.V. Popovich, A.Yu. Melnichuk, V.V. Terleev, A.O. Nikonorov, L.I. Akimov, A. Topaj // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 175. – Art. no. 09017 (8 p.). – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017509017>
278. Dunaeva, I. Application of ecosystem modelling methodology on rural areas of Crimea – Systematic approach / I. Dunaeva, V.V. Popovich, V.S. Pashtetsky, V.V. Terleev, A.O. Nikonorov // *Landscape Modelling and Decision Support* / Eds: W. Mirschel, V.V. Terleev, K.-O. Wenkel. – Cham, Switzerland AG : Springer Nature, 2020. – Chap. 3. – P. 37–47. – (Series: Innovations in Landscape Research). – https://doi.org/10.1007/978-3-030-37421-1_3
279. Egoh, B. Mapping ecosystem services for planning and management / B. Egoh, B. Reyers, M. Rouget, D.M. Richardson, D.L. Maitre, A.V. Jaarsveld // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2008. – Vol. 127, iss. 1–2. – P. 135–140. – <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.03.013>
280. Ergina, E.I. Spatiotemporal variability of the climate and dangerous hydrometeorological phenomena on the Crimean Peninsula / E.I. Ergina, V.O. Zhuk // *Russian Meteorology and Hydrology*. – 2019. – Vol. 44, no. 7. – P. 494–500. – <https://doi.org/10.3103/S1068373919070082>
281. EUMETSAT's Satellite Application Facility on Climate Monitoring (CM SAF) : [site]. – 2010. – URL: https://wui.cmsaf.eu/safira/action/viewHome?menuName=HOME_CMSAF_WUI (accessed on: 10.03.2021).
282. Fedorov, V.M. Long-term air temperature variability on the Crimean Peninsula / V.M. Fedorov, R.V. Gorbunov, T.Y. Gorbunova, N.K. Kononova // *Geography and Natural Resources*. – 2017. – Vol. 38, no. 1. – P. 86–92. – <https://doi.org/10.1134/S1875372817010115>
283. Flynn, D.F.B. Functional and phylogenetic diversity as predictors of biodiversity–ecosystem-function relationships / D.F.B. Flynn, N. Mirotchnick, M. Jain, M.I. Palmer, S. Naeem // *Ecology*. – 2011. – Vol. 92, iss. 8. – P. 1573–1581. – <https://doi.org/10.1890/10-1245.1>
284. Frangi, J.L. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest / J.L. Frangi, A.E. Lugo // *Ecological Monographs*. – 1985. – Vol. 55, iss. 3. – P. 351–369. – <https://doi.org/10.2307/1942582>
285. Fussmann, G.F. Eco-evolutionary dynamics of communities and ecosystems / G.F. Fussmann, M. Loreau, P.A. Abrams // *Functional Ecology*. – 2007. – Vol. 21, iss. 3. – P. 465–477. – <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01275.x>
286. Gandhi, G.M. NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study of Vellore district / G.M. Gandhi, S. Parthiban, N. Thummalu, A. Christy // *Procedia Computer Science*. – 2015. – Vol. 57. – P. 1199–1210. – <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>
287. Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) – official site – NASA / MERRA-2avg1_2d_slv_Nx: 2d,1-Hourly,Time-Averaged,Single-Level,Assimilation,Single-Level Diagnostics V5.12.4 (M2T1NXSLV) : [datasets]. – <https://doi.org/10.5067/VJAFPL1CSIV>
288. Global warming of 1.5 °C : IPCC special report. – The Intergovernmental Panel of Climate Change, 2018 : site. – URL: <https://www.ipcc.ch/sr15/> (accessed on: 10.03.2021).
289. Gorbunov, R. Spatiotemporal aspects of interannual changes precipitation in the Crimea / R. Gorbunov, T. Gorbunova, N. Kononova, A. Priymak, A. Salnikov, A. Drygval, Ya. Lebedev // *Journal of Arid Environments*. – 2020. – Vol. 183. – Art. no. 104280 (8 p.). – <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104280>
290. Gorbunov, R. Productivity dynamics of oak forests of the Crimean Peninsula // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 169. – Art. no. 03007 (6 p.). – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016903007>
291. Gorbunov, R. Seasonal fluctuations of air temperature on the Crimean Peninsula in connection with the atmospheric circulation in the European sector of the Northern Hemisphere / R. Gorbunov, T. Gorbunova, N. Kononova // *IGU Moscow 2015. Geography, Culture and Society for Our Future Earth : International Geographical Union Regional Conference, Moscow, Russia, 17–21 August 2015 : Book of Abstracts*. – Moscow : Lomonosov Moscow State University, 2015. – P. 1320. – URL: https://ia800601.us.archive.org/23/items/IGU2015BookOfAbstracts/IGU_2015_Book_of_Abstracts.pdf (accessed on: 10.03.2021).
