

---

**ИСТОРИЧЕСКИЕ, АРХЕОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ИСКУССТВОВЕДЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

---

УДК 574.4

**ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И ДИНАМИКИ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ\***

**Горбунов Р. В.**

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», Севастополь,  
Российская Федерация,  
e-mail: karadag\_station@mail.ru*

В работе представлены результаты исследований развития представлений о функционировании и динамике региональных экосистем. Особое внимание уделено функционированию и динамике экосистем на фоне климатических изменений. Выявлены этапы развития представлений о функционировании и динамике экосистем. Показано развитие представлений в мировой и российской научных традициях. Особое внимание уделено роли крымских научных школ в развитии теории и методологии исследований функционирования и динамики экосистем. Показано, что, несмотря на значительное количество публикаций в этом направлении, вопросы теории и методологии изучения процессов функционирования и динамики региональных экосистем в условиях климатических изменений до конца не разработаны.

**Ключевые слова:** экосистема, региональная экосистема, функционирование экосистем, динамика экосистем, изменение климата.

**Введение**

В настоящее время одной из самых обсуждаемых научных проблем является проблема глобального изменения климата. Этому вопросу посвящено множество публикаций, направленных на исследование как причин климатических изменений, так и последствий этих изменений. Среди основных работ, интегрирующих знания по данному вопросу, следует упомянуть доклады группы ИРСС, посвящённые 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 экосистем на климатические изменения проявляется в изменении процессов трансформации вещества и энергии в экосистемах, то есть речь идет об изменении функционирования ландшафтов, что в итоге приводит к формированию различных стратегий их развития — от усложнения до упрощения их структуры. Вместе с тем такие изменения всегда имеют региональный аспект, а хозяйственная деятельность, связанная со сферами производства, как правило, реализуется в 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. Биоразнообразие, в свою очередь, является одной

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания ФИЦ ИнБЮМ по теме НИР № АААА-А19-119061190081-9.

из наиболее показательных характеристик экосистемы, исходя из которой можно сделать ряд выводов об условиях существования в ней организмов. В настоящее время сохранение и изучение биоразнообразия играет особую роль, поскольку выступает решающим фактором на пути достижения устойчивого развития территории как на внутри-, так и на межгосударственном уровне [Ojea, Nunes, Loureiro, 2010].

Таким образом, соотношение процессов функционирования и климатических изменений позволяет выявлять тенденции в динамике региональных экосистем и, соответственно, разрабатывать научно обоснованные рекомендации по адаптации системы природопользования к изменяющимся условиям среды.

Цель данной работы — раскрыть историю представлений о функционировании и динамике региональных экосистем, отдельно коснувшись роли крымских научных школ в разработке теории и методологии исследований функционирования и динамики экосистем.

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Проведённый обзор научных публикаций, посвящённых развитию представлений об экосистеме и истории становления экологии как науки, позволяет выделить ряд этапов в формировании знаний о функционировании экосистем и их динамике. Сразу обращает на себя внимание множественность подходов к данному вопросу, что связано как с насыщенной историей формирования экологии и наличием весомого числа направлений и научных школ в экологической науке, так и с многогранностью науки в целом.

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

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

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

Первичные идеи о функционировании природы, безусловно, заложены в работах учёных — 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 отражении 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 как науки для раскрытия сущности функционирования природных систем использовал термин «физиология взаимоотношений», подчёркивая, 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 подчёркивается 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 отсчёта данного периода можно принять 1877 г., а событием, положившим ему начало, может выступать крайне важное обобщение знаний в сфере экологии, осуществлённое 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 экосистемных взаимодействий.

Развитие представлений о функционировании природных систем на данном этапе также связано со множеством имён знаменитых учёных-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, А. Е. Ферсмана, В. И. Вернадского, Г. Ф. Морозова, Е. В. Вульфа, Н. Н. Клепинина, А. А. Григорьева, Л. С. Берга, В. Н. Сукачёва, 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 экосистеме 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 подчёркивает факт, что функционирование в экосистеме осуществляется за счёт круговорота веществ и энергии. Таким образом, на данном этапе раскрываются уже конкретные механизмы функционирования экосистем, а представления о данных взаимодействиях выходят на региональный уровень.

Этап 3. Развитие идей о функционировании экосистем на планетарном, региональном и локальном уровнях.

Данный период охватывает временной промежуток с середины XX до начала XXI в. и является, пожалуй, самым продуктивным этапом с точки зрения развития теоретических и методологических основ изучения функционирования и динамики экосистем. Именно на данном этапе формируется представление о динамике экосистем и современные предпосылки изучения данного вопроса.

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

Отдельно выделим научные направления, посвящённые 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 экосистем носит перспективный характер и имеет концептуальное значение.

На данном этапе публиковались и работы по изучению функционирования экосистем на глобальном уровне. Во многом это связано с изучением аспектов моделирования глобальных процессов, 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 экосистем внесён современными классиками отечественного ландшафтоведения, что обусловлено смежностью научных знаний в сфере экологии экосистем и экологии ландшафта.

Исследования в области ландшафтной экологии 30–40 лет назад носили как прикладной, так и теоретический характер, и 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. Бокова, 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 учёные 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 экосистем. Провести чёткую грань между экологическими и ландшафтными исследованиями этого периода достаточно затруднительно, и в целом это нерационально.

#### Этап 4. Современные исследования.

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

Работы в данном направлении лежат на стыке биологической и географической наук и тесно переплетены в эколого-биологических, геоэкологических, ландшафтно-экологических 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, проводятся исследования в рамках международных и национальных научных проектов.

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 экосистем.

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

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

В качестве одной из первых современных публикаций данного направления отметим работу Дж. Грайма [Grime, 1997], посвящённую углублению дискуссии относительно взаимосвязи биоразнообразия и функционирования экосистем, она была опубликована ещё в конце 1990-х гг.

Среди теоретических работ выделим публикацию М. Лореау с соавторами [Loreau et al., 2001], анализирующую биоразнообразие и функционирование экосистем с позиций современных знаний и будущих вызовов. Авторы рассматривают вопрос взаимосвязи между видовым разнообразием и экосистемными процессами на региональном уровне во всех типах экосистем, а также связь экосистемных процессов и абиотических факторов.

Вызывает интерес теоретическая и практическая монография Р. Хобса и К. Садинга [New models for ecosystem..., 2009], посвящённая 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.

Большое теоретическое значение имеет работа, посвящённая сравнению показателей подобия временных рядов для классификации и выявления изменений динамики экосистем [Lhermitte et al., 2011]. 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 [Blackford, Allen, Gilbert, 2004]. 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 [Fussmann, Loreau, Abrams, 2007]. 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 [Loreau, 2000]. Автор справедливо подчёркивает, что взаимосвязь между биоразнообразием и функционированием экосистем стала сегодня одной из основных научных проблем. По мере продвижения экспериментов растёт потребность в адекватных теориях и моделях для обеспечения надёжной интерпретации и обобщения экспериментальных результатов, а также для формулирования новых гипотез.

Оригинальные теоретические идеи выдвигают Дж. Ву и О. Лоукс [Wu, Loucks, 1995] относительно сдвига парадигмы в идеологии изучения экосистем. Авторы делают акцент на смещении целей современных исследований: с балансных исследований функционирования экосистем — на изучение динамики иерархических патчей экосистем.

Интерес представляют теоретические работы, посвящённые эволюционным вопросам в динамике экосистем. В научном сообществе рассматриваются вопросы последствий коэволюции растений и травоядных для динамики и функционирования экосистем [Loeuille, Loreau, Ferriere, 2002], а также вопросы функционального и филогенетического разнообразия экосистем с точки зрения их функционирования [Flynn et al., 2011]; некоторые аспекты данных работ являются весьма значимыми. Опубликованы и чисто биологические работы, рассматривающие компонентные аспекты биологии экосистем. Данные труды разнообразны по году выпуска и периоду исследований [Rodriguez, Redman, 1997; Treseder, Lennon, 2015].

Также теоретический интерес, на наш взгляд, представляет работа П. Балванера с соавторами [Balvanera et al., 2006], посвящённая 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 экосистем. Среди данных трудов отметим публикацию С. Ситча с соавторами [Sitch et al., 2003], ведущих работы в области глобальных вегетационных моделей.

Среди теоретических работ выделим публикацию М. Смит, А. Напа и С. Колинса [Smith, Knapp, Collins, 2009], посвящённую выявлению теоретических основ динамики экосистем в условиях глобальных изменений климата и экосистем. Авторы подчёркивают значения кумулятивности процессов при развитии экосистем.

Не меньший интерес имеет работа Ф. Массола с соавторами [Massol et al., 2011]. 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 [Bond, Chase, 2002], посвящённая 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 экосистем, представленные, например, в исследованиях Ш. Наима и Дж. Райта [Naeem, Wright, 2003]. Авторы подчёркивают 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 [Aguilar, Sala, 1999]. Авторы рассматривают вопросы механизмов функционирования и продуктивности аридных экосистем, проводят анализ моделей структуры растительного покрова 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 [Sala, Loik, Ehleringer, 2004] 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 [Bai et al., 2004]. 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 [Hawkins, 2004]. Многие выводы данной публикации актуальны и для прибрежных экосистем Крымского полуострова, в особенности в части пограничного положения данных областей в ландшафтной структуре. В продолжение отметим публикацию [Wainger et al., 2017], посвящённую 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, посвящённых изучению функционирования экосистем 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 [Baird, Ulanowicz, 1989]. Особое внимание при этом уделяется вопросам сезонных тенденций в потоке энергии и трофической динамики экосистемы. Двойная природа динамики экосистем подчёркивается в теоретической работе Р. Улановича [Ulanowicz, 2009], которая продолжает исследования, приведённые выше.

Отметим достаточно объёмную монографию Л. Аббади с соавтрами [Lamto: structure..., 2005], посвящённую 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 [Wang, Eltahir, 2000], 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 [Ecosystem dynamics..., 2001] рассматривают особенности сообществ данных экосистем, особенности структуры сообществ и особенности экосистемной организации в целом.

Нельзя не отметить и труды, посвящённые исследованию субтропических лесных экосистем — традиционного объекта изучения, популярного у американских и английских учёных. Пик исследований пришелся на 1980–1990-е гг. Среди работ, посвящённых непосредственно динамике данных экосистем, отметим публикацию Дж. Франджи и А. Луго [Frangi, Lugo, 1985].

Традиционными являются работы по изучению экосистем саванн Африки. В качестве примера приведем работу А. Синклеера с соавторами [Sinclair et al., 2007]. 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, посвящённые пониманию динамики экосистем для сохранения биоты [Sinclair, Byrom, 2006]. 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 экосистем также представляют интерес для зарубежных учёных. Так, например, И. Бергерон и Б. Харвей в своих публикациях рассматривают данную проблему на примере бореальных лесов Квебека [Bergeron, Harvey, 1997]. Детально проанализирован вопрос лесовосстановления. Данные аспекты актуальны и для условий Крыма.

Определённый интерес в условиях Крымского субсредиземноморья могут иметь результаты исследований по моделированию воздействий изменения климата на частоту пожаров и динамику растительности в экосистемах средиземноморского типа [Mouillot, Rambal, Joffre, 2002].

Близкой по тематике к предыдущей публикации является работа по изучению вопросов управления лесным хозяйством и сохранения биоразнообразия на основе динамики природных экосистем в Северной Европе. Т. Куулувайнен [Kuuluvainen, 2009] отмечает, что раскрытие картины природных характеристик структуры и динамики лесных экосистем свидетельствует о гораздо большем разнообразии, чем их традиционное понимание, что подчёркивает важность динамичных структур древостоя и ландшафта.

Определённую категорию научных исследований и публикаций в зарубежных научных изданиях составляют работы, посвящённые мониторингу и полевым исследованиям функционирования и динамики экосистем. Так, предлагается создание системы мониторинга и прогнозирования динамики экосистем с использованием системы TOPS [Nemani et al., 2009].

Среди работ данного направления отметим также публикацию Е. Левина с соавторами [Levine et al., 1993], 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 [Bonan et al., 2002]. Обращает на себя внимание работа, посвящённая изучению взаимосвязи экогидрологических процессов и экзогенных геолого-геоморфологических процессов и дифференциации растительного покрова как основного компонента экосистем [Ludwig et al., 2005].

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

Н. Петторелли с соавторами [Pettorelli et al., 2005] 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 экосистем.

Среди подобных работ отметим публикации, посвящённые оценке потенциала спутниковых данных MODIS для прогнозирования фенологии растительности в различных биомах: исследование с использованием наземных измерений NDVI [Hmimina et al., 2013], работы по обнаружению изменений растительности с помощью дистанционного зондирования и ГИС-тематического моделирования [Gandhi et al., 2015], работы, посвящённые вопросам эффективности использования снимков со спутников Landsat 7 и Landsat 8 с целью дешифрирования растительного покрова [Mishra et al., 2016; Roy et al., 2016]. Данные публикации являются относительно новыми и актуальными.

Нельзя не отметить спектр работ, посвящённых картографированию экосистем. Традиционно для картографирования экосистем и ландшафтов в зарубежных публикациях, равно как и в отечественных, поднимаются вопросы масштабов картографирования, структуры, иерархии экосистем, их функционирования и динамики, классификации. Отметим лишь некоторые труды по данной проблематике [Bailey, 1985; Bailey, 1987; Green, 2007; Millard, Richardson, 2015; Payet et al., 2013]. Детальный обзор современных подходов к картографированию экосистем приведён в работе [Martínez-Harms, Balvanera, 2012].

Естественно, весомую роль в картографировании экосистем играют геоинформационные технологии. Это достаточно популярная тематика с большим числом публикаций и практических примеров. Так, рядом иностранных авторов поднимается вопрос о неопределённости при дистанционном картографировании и геоинформационном моделировании экосистем и ландшафтов [Rocchini et al., 2013], разрабатываются технологии для веб-сервисов для картографирования экосистем с использованием экспертного мнения [Marvin, Bradley, Wilcove, 2009], традиционно рассматриваются вопросы геоинформационного картирования для обеспечения деятельности по оказанию экосистемных услуг и обеспечения системы природопользования [Egoh et al., 2008; Lüftenegger, Comuzzi, Grefen, 2013; Maesa et al., 2012; Matthew, Wilson, 2006; Raymond et al., 2009]. К числу классических и крайне важных для нашего исследования отнесём работу по картированию регионального испарения и фотосинтеза лесов путём увязки спутниковых данных с моделированием экосистем [Running et al., 1989].

Ожидается большинство работ посвящено картографированию экосистем конкретных регионов с использованием различных подходов и методов [Banner et al., 1996; Kaptué Tchuenté et al., 2011; Lugo et al., 1999; MacMillan et al., 2010; Nadeau, Li, Hans, 2004]. Картографирование



экосистем, в том числе в функциональном и динамическом аспектах, имеет крайне важное значение при охране природы, природоохранном менеджменте и заповедном деле в целом. Это также подчёркивается в ряде зарубежных публикаций по данной тематике [Kappelle et al., 2003; Tallis, Polasky, 2009].

Среди современных технологий отметим трёхмерное лидарное сканирование земной поверхности с целью картографирования структуры и динамики экосистем [Davies, Asner, 2014].