292. Gorbunov, R.V. The radiation balance of various types of forest landscapes of the Crimean Mountains / R.V. Gorbunov, T.Yu. Gorbunova, V.A. Tabunshchik, A.V. Drygval // *Landscape Science and Landscape Ecology: Considering Responses to Global Challenges : 1st International IALE-Russia online conference*,

- Moscow, 14–18 September 2020 : Book of Abstracts. – Moscow, 2020. – P. 223. – URL: <http://iale.conflab.ru/> (accessed on: 10.03.2021).
293. Green, R.N. Terrestrial ecosystems mapping of the Southern Gulf Islands / R.N. Green. – North Vancouver, Canada : B.A. Blackwell and Associates Ltd., 2007. – 122 p.
 294. Grime, J.P. Biodiversity and ecosystem function: The debate deepens / J.P. Grime // *Science*. – 1997. – Vol. 277, iss. 5330. – P. 1260–1261. – <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1260>
 295. Haines-Young, R. Landscape Ecology and Geographical Information Systems / R. Haines-Young, D.R. Green, S.H. Cousins. – New York : CRC Press, 1993. – 298 p.
 296. Hatzaki, M. The south-eastern Europe winter precipitation variability in relation to the North Atlantic SST / M. Hatzaki, R. Wu // *Atmospheric Research*. – 2015. – Vol. 152. – P. 61–68. – <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.10.008>
 297. Hawkins, S.J. Scaling up: The role of species and habitat patches in functioning of coastal ecosystems / S.J. Hawkins // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. – 2004. – Vol. 14, iss. 3. – P. 217–219. – <https://doi.org/10.1002/aqc.637>
 298. Hmimina, G. Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: An investigation using ground-based NDVI measurements / G. Hmimina, E. Dufrêne, J.Y. Pontailier, N. Delpierre, M. Aubinet, B. Caquet, A. de Grandcourt, B. Burban, C. Flechard, A. Granier, P. Gross, B. Heinesch, B. Longdoz, C. Moureaux, J.-M. Ourcival, S. Rambal, L. Saint André, K. Soudani // *Remote Sensing of Environment*. – 2013. – Vol. 132. – P. 145–158. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.01.010>
 299. Hobbs, R.J. (Ed.) New models for ecosystem dynamics and restoration / Eds: R.J. Hobbs, K.N. Suding. – Washington ; Covelo ; London : Island press, 2009. – 366 p. – (Society for Ecological Restoration International).
 300. Jackson, B. Polyscape: A GIS mapping framework providing efficient and spatially explicit landscape-scale valuation of multiple ecosystem services / B. Jackson, T. Pagella, F. Sinclair, B. Orellana, A. Henshaw, B. Reynolds, N. McIntyre, H. Wheeler, A. Eycott // *Landscape and Urban Planning*. – 2013. – Vol. 112. – P. 74–88. – <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.12.014>
 301. Kappelle, M. A rapid method in ecosystem mapping and monitoring as a tool for managing Costa Rican ecosystem health / M. Kappelle, M. Castro, H. Acevedo, P. Cordero, L. Gonzalez, E. Mendez, H. Monge // *Managing for Healthy Ecosystems* / Eds: D.J. Rapport, W.L. Lasley, D.E. Rolston, N.O. Nielsen, C.O. Qualset, A.B. Damania. – Boca Raton ; London ; New York ; Washington : A CRC Press Company "Lewis Publisher", 2003. – Chap. 47. – P. 449–458.