Широкий спектр работ посвящён теоретическим и методическим аспектам использования геоинформационных технологий в картографировании и изучении функционирования экосистем. Среди них выделим интересные, на наш взгляд, и глубоко проработанные научные труды по вопросам исследования экосистем и методов ландшафтной экологии [Haines-Young, Green, Cousins, 1993; Jackson et al., 2013; McNulty et al., 1994; Nemes, Raudsepp-Hearne, 2013; Ollinger, Aber, Federer, 1998; Pastor, Johnston, 1992]. В целом данное направление является общедоступным и легкоприменимым при изучении динамики и функционирования экосистем. Между тем, с методической точки зрения, в настоящее время идёт активное развитие геоинформационных технологий и существует большое число нерешённых теоретических, методических и прикладных задач.

Многочисленные исследования динамики и функционирования экосистем в мире тесно коррелируют с отечественными работами и, с учётом глобализации современных экологических исследований, во многом актуальны и для отечественной науки. Многие подходы и алгоритмы научных исследований, методология и методы практически тождественны. Далее предлагаем детально рассмотреть современные направления и подходы в изучении функционирования и динамики экосистем в отечественном научном экологическом пространстве.

Современные концепции и парадигма изучения экосистем в отечественной науке были заложены в конце 1980-х гг. Их отличает тесная переплетённость биологических и географических исследований, что прежде всего обусловлено большей теоретизацией ландшафтных, а в дальнейшем и ландшафтно-экологических исследований, чем в зарубежных научных школах, которым свойственен, скорее, прикладной характер исследований экосистем.

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 настоящее время проводятся глубокие теоретические исследования функционирования и динамики экосистем и ландшафтов. Отметим основные фундаментальные теоретические направления.

В сфере ландшафтных исследований фундаментальными можно назвать работы Г. А. Исаченко [Исаченко, 2014; Исаченко, 2017]. На основе крайне обширного эмпирического материала и опыта изучения экосистем и ландшафтов автор разрабатывает концепцию многолетней динамики ландшафтов. Автор является представителем научной школы ландшафтоведения Санкт-Петербургского университета, которую длительное время возглавлял классик отечественного ландшафтоведения А. Г. Исаченко.

К глубоким теоретическим трудам, выводы которых базируются на многолетних стационарных и экспериментальных исследованиях, отнесём работы М. М. Фартушиной, М. К. Есеналиева, С. Г. Чекалина с соавторами [Есеналиева, Чекалин, Зимхан, 2017; Фартушина и др., 2015; Фартушина и др., 2014], посвящённые изучению функционирования экосистем и теоретизации этого вопроса. Отметим, что данные исследования продолжают работы научной школы известного отечественного почвоведов В. А. Ковды [Ковда, 1969].

Интерес представляют теоретические работы М. В. Зильбермана с соавторами [Зильберман, Черепанова, 2017; Пичугин, Зильберман, Шенфельд, 2014], посвящённые 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 [Зеленская, 2016; Зеленская, 2017; Зеленская, Керженцев, 2013].

Одним из теоретических направлений является изучение вопросов нагрузок на экосистемы. Так, теорию формирования критических нагрузок на экосистемы разрабатывают представители научной школы во главе с Н. С. Касимовым [Экологическая безопасность..., 2015].

Интересные теоретические выводы в своих публикациях делают Н. Н. Зеленская и А. С. Керженцев [Зеленская, Керженцев, 2015] 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 [Зеленская, 2017].

Отдельно отметим широкий спектр публикаций Э. Г. Коломыца, посвящённых теоретическим и практическим аспектам ландшафтно-экологического анализа экосистем, теории данного анализа и практическим примерам его использования для различных регионов России, дендроиндикации в условиях изменения климата [Коломыц, 2015; Коломыц, Биоклиматическая..., 2018; Коломыц, Избранные очерки...Ч. 1, 2018; Коломыц, Избранные очерки...Ч. 2, 2018; Коломыц, Экспериментальная..., 2018; Коломыц, Петренко, 2018; Коломыц, Шарая, 2014; Коломыц, Шарая, 2015].

Теоретические вопросы геоэкологического картографирования, в том числе его динамические и функциональные аспекты, рассмотрены в работах С. А. Сладкопевцева. Автор справедливо выделяет проблемные вопросы, рассматривает сложность теоретизации данного вопроса, уделяет внимание разнообразию подходов к картографированию экосистем в различных научных школах [Сладкопевцев, 2017; Сладкопевцев, Дроздов, 2017].

Теоретическое обобщение материалов проведённых исследований всегда было свойственно отечественным авторам. Отечественная экология и ландшафтоведение и сегодня отличаются более глубокой проработкой теоретических аспектов изучения экосистем. При этом внимание всегда уделялось вопросам классификации и систематизации данных. Из последних публикаций к таковым можно отнести работу Ю. Г. Пузаченко с соавторами [Пузаченко и др., 2018]. Проблеме классификации экосистем и растительного покрова на основе эколого-фитоценотического и эколого-флористического разнообразия посвящена работа Н. Г. Беляевой с соавторами [Беляева и др., 2018].

Аналогично зарубежным публикациям, в отечественных традиционно развивается направление лесомелиорации ландшафтов. К сожалению, теоретическое обоснование данного направления в отечественной науке сегодня развивается не так интенсивно, как в 1970–1980-е гг. Среди публикаций, затрагивающих теорию функционирования искусственных лесных экосистем, отметим работы и исследования А. С. Рулева с соавторами [Рулев, Пугачева, 2018; Рулев, Рулева, 2018].

Одним из новых и перспективных подходов к изучению экосистем представляется теоретико-информационный подход при исследовании природных комплексов. Его применению посвящены работы П. С. Петренко [Петренко, 2016; Петренко, 2017]. Автор сравнивает в своих публикациях информационный и вещественно-энергетический подходы, выделяет их сильные и слабые стороны при исследовании динамики экосистем.

В отдельное направление выделим публикации, посвящённые вопросам изучения связи биоразнообразия и функционирования экосистем. Данный вопрос исследуется во множестве работ как отечественных, так и зарубежных авторов [Абдурахманов и др., 2014; Арефьев, Мамедов, 2015; Биоразнообразии и антропогенная..., 2017; Василевич, 2016; Сатуева, 2017; Современное состояние..., 2015; Соколова, Соколов, 2018]. Отдельные труды посвящены изучению реакции экосистем, и в первую очередь баланса углекислого газа, на климатические изменения [Замолодчиков, Антропогенная..., 2013; Замолодчиков, Современные..., 2013; Замолодчиков и др., 2013; Карелин, Замолодчиков, 2014]. С исследованием динамики и функционирования ландшафтов связаны работы [Авессаломова и др., 2014; Дьяконов, 2018; Капица и др., 2005; Мамай, 1987; Мамай, 1992; Мамай, 2005; Мамай, О вкладе..., 2007; Мамай, Оценка развития..., 2007; Мамай, 2010; Мамай, Мироненко, 2010; Мамай и др., 2013; Ретеюм, 2014; Ретеюм, 2017; Романова, 2010; Солдатов и др., 2014]. 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 экосистем развиваются ландшафтные и ландшафтно-экологические методы, которые также могут быть эффективно применены при исследовании функционирования экосистем (парагенетический, парадинамический, типологический, хорологический, балансовый, геосистемный, геотопологический, геоморфологический, фитоиндикационный и другие методы).

Обращают на себя внимание работы, посвящённые 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 [Василевич, 2016].

Важное значение при формировании представлений о функционировании и динамике экосистем имеют методы математического моделирования и расчётные методы. Из современных работ по данной проблематике отметим [Рукавицын, 2018; Сысуев, 2020; Юречко и др., 2018]. Не менее важное значение имеет балансовый метод изучения экосистем. Именно составление вещественно-энергетических балансов позволяет, на наш взгляд, наиболее ёмко раскрыть механизмы функционирования экосистем. Отметим некоторые публикации по данной тематике за последние годы [Гаджимусиева, 2014; Малышева и др., 2017].

Традиционно широкий спектр научных работ посвящён изучению динамики и функционирования экосистем 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 экосистем посвящены работы В. Н. Шанина с соавторами [Шанин, 2016; Шанин и др., 2018]. Исследователи проводят моделирование динамики лесных экосистем 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 экосистем имеют работы, связанные с анализом динамики и функционирования почвенного покрова как одного из экосистемных компонентов. В данном направлении отметим публикации К. Ш. Казеева и С. И. Колесникова, посвящённые состоянию и динамике различных типов почв в регионах России и вопросам биодиагностики почв [Казеев, Колесников, 2012].

Изучению вопросов мониторинга горных экосистем посвящены работы [Пшегусов, 2014; Пшегусов, 2017; Пшегусов, 2018]. Особое внимание авторы уделяют вопросам мониторинга животного мира как важной составляющей любой экосистемы, динамическим процессам

в ландшафте, пространственному анализу горных экосистем. 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 экосистем является Сибирь. Данный регион «внес» большой вклад в развитие исследований этой тематики в российской экологии и ландшафтоведении. Экосистемы и ландшафты Сибири изучали многие классики отечественной науки. Исследования, безусловно, продолжаются и сейчас. Отметим лишь нескольких авторов [Байбар, Пузаченко, Сандлерский, 2018; Вантеева, Пузаченко, Сандлерский, 2017; Енчилик и др., 2018; Завалишин, 2017; Зелепукина и др., 2018; Исаченко, 2016; Мелентьев, Мателенок, 2014]. Даже из данного перечня видно, как широко разнообразие работ в методическом плане, региональных аспектах и используемых научных подходах.

Не меньший интерес представляют работы, посвящённые изучению динамики экосистем, 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 экосистем данного региона. Аналогично отметим лишь некоторые публикации, чтобы продемонстрировать широкий охват исследований [Артемова, Леонова, 2014; Горнов и др., 2018; Исаченко, 2018; Константинов, Сергиенко, 2016; Коньшина, 2015; Титкова, Виноградова, 2015; Федорчук и др., 2014; Шанин и др., 2018; Швиденко, Щепашенко, 2014].

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 [Пышкин, Игнатов, Прыгунова, 2016]. Авторы подчёркивают перспективность данного направления в изучении экосистем и приводят интересный обзор всего многообразия 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 [Лобанов и др., 2016], посвящённую изучению по данной методологии вопросов функционирования лесных экосистем на основе колебания биопродуктивности при различных метеорологических условиях. Вегетационные индексы используются для изучения динамики как природных экосистем, так и техногенных [Соколова, Соколов, 2018].

Детальные исследования функционирования экосистем территории России с использованием геоинформационных технологий и дистанционного зондирования осуществляются М. Ю. Пузаченко с соавторами [Вантеева, Сандлерский, 2017; Пузаченко и др., 2017; Пузаченко, Сандлерский, Широная, 2016; Сандлерский, 2017; Сандлерский и др., 2016]. 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 экосистем, а также методов геоинформационного моделирования для конкретных регионов России, уделяется внимание вопросам мониторинга экосистем с использованием ГИС, поднимаются вопросы эффективности использования ГИС в лесоведении, сельскохозяйственной экологии,

мелиорации ландшафтов [Колесенков, Юрьев, 2015; Мушаева, 2015; Сидоренков и др., 2016; Тесленок, Тесленок, Горелов, 2015; Черниховский, 2017]. Анализ публикационной активности отечественных авторов в области геоинформатики позволяет выделить изучение динамики ландшафтов и экосистем в отдельное направление исследований в области изучения функционирования и динамики экосистем с использованием дистанционных методов зондирования поверхности.

История изучения экосистем крымскими исследователями достаточно богата. С Крымом связаны имена многих учёных-классиков, внёсших огромный вклад в развитие биологических наук, наук о Земле; их работы оказали крайне важное влияние на формирование теоретических аспектов экологии 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 экосистем в крымской научной среде.

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

Рассмотрение начнем с Никитского ботанического сада — Национального научного центра РАН. Ведущее место здесь занимают труды представителей научной школы Ю. В. Плугатаря и работы непосредственно самого автора, лежащие в русле изучения теоретических аспектов экологии, экологической роли, функционирования лесных экосистем полуострова. Важное место занимают работы, посвящённые вопросам лесной мелиорации, изучения влияния рекреации на состояние и функционирование лесных экосистем, оптимизации агроландшафтов Крыма, интродукции растений в условиях Южного берега Крыма, мониторинга лесных экосистем полуострова [Плугатарь, Из лесов..., 2008; Плугатарь, Типы лесов..., 2008; Плугатарь, 2015; Плугатарь, Корженевский, 2014; Плугатарь, Корженевский, 2016; Плугатарь, Корженевский, 2018; Плугатарь, Корсакова, Ильницкий, 2015; Плугатарь, Корсакова, 2019; Поляков, Плугатарь, 2009; Поляков, Плугатарь, Рудь, 2008].

Вопросы биоиндикации экосистем 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 экосистем с функциональной точки зрения. Данные исследования проводились и проводятся В. В. Корженевским. Автор внёс существенный вклад в изучение природных экосистем полуострова. Среди его основных работ отметим следующие: [Корженевский и др., 2012; Корженевский, Клюкин, 1989; Корженевский, Клюкин, 1986; Корженевский, Квитницкая, 2009; Корженевский, Квитницкая, 2010; Корженевский, Квитницкая, 2015]. Научные интересы В. В. Корженевского затрагивают также теоретическое и практическое изучение ботанических аспектов функционирования экосистем, исследование роли биологического разнообразия в обеспечении устойчивости природных и антропогенных экосистем, изучение вопросов ёмкости местообитаний, эколого-фитоценотического картирования [Голубев, Корженевский, 1980; Ермаков, Корженевский, Плугатарь, 2018; Корженевский, Дубс, Корженевская, 2013; Корженевский, 1986; Корженевский, 1987]. Отметим и работы автора, проведённые совместно с крымскими учёными-ландшафтоведами и геоморфологами: они позволили осуществить синтез экологических и ландшафтных знаний в изучении функционирования и динамики ландшафтов Крымского полуострова [Корженевский, Клюкин, 1986; Корженевский, Клюкин, 1989; Корженевский, Клюкин, 2000].

Выделим работы Н. А. Багриковой [Багрикова, 2013; Багрикова, 2018], С. Ю. Костина [Костин, 2018; Костин, Багрикова, 2016] и Е. С. Крайнюк [Крайнюк, 2013; Крайнюк, 2016] в области многолетнего исследования экосистем 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 экосистем посвящены работы В. П. Исикова [Исиков, 2014; Исиков, Плугатарь, Коба, 2014]. С изучением экологии лесов горного Крыма, прежде всего сосновых, и организацией вопросов лесомелиорации на полуострове связаны публикации В. П. Кобы [Коба, 2009; Коба, Жигалова, 2014]. Обращают на себя внимание работы Н. Б. Ермакова в области изучения функционирования экосистем с позиций геоинформационного моделирования, картографирования и мониторинга [Ермаков, 2017; Ермаков, Ермакова, 2017]. Вопросам агроклиматического районирования и почвенных исследований Крыма посвящены публикации Н. Е. Опанасенко [Агроклиматологическая оценка..., 2015; Опанасенко, 2014; Опанасенко, Костенко, Евтушенко, 2015] и И. В. Костенко [Костенко, 2014; Костенко, 2018; Костенко, Опанасенко, 2020].

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 фокусе внимания исследований, проводимых в университете, сохраняются направления, связанные с изучением функционирования и динамики экосистем.