 302. KaptuéTchuenté, A.T. Ecosystem mapping at the African continent scale using a hybrid clustering approach based on 1-km resolution multi-annual data from SPOT/VEGETATION / A.T. KaptuéTchuenté, S.M. De Jong, J.-L. Roujean, C. Favier, C. Mering // *Remote Sensing of Environment*. – 2011. – Vol. 115, iss. 2. – P. 452–464. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.09.015>
 303. Klimchouk, A.B. Speleogenetic effects of interaction between deeply derived fracture-conduit flow and intrastratal matrix flow in hypogene karst settings / A.B. Klimchouk, E.I. Tymokhina, G.N. Amelichev // *International Journal of Speleology*. – 2012. – Vol. 41, iss. 2. – P. 161–179. – <http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.41.2.4>
 304. Krebs, C.J. (Ed.) Ecosystem dynamics of the boreal forest: The Kluane Project/ Eds: C.J. Krebs, S. Boutin, R. Boonstra. – New York : Oxford University Press, 2001. – 544 p.
 305. Kuuluvainen, T. Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in Northern Europe: The complexity challenge / T. Kuuluvainen // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. – 2009. – Vol. 38, no. 6. – P. 309–315. – <https://doi.org/10.1579/08-A-490.1>
 306. Levine, E.R. Forest ecosystem dynamics: Linking forest succession, soil process and radiation models / E.R. Levine, K.J. Ranson, J.A. Smith, D.L. Williams, R.G. Knox, H.H. Shugart, D.L. Urban, W.T. Lawrence // *Ecological Modelling*. – 1993. – Vol. 65, iss. 3–4. – P. 199–219. – [https://doi.org/10.1016/0304-3800\(93\)90080-C](https://doi.org/10.1016/0304-3800(93)90080-C)
 307. Lhermitte, S. A comparison of time series similarity measures for classification and change detection of ecosystem dynamics / S. Lhermitte, J. Verbesselt, W.W. Verstraeten, P. Coppin // *Remote Sensing of Environment*. – 2011. – Vol. 115, iss. 12. – P. 3129–3152. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.020>
 308. Loeuille, N. Consequences of plant-herbivore coevolution on the dynamics and functioning of ecosystems / N. Loeuille, M. Loreau, R. Ferriere // *Journal of Theoretical Biology*. – 2002. – Vol. 217, iss. 3. – P. 369–381. – <https://doi.org/10.1006/jtbi.2002.3032>
 309. Loreau, M. Biodiversity and ecosystem functioning: Recent theoretical advances / M. Loreau // *OIKOS*. – 2000. – Vol. 91, iss. 1. – P. 3–17. – <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.910101.x>
 310. Loreau, M. Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges / M. Loreau, S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J.P. Grime, A. Hector, D.U. Hooper, M.A. Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman, D.A. Wardle // *Science*. – 2001. – Vol. 294, iss. 5543. – P. 804–808. – <https://doi.org/10.1126/science.1064088>

311. Ludwig, J.A. Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semi-arid landscapes / J.A. Ludwig, B.P. Wilcox, D.D. Breshears, D.J. Tongway, A.C. Imeson // *Ecology*. – 2005. – Vol. 86, iss. 2. – P. 288–297. – <https://doi.org/10.1890/03-0569>
312. Lüftenegger, E. The service-dominant ecosystem: Mapping a service dominant strategy to a product-service ecosystem / E. Lüftenegger, M. Comuzzi, P. Grefen // *Collaborative Systems for Reindustrialization. PRO-VE 2013. IFIP Advances in Information and Communication Technology : Conference Proceedings of Working Conference on Virtual Enterprises, Dresden, September 30 – October 2, 2013* / Eds: L.M. Camarinha-Matos, R.J. Scherer. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2013. – Vol. 408. – P. 22–30. – https://doi.org/10.1007/978-3-642-40543-3_3
313. Lugo, A.E. The Holdridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping / A.E. Lugo, S.L. Brown, R. Dodson, T.S. Smith, H.H. Shugart // *Journal of Biogeography*. – 1999. – Vol. 26, iss. 5. – P. 1025–1038.
314. MacMillan, R.A. Predictive ecosystem mapping (PEM) for 8.2 million ha of forestland, British Columbia, Canada / R.A. MacMillan, D.E. Moon, R.A. Coupé, N. Phillips // *Digital Soil Mapping. Bridging Research, Environmental Application, and Operation* / Eds: J.L. Boettinger, D.W. Howell, A.C. Moore, A.E. Hartemink, S. Kienast-Brown. – Dordrecht ; Heidelberg ; London ; New York : Springer, 2010. – Chap. 27. – P. 337–356. – (Progress in Soil Science ; vol. 2). – https://doi.org/10.1007/978-90-481-8863-5_27
315. Maesa, J. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union / J. Maesa, B. Egoh, F. Willemsen, C. Liqueste, P. Vihervaara, J.P. Schagner, B. Grizzetti, E.G. Drakou, A.L. Notte, G. Zulian, F. Bouraoui, M.L. Paracchini, L. Braat, G. Bidoglio // *Ecosystem Services*. – 2012. – Vol. 1, iss. 1. – P. 31–39.