Большую роль в становлении современной ландшафтной экологии и геоэкологии в университете сыграли работы учёных — представителей научной школы В. А. Бокова. Он внес значительный вклад в теорию геоэкологии, разработку подходов и методов ландшафтно-экологических исследований, пространственного-временного анализа территорий, рассматривал вопросы геотопологии и геофизики ландшафтов [Боков, 2008; Боков, 2012; Боков, Роль местоположений..., 2014; Боков, Статистическая природа..., 2014; Боков, Смирнов, 2011; Боков, Смирнов, 2019; Боков, Яковлева, 2020; Ландшафтно-геофизические..., 2001; Разработка экологически..., 2013; Трансформация водного..., 2011; Трансформация ландшафтно-экологических..., 2010]. Среди работ представителей данной научной школы отметим публикации А. И. Лычака [Лычак, Бобра, 2012; Лычак, Бобра, Яшенков, 2011], Т. В. Бобры [Бобра, 2005; Бобра, 2007; Бобра, Лычак, 2010], В. О. Смирнова [Смирнов, 2012; Смирнов, 2015], Л. М. Соцковой [Соцкова, 2011; Соцкова, Окара, 2016], Л. Я. Гаркуши [Гаркуша, Багрова, Позаченюк, 2012; Гаркуша, Соцкова, 2007], Л. А. Багровой [Багрова, Гаркуша, 2009; Багрова, Гаркуша, 2010], Н. А. Драган [Драган, 2004], А. Г. Панина [Панин, 2011; Панин, 2012], посвящённые 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 [Позаченюк, 2003; Позаченюк, 2011; Позаченюк, 2015; Современные ландшафты..., 2009]. Изучению карстовых процессов в Крыму посвящены работы Б. А. Вахрушева [Вахрушев, 2009; Вахрушев, Клюкин, 2001; Вахрушев, Вахрушев, 2011]. Е. И. Ергина изучает процессы почвообразования на территории полуострова [Ергина, 2017; Ергина, Горбунов, Щербина, 2018].

Следует также выделить работы биологического направления. А. В. Ена — представитель известной династии учёных, внёсших весомый вклад в изучение природы Крыма, является автором значимых публикаций в области исследования растительности, биологического и ландшафтного разнообразия Крыма, охраны природы [Ена, 2012; Ена, Ена, Ена, 2013]. Работы А. В. Ивашова посвящены вопросам биологического и экосистемного разнообразия, теоретическим аспектам

современной экологии как науки, разнообразию и структуре биогеоценозов [Громенко, Апостолов, Ивашов, 2016; Ивашов, 2011; Ивашов, Громенко, Пышкин, 2010]. С. П. Иванов занимается изучением биологии и экологии пчёл, а также вопросами охраны биологического разнообразия Крымского полуострова [Природа Восточного..., 2013].

В отдельную категорию можно выделить исследования наземных экосистем, осуществляемые сотрудниками Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН. Здесь следует упомянуть ландшафтно-экологические работы Т. В. Панкеевой с соавторами [Панкеева, Каширина, Панкеева, 2018; Панкеева и др., 2020], геоботанические и флористические исследования Л. В. Бондаревой с соавторами [Бондарева, 2005; Бондарева, 2018; Бондарева, 2019; Бондарева, Мильчакова, 2002; Бондарева, Мильчакова, Панкеева, 2008; Repetskaya et al., 2020]. Публикации Н. В. Шадрина и Е. В. Ануфриевой посвящены исследованию функционирования и динамики лиманных экосистем Крымского полуострова [Anufrieva, Kolesnikova, Shadrin, 2019; Shadrin et al., 2019; Shadrin, Anufrieva, 2020]. Большой вклад в развитие представлений о функционировании и динамике экосистем 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 экосистем Юго-Восточного Крыма. Среди основных публикаций по результатам работы стационара следует отметить [Бобра, 2005; Бобра, 2007; Ландшафтно-геофизические..., 2001; Ландшафтно-экологический..., 1999; Зув, Летухова, Зуева, 2020; Трансформация водного..., 2011; Трансформация ландшафтно-экологических..., 2010]. Вопросам изучения связи абиотических и биотических компонентов в экосистемах, функционирования и динамики экосистем посвящены работы Л. П. Мироновой [Миронова, 1991; Миронова, Растворова, 1997].

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 Крымского полуострова [Паштецкий, 2015]. Развивается направление, связанное с использованием методов геоматики в управлении агроландшафтами [Дунаева и др., 2019; Dunaeva et al., Approaches for..., 2020; Dunaeva et al., Application of ecosystem..., 2020].

## **Заключение**

Таким образом, в рамках исследования рассмотрен вопрос о формировании и эволюции научных подходов к изучению функционирования и динамики экосистем, о развитии данных понятий в исторической перспективе. Важное значение при этом имеет региональная составляющая исследования функционирования и динамики экосистем.

Проведённый обзор научных публикаций, посвящённых развитию представлений об экосистеме и становлению экологии как науки позволяет выделить ряд этапов в формировании знаний о функционировании экосистем и их динамике. Сразу обращает на себя внимание множественность подходов к данному вопросу, что связано как с насыщенной историей формирования экологии и наличием весомого числа направлений и научных школ в экологической науке, так и с многогранностью науки в целом.

Анализ современных тенденций в мировой и отечественной науке в области изучения функционирования и динамики экосистем показал, что весомую долю исследований занимают работы, посвящённые изучению региональных экосистем во всей их сложности внутрисистемных взаимодействий и разнообразия.

Исследования экосистем Крыма ведутся в ряде крупных научных учреждений полуострова, имеющих свои научные школы в данном направлении. В работе рассмотрены результаты практически всех исследований, проводимых в Крыму, по вопросам динамики и функционирования экосистем.

Анализ работ показывает, что, несмотря на огромное количество публикаций, в том числе касающихся экосистем Крымского полуострова, вопросы функционирования и динамики региональных экосистем в условиях глобальных климатических изменений сегодня имеют особую важность из-за необходимости адаптации системы природопользования в условиях реакции экосистем на эти изменения. При этом, учитывая особенности регионального проявления климатических изменений, отягощённых влиянием местных факторов и условиями формирования климата, для каждого региона необходимо разрабатывать свои региональные модели и прогнозы, а также рекомендации по оптимизации природопользования. Большие возможности при этом открываются при использовании данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Для территории Крымского полуострова вопросы функционирования и динамики экосистем в условиях региональных проявлений изменения климата остаются до конца неразработанными.

### Список литературы

1. Абдурахманов Г. М., Шхагапоев С. Х., Бахтиев А. М., Теймуров А. А., Эрджанова Р. С. Современное состояние регионального горного биоразнообразия, проблемы его сохранения и рационального использования // Проблемы устойчивого развития горных районов Северного Кавказа в условиях глобальных изменений: исследования и практика : материалы междунар. науч.-практ. конф., Грозный, 12–14 октября 2014 г. / отв. ред. У. Т. Гайрабеков. – Грозный : Чеченский гос. ун-т, 2014. – С. 162–167.
2. Авессаломова И. А., Дьяконов К. Н., Савенко А. В., Харитонов Т. И. Геохимическая трансформация постмелиоративных ландшафтов // Вестник Московского университета. Серия 5, География. – 2014. – № 2. – С. 17–24.
3. Агроклиматологическая оценка пригодности территории Черноморского района Крыма под плодовые культуры : (научно-практическое издание) / Н. Е. Опанасенко [и др.] ; Никитский ботанический сад. – Симферополь : Научный мир, 2015. – 84 с.
4. Арефьев Ю. Ф., Мамедов М. М. Биоразнообразие естественных и искусственных лесных экосистем – общность и особенности // Биологическое разнообразие как основа существования и функционирования естественных и искусственных экосистем : материалы всерос. молодеж. науч. конф., Воронеж, 8–10 июня 2015 г. – Воронеж : Истоки, 2015. – С. 9–13.
5. Артемова С. Н., Леонова Н. А. Формирование ландшафтов северной лесостепи (на примере Пензенской области) // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11 (10). – С. 2180–2184.
6. Багрикова Н. А. Адвентивные виды растений на территориях природных заповедников Крыма // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2013. – Т. 135. – С. 96–106.
7. Багрикова Н. А. Дифференциация сообществ сегетальной растительности Крыма на градиентах факторов // Наука Юга России. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 73–87.
8. Багрова Л. А., Гаркуша Л. Я. Искусственные лесонасаждения в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 20. – С. 134–145.
9. Багрова Л. А., Гаркуша Л. Я. Средообразующее значение искусственных лесонасаждений // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2010. – Т. 23 (62), № 2. – С. 10–21.
10. Байбар А. С., Пузаченко Ю. Г., Сандлерский Р. Б. Температурное поле южно-таёжного ландшафта // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Междунар. ландшафт. конф., посвящ. 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. 300–302.



11. *Беляева Н. Г., Черненко Т. В., Морозова О. В., Сандлерский Р. Б., Архипова М. В.* Сравнение эколого-фитоценологического и эколого-флористического методов классификации для оценки ценологического разнообразия и картографирования лесной растительности // *Лесоведение*. – 2018. – № 3. – С. 178–193.
12. Биоразнообразие и антропогенная трансформация природных экосистем : материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. памяти А. И. Золотухина и Году экологии, Балашов, 17–18 мая 2018 г. / под ред. А. Н. Володченко. – Саратов : Саратовский источник, 2017. – 264 с.
13. *Бобра Т. В., Лычак А. И.* Карта современных ландшафтов Крыма // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. – 2010. – Т. 6, вып. 1-2. – С. 101–104.
14. *Бобра Т. В.* Ландшафтные границы: выявление, анализ, картографирование / [Таврич. нац. ун-т им. В. И. Вернадского]. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2005. – 168 с.
15. *Бобра Т. В.* Сборник научных статей и эссе на тему организации геопространства, геоэкотонов и экотонизации (2004–2006 гг.) / [Таврич. нац. ун-т им. В. И. Вернадского]. – Симферополь : [б. и.], 2007. – 160 с.
16. *Боков В. А., Смирнов В. О.* О смыслах способов оценки увлажнения ландшафтов // *Вестник Московского университета. Серия 5, География*. – 2019. – № 1. – С. 83–92.
17. *Боков В. А., Яковлева О. Б.* Причинно-следственные отношения в процессах формирования увлажнения ландшафтных комплексов // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. – 2020. – Т. 6 (16), вып. 1. – С. 39–56.
18. *Боков В. А.* Проблемы оценки увлажнения ландшафтов // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География*. – 2008. – Т. 21 (60), № 2. – С. 47–50.
19. *Боков В. А.* Реальны ли ландшафты? // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География*. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 3–8.
20. *Боков В. А., Смирнов В. О.* Роль местоположений в ландшафтном анализе: новый аспект // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География*. – 2011. – Т. 24 (63), № 2-1. – С. 201–210.
21. *Боков В. А.* Роль местоположений в формировании ландшафтно-геофизической дифференциации на локальном уровне // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География*. – 2014. – Т. 27 (66), № 2. – С. 16–26.
22. *Боков В. А.* Статистическая природа ландшафтных систем // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География*. – 2014. – Т. 27 (66), № 1. – С. 3–10.
23. *Бондарева Л. В., Мильчакова Н. А., Панкеева Т. В.* Заказник «Караньский» как приоритетная территория для сохранения флористического разнообразия региона Севастополя // *Значення та перспективи стаціонарних досліджень для збереження біорізноманіття : матеріали міжнар. наук. конф., присвяч. 50-річчю функціонування високогір. біол. стаціонару «Пожижевська», Львів-Пожижевська, 23–27 верес. 2008 р.* – Львів : Ін-т екології Карпат НАН України, 2008. – С. 48–49.
24. *Бондарева Л. В.* Научное обоснование создания ботанического заказника «Караньский» (Гераклейский полуостров) // *Заповедники Крыма: заповедное дело, биоразнообразие, экообразование : материалы III науч. конф., Симферополь, Крым, 22 апр. 2005 г.* – Симферополь : [б. и.], 2005. – Ч. 1: География. Заповедное дело. Ботаника. Лесоведение. – С. 145–150.
25. *Бондарева Л. В.* Растительность прибрежной зоны Гераклейского полуострова // *Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада*. – 2019. – Т. 149. – С. 41–54. – <https://doi.org/10.36305/0201-7997-2019-149-41-54>
26. *Бондарева Л. В., Мильчакова Н. А.* Флора общезоологического заказника «Бухта Казачья» (Крым, Чёрное море) // *Заповідна справа в Україні*. – 2002. – Т. 8, № 2. – С. 36–47.
27. *Бондарева Л. В.* Флора сосудистых растений государственного природного заказника регионального значения «Мыс Фиолент» (Крым) // *Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии*. – 2018. – Т. 27, № 4 (1). – С. 123–130.
28. *Вантеева Ю. В., Пузаченко Ю. Г., Сандлерский Р. Б.* Оценка термодинамических переменных геосистем северо-восточного Прибайкалья на основе мультиспектральной дистанционной информации // *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. – 2017. – № 6. – С. 99–116. – <https://doi.org/10.7868/S0373244417060093>

29. Вантеева Ю. В., Сандлерский Р. Б. Пространственно-временная динамика энергетических переменных геосистем Приольхонья по данным дистанционного зондирования // Региональные аспекты изменения природной среды и общества : материалы XIX науч. конф. молодых географов Сибири и Дальнего Востока, Иркутск, 3–7 окт. 2017 г. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2017. – С. 41–43.
30. Василевич В. И. Функциональное разнообразие растительных сообществ // Ботанический журнал. – 2016. – Т. 101, № 7. – С. 776–795.
31. Вахрушев Б. А., Клюкин А. А. Криогенные процессы Крымских яйл // Геоморфология. – 2001. – № 2. – С. 48–54.
32. Вахрушев Б. А., Вахрушев И. Б. Морфоструктурная позиция Крымских гор в свете современных концепций актуалистической геодинамики // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2-1. – С. 13–22.
33. Вахрушев Б. А. Районирование карста Крымского полуострова // Спелеология и карстология. – 2009. – № 3. – С. 39–46.
34. Гаджимусиева Н. Т. Динамический баланс йода в экосистеме Западного Прикаспия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. – 2014. – № 63. – С. 156–159.
35. Гаркуша Л. Я., Багрова Л. А., Позаченюк Е. А. Разнообразие ландшафтов Крыма со средиземноморскими элементами флоры // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 36–47.
36. Гаркуша Л. Я., Соцкова Л. М. Изменение растительного покрова Присивашья под влиянием орошения // Вестник Московского университета. Серия 5, География. – 2007. – № 2. – С. 55–59.
37. Голубев В. Н., Корженевский В. В. Синэкологические оптимумы высотного распределения некоторых видов растений Горного Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1980. – Вып. 42. – С. 10–14.
38. Горнов А. В., Горнова М. В., Тихонова Е. В., Шевченко Н. Е., Кузнецова А. И., Ручинская Е. В., Тебенькова Д. Н. Оценка сукцессионного статуса хвойно-широколиственных лесов европейской части России на основе популяционного подхода // Лесоведение. – 2018. – № 4. – С. 243–257.
39. Громенко В. М., Апостолов В. Л., Ивашов А. В. Разнообразие и структура биогеоценозов Крымского Присивашья // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2016. – № 4 (62). – С. 9–12.
40. Драган Н. А. Почвенные ресурсы Крыма. – Симферополь : Доля, 2004. – 209 с.
41. Дунаева Е. А., Плотников Д. Е., Хвостиков С. А., Ёлкина Е. С., Барботкина Е. С., Вечерков В. В., Барталев С. А. Использование данных дистанционного зондирования для ранней диагностики наступления засушливых условий // Таврический вестник аграрной науки. – 2019. – № 4 (20). – С. 28–45.
42. Дьяконов К. Н. Геофизические катены геосистем локального уровня // Ландшафтная география в XXI веке : материалы междунар. науч. конф. «Третьи ландшафтно-экологические чтения, посвящ. 100-летию со дня рождения Г. Е. Гришанкова», Симферополь, 11–14 сент., 2018 г. / ред.: Е. А. Позаченюк [и др.]. – Симферополь : Ариал, 2018. – С. 29–33.
43. Ена А. В. Природная флора Крымского полуострова. – Симферополь : Н. Оріанда, 2012. – 232 с.
44. Ена В. Г., Ена Ал. В., Ена Ан. В. Заповедные ландшафты Тавриды. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2013. – 438 с.
45. Енчилик П. Р., Асеева Е. Н., Семенов И. Н., Терская Е. В., Касимов Н. С. Биогеохимическая дифференциация фитомассы южно-таёжных ландшафтов Центрально-Лесного заповедника // Почвы в биосфере : сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию Ин-та почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10–14 сент. 2018 г. / отв. ред. А. И. Сысо. – Томск : Нац. исслед. Том. гос. ун-т, 2018. – Ч. 1. – С. 15–19.
46. Ергина Е. И., Горбунов Р. В., Щербина А. Д. Почвенные эталоны и редкие почвы равнинного Крыма. – Симферополь : Ариал, 2018. – 168 с.
47. Ергина Е. И. Пространственно-временные закономерности процессов современного почвообразования на Крымском полуострове / Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского. – Симферополь : Ариал, 2017. – 220 с.