316. Martínez-Harms, M.J. Methods for mapping ecosystem service supply: A review / M.J. Martínez-Harms, P. Balvanera // *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*. – 2012. – Vol. 8, iss. 1–2. – P. 17–25. – <https://doi.org/10.1080/21513732.2012.663792>
317. Marvin, D.C. A novel, web-based, ecosystem mapping tool using expert opinion / D.C. Marvin, B.A. Bradley, D.S. Wilcove // *Natural Areas Journal*. – 2009. – Vol. 29, iss. 3. – P. 281–292. – <https://doi.org/10.3375/043.029.0307>
318. Massol, F. Linking community and ecosystem dynamics through spatial ecology / F. Massol, D. Gravel // *Ecology Letters*. – 2011. – Vol. 14, iss. 3. – P. 313–323. – <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01588.x>
319. Matthew, A.T. Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer / A.T. Matthew, A. Wilson // *Ecological Economics*. – 2006. – Vol. 60, iss. 2. – P. 435–449. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.04.007>
320. McNulty, S.G. Regional-scale forest ecosystem modeling: Database development, model predictions and validation using a Geographic Information System / S.G. McNulty, J.M. Vose, W.T. Swank, J.D. Aber, C.A. Federer // *Climate Research*. – 1994. – Vol. 4, iss. 3. – P. 223–231.
321. Millard, K. On the importance of training data sample selection in random forest image classification: A case study in peatland ecosystem mapping / K. Millard, M. Richardson // *Remote Sensing*. – 2015. – Vol. 7, iss. 7. – P. 8489–8515. – <https://doi.org/10.3390/rs70708489>
322. Mishra, N. Continuous calibration improvement in solar reflective bands: Landsat 5 through Landsat 8 / N. Mishra, D. Helder, J. Barsi, B. Markham // *Remote Sensing of Environment*. – 2016. – Vol. 185. – P. 7–15. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.032>
323. Mitchell, T.D. An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids / T.D. Mitchell, P.D. Jones // *International Journal of Climatology*. – 2005. – Vol. 25, iss. 6. – P. 693–712. – <https://doi.org/10.1002/joc.1181>
324. Mouillot, F. Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem / F. Mouillot, S. Rambal, R. Joffre // *Global Change Biology*. – 2002. – Vol. 8, iss. 5. – P. 423–437. – <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00494.x>
325. Nadeau, L.B. Ecosystem mapping in the Lower Foothills subregion of Alberta: Application of fuzzy logic / L.B. Nadeau, C. Li, H. Hans // *The Forestry Chronicle*. – 2004. – Vol. 80, no. 3. – P. 359–365. – <https://doi.org/10.5558/tfc80359-3>
326. Naeem, S. Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: Deriving solutions to a seemingly intractable problem / S. Naeem, J.P. Wright // *Ecology Letters*. – 2003. – Vol. 6, iss. 6. – P. 567–579. – <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00471.x>
327. Nemani, R. Monitoring and forecasting ecosystem dynamics using the Terrestrial Observation and Prediction System (TOPS) / R. Nemani, H. Hashimoto, P. Votava, F. Melton, W. Wang, A. Michaelis, L. Mutch, C. Milesi, S. Hiatt, M. White // *Remote Sensing of Environment*. – 2009. – Vol. 113, iss. 7. – P. 1497–1509. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.06.017>
328. Nemec, K.T. The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services / K.T. Nemec, C. Raudsepp-Hearne // *Biodiversity and Conservation*. – 2013. – Vol. 22, iss. 1. – P. 1–15. – <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0406-z>

329. Ollinger, S.V. Estimating regional forest productivity and water yield using an ecosystem model linked to a GIS / S.V. Ollinger, J.D. Aber, A. Federer // *Landscape Ecology*. – 1998. – Vol. 13, iss. 5. – P. 323–334. – <https://doi.org/10.1023/A:1008004423783>