48. *Ермаков Н. Б., Ермакова Е. В.* Организация мониторинга редких и исчезающих видов растений и растительных сообществ на основе дистанционного зондирования // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий : материалы круглого стола, посвящ. Году экологии в Российской Федерации : Междунар. науч. шк.-конф. студентов и молодых ученых «Экология Южной Сибири – 20 лет пути», Абакан, 1 дек. 2017 г. / отв. ред. В. В. Аношин. – Абакан : Хакас. гос. ун-т им. Н. Ф. Катанова, 2017. – Вып. 21. – С. 31–36.
49. *Ермаков Н. Б.* Отображение пространственной организации растительного покрова на разных масштабных уровнях // Современные технологии в изучении биоразнообразия и интродукции растений : сб. мате-риалов междунар. науч. конф., посвящ. 90-летию Ботанич. сада Юж. федерал. ун-та, 17–21 сент. 2017 г. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во Юж. федерал. ун-та, 2017. – С. 11–12.
50. *Ермаков Н. Б., Корженевский В. В., Плугатарь Ю. В.* Создание крупномасштабных эколого-фитоценологических карт как информационная основа мониторинга и сохранения регионального фито-разнообразия // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты) : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Ялта, 1–5 окт. 2018 г. / отв. ред. И. В. Митрофанова. – Симферополь : Ариал, 2018. – С. 129–130.
51. *Есеналиева М. К., Чекалин С. Г., Зимхан Б. А.* Оценка экологического состояния экосистем // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 6 (68). – С. 201–204.
52. *Завалишин Н. Н.* Моделирование динамики биотического круговорота в болотных ландшафтах Южной и Средней тайги Западной Сибири // Углеродный баланс болот Западной Сибири в контексте изменения климата : материалы междунар. конф., Ханты-Мансийск, 19–29 июня 2017 г. / под ред. Е. Д. Лапшиной, Н. П. Мироньчевой-Токаревой. – Томск : Нац. исслед. Том. гос. ун-т, 2017. – С. 57–59.
53. *Замолодчиков Д. Г.* Антропогенная и естественная компоненты динамики температуры территории России // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2013. – № 1. – С. 36–42.
54. *Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Коровин Г. Н., Гитарский М. Л., Блинов В. Г., Дмитриев В. В., Куриц В. А.* Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990–2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз // Метеорология и гидрология. – 2013. – № 10. – С. 73–92.
55. *Замолодчиков Д. Г.* Современные антропогенные модификации глобальных биогеохимических циклов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 3. – С. 23–32.
56. *Зеленская Н. Н.* Изменение функциональных параметров северного изолированного фрагмента степей при потеплении климата // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2016. – № 25 (246). – С. 5–13.
57. *Зеленская Н. Н., Керженцев А. С.* Режимы содержания степей в малых заповедниках и теория функционирования экосистем // Степной бюллетень. – 2015. – № 43/44. – С. 7–11.
58. *Зеленская Н. Н., Керженцев А. С.* Структурно-функциональное единство растительности и почвы – механизм функционирования экосистем (в связи с посадкой киотских лесов в степной зоне) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2013. – № 3 (146). – С. 121–126.
59. *Зеленская Н. Н.* Отклик целостной экосистемы на потепление климата // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – № 2. – С. 44–49. – <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2017-2-044-049>
60. *Зеленукина Е. С., Гаврилкина С. А., Лесовая С. Н., Галанина О. В.* Ландшафтная структура высотной экотонной полосы высокогорного массива Монгун-Тайга // Известия Русского географического общества. – 2018. – Т. 150, вып. 2. – С. 33–47.
61. *Зильберман М. В., Черепанова М. В.* Устойчивость функционирования экосистем в рамках динамической модели взаимодействия биомассы и ресурсов // Проблемы региональной экологии. – 2017. – № 5. – С. 59–65.
62. *Зуев А. В., Летухова В. Ю., Зуева Л. А.* Климатические изменения как фактор трансформации растительного покрова на примере Карадагского ландшафтно-экологического стационара // Труды Карадагской научной станции им. Т. И. Вяземского – природного заповедника РАН. – 2020. – Вып. 1 (13). – С. 77–98.