330. Pastor, J. Using simulation models and geographic information systems to integrate ecosystem and landscape ecology / J. Pastor, C.A. Johnston // *Watershed Management: Balancing Sustainability and Environmental Change* / Ed. R.J. Naiman. – New York: Springer, 1992. – Chap. 11. – P. 324–346. – https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4382-3_11
331. Payet, K. Effect of land cover and ecosystem mapping on ecosystem-risk assessment in the Little Karoo, South Africa / K. Payet, M. Rougt, K.J. Esler, B. Reyers, T. Rebelo, M.W. Thompson, J.H.J. Vlok // *Conservation Biology*. – 2013. – Vol. 27, iss. 3. – P. 531–541. – <https://doi.org/10.1111/cobi.12065>
332. Pettorelli, N. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change / N. Pettorelli, J.O. Vik, A. Myrsetrud, J.-M. Gaillard, C.J. Tucker, N.C. Stenseth // *Trends in Ecology and Evolution*. – 2005. – Vol. 20, iss. 9. – P. 503–510. – <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
333. Pfeifroth, U. Surface Radiation Data Set – Heliosat (SARAH). – Edition 2 [Data] / U. Pfeifroth, S. Kothe, R. Müller, J. Trentmann, R. Hollmann, P. Fuchs, M. Werscheck // *Satellite Application Facility on Climate Monitoring* : [site]. – 2017. – URL: https://doi.org/10.5676/EUM_SAF_CM/SARAH/V002 (accessed on: 10.03.2021).
334. Raymond, C.M. Mapping community values for natural capital and ecosystem services / C.M. Raymond, B.A. Bryan, D.H. MacDonald, A. Cast, S. Strathearn, A. Grandgirard, T. Kalivas // *Ecological Economics*. – 2009. – Vol. 68, iss. 5. – P. 1301–1315. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.12.006>
335. Repetskaya, A.I. Restoration of the plant cover of mining landscapes in the semi-arid conditions of the southwestern region of the Crimean Peninsula / A.I. Repetskaya, I.A. Parfenova, L.V. Bondareva, N.V. Nevkrytaya, V.S. Pashtetsky, O.B. Scipor // *International Journal of Advanced Science and Technology*. – 2020. – Vol. 29, no. 7. – P. 1900–1908.
336. Rocchini, D. Uncertainty in ecosystem mapping by remote sensing / D. Rocchini, G.M. Foody, H. Nagendra, C. Ricotta, M. Anand, K.S. He, V. Amici, B. Kleinschmit, M. Förster, S. Schmidtlein, H. Feilhauer, A. Ghisla, M. Metz, M. Neteler // *Computers & Geosciences*. – 2013. – Vol. 50. – P. 128–135. – <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.05.022>
337. Rodriguez, R.J. Fungal life-styles and ecosystem dynamics: Biological aspects of plant pathogens, plant endophytes and saprophytes / R.J. Rodriguez, R.S. Redman // *Advances in Botanical Research*. – 1997. – Vol. 24. – P. 169–193. – [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(08\)60073-7](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(08)60073-7)
338. Roy, D.P. Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity / D.P. Roy, V. Kovalsky, H.K. Zhang, E.F. Vermote, L. Yan, S.S. Kumar, A. Egorov // *Remote Sensing of Environment*. – 2016. – Vol. 185, iss. 1. – P. 57–70. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.024>
339. Running, S.W. Mapping regional forest evapotranspiration and photosynthesis by coupling satellite data with ecosystem simulation / S.W. Running, R.R. Nemani, D.L. Peterson, L.E. Band, D.F. Potts, L.L. Pierce, M.A. Spanner // *Ecology*. – 1989. – Vol. 70, no. 4. – P. 1090–1101. – <https://doi.org/10.2307/1941378>
340. Sala, O.E. Thresholds, memory, and seasonality: Understanding pulse dynamics in arid/semi-arid ecosystems / O.E. Sala, M.E. Loik, J.R. Ehleringer // *Oecologia*. – 2004. – Vol. 141, iss. 2. – P. 191–193. – <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1683-3>
341. Shadrin, N.V. Structure and trophic relations in hypersaline environments / N.V. Shadrin, E.V. Anufrieva // *Biology Bulletin Reviews*. – 2020. – Vol. 10, iss. 1. – P. 48–56. – <https://doi.org/10.1134/S2079086420010065>
342. Shadrin, N.V. Do separated taxa react differently to a long-term salinity increase? The meiobenthos changes in Bay Sivash, largest hypersaline lagoon worldwide / N.V. Shadrin, E. Kolesnikova, T. Revkova, A. Latushkin, A. Chepyzhenko, I. Drapun, N. Dyakov, E. Anufrieva // *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. – 2019. – No. 420. – Art. no. 36 (14 p.). – <https://doi.org/10.1051/kmae/2019028>
343. Sinclair, A.R.E. Understanding ecosystem dynamics for conservation of biota / A.R.E. Sinclair, A.E. Byrom // *Journal of Animal Ecology*. – 2006. – Vol. 75, iss. 1. – P. 64–79. – <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01036.x>
344. Sinclair, A.R.E. Long-term ecosystem dynamics in the Serengeti: Lessons for conservation / A.R.E. Sinclair, S. Mduma, J.G.C. Hopcraft, J.M. Fryxell, R. Hilborn, S. Thirgood // *Conservation Biology*. – 2007. – Vol. 21, iss. 3. – P. 580–590. – <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00699.x>
345. Sitch, S. Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model / S. Sitch, B. Smith, I.C. Prentice, A. Arneth, A. Bondeau, W. Cramer, J.O. Kaplan, S. Levis, W. Lucht, M.T. Sykes, K. Thonicke, S. Venevsky // *Global Change Biology*. – 2003. – Vol. 9, iss. 2. – P. 161–185. – <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00569.x>

346. Smith, M.D. A framework for assessing ecosystem dynamics in response to chronic resource alterations induced by global change / M.D. Smith, A.K. Knapp, S.L. Collins // *Ecology*. – 2009. – Vol. 90, iss. 12. – P. 3279–3289. – <https://doi.org/10.1890/08-1815.1>
347. Tallis, H. Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management / H. Tallis, S. Polasky // *Annals of the New York Academy of Sciences*. – 2009. – Vol. 1162, iss. 1. The Year in Ecology and Conservation Biology. – P. 265–283. – <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04152.x>
348. Treseder, K.K. Fungal traits that drive ecosystem dynamics on land / K.K. Treseder, J.T. Lennon // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. – 2015. – Vol. 79, iss. 2. – P. 243–262. – <https://doi.org/10.1128/MMBR.00001-15>
349. Ulanowicz, R.E. The dual nature of ecosystem dynamics / R.E. Ulanowicz // *Ecological Modelling*. – 2009. – Vol. 220, iss. 16. – P. 1886–1892. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.015>
350. USGS – Science for a Changing World : official site. – U.S. Geological Survey. – URL: <https://www.usgs.gov/> (accessed on: 10.03.2021).
351. Wainger, L.A. Resilience indicators support valuation of estuarine ecosystem restoration under climate change / L.A. Wainger, D.H. Secor, C. Gurbisz, W.M. Kemp, P.M. Glibert, E.D. Houde, J. Richkus, M.C. Barber // *Ecosystem Health and Sustainability*. – 2017. – Vol. 3, iss. 4. – Art. e01215 (20 p.). – <https://doi.org/10.1002/ehs2.1268>
352. Wang, G. Ecosystem dynamics and the Sahel Drought / G. Wang, A.B. Eltahir // *Geophysical Research Letters*. – 2000. – Vol. 27, iss. 6. – P. 795–798. – <https://doi.org/10.1029/1999GL011089>
353. Wang, T. Locally downscaled and spatially customizable climate data for historical and future periods for North America / T. Wang, A. Hamann, D.L. Spittlehouse, C. Carroll // *PLoS One*. – 2016. – Vol. 11, iss. 6. – Art. e0156720 (17 p.). – <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156720>
354. Wu, J. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: A paradigm shift in ecology / J. Wu, O.L. Loucks // *The Quarterly Review of Biology*. – 1995. – Vol. 70, no. 4. – P. 439–466.

Роман Вячеславович Горбунов

Функционирование и динамика региональных геоэкосистем
в условиях изменения климата (на примере Крымского полуострова)

М.: Товарищество научных изданий КМК. 2022. 191 с.

Формат 70х100/16. Печать цифровая. Тираж 500 экз.
Объем 16 уч.изд.л. Заказ №2598

Отпечатано в ООО «Галлея-Принт»
Москва, 5-я Кабелная, 2Б