63. *Ивашов А. В., Громенко В. М., Пышкин В. Б.* Оценка разнообразия флоры и фауны биогеоценозов Крымского Присивашья // Экология и ноосферология. – 2010. – Т. 21, № 1/2. – С. 19–27.
64. *Ивашов А. В.* К вопросу о содержании современной экологии // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – № 5 (24). – С. 3–10.
65. *Исаченко Г. А.* Динамика бореальных ландшафтов запада европейской части России за последние десятилетия // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Междунар. ландшафт. конф., посвящ. 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.
66. *Исаченко Г. А.* Концепция многолетней динамики ландшафтов и вызовы времени // Вопросы географии. – 2014. – № 138. – С. 215–232.
67. *Исаченко Г. А.* Некоторые итоги стационарных исследований динамики ландшафтов южной тайги Северо-Запада Европейской России // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения : материалы VI Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 120-летию со дня рождения Г. М. Крепса и 110-летию со дня рождения О. И. Семенова-Тян-Шанского, Апатиты, 10–14 окт. 2016 г. / отв. ред. Г. А. Евдокимова, О. И. Вандыш. – Апатиты : Кол. науч. центр РАН, 2016. – С. 95–98.
68. *Исаченко Г. А.* Опыт интерпретации изменений культурного ландшафта с позиций динамического ландшафтоведения // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2017. – № 1. – С. 20–34. – <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2017-1-20-34>
69. *Исиков В. П., Плугатарь Ю. В., Коба В. П.* Методы исследований лесных экосистем Крыма. – Симферополь : Ариал, 2014. – 252 с.
70. *Исиков В. П.* Формовое разнообразие древесных растений природной флоры Крыма // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2014. – Т. 136. – С. 55–66.
71. *Казеев К. Ш., Колесников С. И.* Биодиагностика почв: методология и методы исследования. – Ростов-на-Дону : Юж. федерал. ун-т, 2012. – 260 с.
72. *Капица А. П., Голубева Е. И., Кравцова В. И., Краснушкин А. В., Лурье И. К., Мальшиев В. Б., Рис У. Г., Тутубалина О. В.* Мониторинг состояния экосистем Севера // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2005. – № 2. – С. 82–91.
73. *Карелин Д. В., Замолотчиков Д. Г.* Баланс углерода в тундре в условиях современного климата: роль подземной составляющей чистой продукции // Доклады Академии наук. – 2014. – Т. 458, № 2. – С. 243–245.
74. *Коба В. П.* Биопродуктивность и экологический потенциал природных популяций видов рода *Pinus* L. // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2009. – Т. 22, № 3 (61). – С. 57–62.
75. *Коба В. П., Жигалова Т. П.* Климатические факторы и динамика пожаров в лесах Горного Крыма // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 52–58.
76. *Ковда В. А.* Действительно ли современные почвы не имеют истории? // Почвоведение. – 1969. – № 6. – С. 155–190.
77. *Колесников А. Н., Юрьев П. Н.* Разработка алгоритма аэрокосмического ГИС-мониторинга экосистем // Актуальные проблемы математики и информатики: теория, методика, практика : сб. науч. тр. / М-во образования и науки РФ, Елец. гос. ун-т им. И. А. Бунина. – Елец : Елец. гос. ун-т им. И. А. Бунина, 2015. – С. 149–153.
78. *Коломыц Э. Г.* Биоклиматическая систем Курильских островов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2018. – № 3. – С. 79–90.
79. *Коломыц Э. Г., Петренко П. С.* Дендроиндикация климатогенной динамики продуктивности лесных экосистем на Тихоокеанском мегаэотоне Северной Евразии // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 1. – С. 131–138.
80. *Коломыц Э. Г.* Избранные очерки географической экологии. Часть I. Базовый ландшафтно-экологический анализ // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 1. – С. 15–129.

81. Коломыйц Э. Г. Избранные очерки географической экологии. Часть II. Ландшафтно-экологические прогнозы // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2018. – Т. 27, № 2. – С. 5–146.
82. Коломыйц Э. Г., Шарая Л. С. Количественная оценка функциональной устойчивости лесных экосистем // Экология. – 2015. – № 2. – С. 83–94.
83. Коломыйц Э. Г., Шарая Л. С. Устойчивость лесных экосистем, методы её исчисления и картографирования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 1. – С. 93–107.
84. Коломыйц Э. Г. Эволюционная экология бореальных лесов на Тихоокеанском мегаэотоне Северной Евразии // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – Т. 24, № 3. – С. 5–139.
85. Коломыйц Э. Г. Экспериментальная географическая экология. Записки географа-натуралиста. – Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2018. – 716 с.
86. Константинов А. В., Сергиенко В. Г. Влияние изменений климата в голоцене на формирование разнообразия современных лесов и их трансформация к концу XXI века в Европейской части России // Лесотехнический журнал. – 2016. – № 3 (23). – С. 19–29.
87. Коньшина Е. В. Использование данных MODIS MCD 45 для пространственно-временного анализа лесных пожаров в ландшафтах лесной зоны европейской части России // Ландшафтно-экологическое состояние регионов России : материалы всерос. науч.-практ. конф., Воронеж, 19–21 мая 2015 г. / отв. ред. В. Б. Михно. – Воронеж : Истоки, 2015. – С. 82–86.
88. Корженевский В. В., Клюкин А. А. Биоиндикация современных процессов рельефообразования : учебное пособие. – Ялта : Ялтин. ин-т менеджмента, 2000. – 138 с.
89. Корженевский В. В., Дубс Е. Ю., Корженевская Ю. В. Геохимические особенности модельного мониторингового профиля Опуцкого природного заповедника // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2013. – Т. 135. – С. 58–67.
90. Корженевский В. В., Клюкин А. А. Растительность гротов Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1989. – Вып. 70. – С. 14–19.
91. Корженевский В. В. Растительность дюн Крыма // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 1986. – Т. 98. – С. 122–133.
92. Корженевский В. В. Растительность клифа Азовского побережья Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 1987. – Вып. 62. – С. 5–10.
93. Корженевский В. В., Квитницкая А. А., Едигарян А. А., Лыскович З. Ф. Фитоиндикация прибрежных форм рельефа Керченского полуострова // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2012. – Вып. 104. – С. 17–22.
94. Корженевский В. В., Клюкин А. А. Фитоиндикация рельефа возвышенностей Керченского полуострова на примере Казантипа // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 1986. – Т. 98. – С. 111–122.
95. Корженевский В. В., Квитницкая А. А. Фитоиндикация рельефообразования и опыт её применения // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2010. – Вып. 100. – С. 5–28.
96. Корженевский В. В., Квитницкая А. А. Фитоиндикация суффозионных явлений на грязевулканических брекчиях в Крыму // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – № 1 (20). – С. 32–44.
97. Корженевский В. В., Квитницкая А. А. Фитоиндикация эолового рельефа Крыма // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 1-1. – С. 89–96.
98. Костенко И. В. Атлас почв Горного Крыма : научно-справочное пособие. – Киев : Ред. журн. «Аграр. наука», 2014. – 184 с.
99. Костенко И. В. Влияние искусственных лесных насаждений на горно-луговые почвы Крыма // Почвоведение. – 2018. – № 5. – С. 515–525. – <https://doi.org/10.7868/S0032180X18050015>
100. Костенко И. В., Опанасенко Н. Е. Сравнительная характеристика горно-лесных и горно-луговых почв Долгоруковской яйлы (Горный Крым) // Почвоведение. – 2020. – № 7. – С. 791–802. – <https://doi.org/10.31857/S0032180X20070072>
101. Костин С. Ю., Багрикова Н. А. Орнитокомплексы агроценозов Горного Крыма // Птицы и сельское хозяйство: современное состояние, проблемы и перспективы изучения : материалы I междунар. орнитол. конф., Москва, 17–18 ноября 2016 г. – Москва : Фирма Знак, 2016. – С. 144–149.

102. *Костин С. Ю.* Лесомелиорация как фактор трансформации орнитофауны Равнинного Крыма // Наука Юга России. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 98–108.
103. *Крайнюк Е. С.* Ресурсный потенциал природной флоры Крыма // Биологические особенности лекарственных и ароматических растений и их роль в медицине : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию ВИЛАР, Москва, 23–25 июня 2016 г. / отв. ред. Л. Н. Зайко. – Москва : Щербин. тип., 2016. – С. 93–96.
104. *Крайнюк Е. С.* Современное состояние растительного покрова природного заповедника «Мыс Мартыян» // Научные записки природного заповедника «Мыс Мартыян». – 2013. – Вып. 4. – С. 38–46.
105. *Ландшафтно-геофизические условия произрастания лесов в юго-восточной части Горного Крыма / под ред. В. А. Бокова.* – Симферополь : Таврия-Плюс, 2001. – 136 с.
106. *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.
107. *Лобанов Г. В., Башкирский А. И., Зверева А. Ю., Тришкин Б. В., Протасова А. П.* Многолетняя динамика NDVI как характеристика функционирования лесных ландшафтов (на примере Брянского учебно-опытного лесничества) // Учёные записки Брянского государственного университета. – 2016. – № 2. – С. 57–61.
108. *Лычак А. И., Бобра Т. В.* Новые подходы к геоэкологическому анализу и прогнозу антропогенной трансформации ландшафтов Крыма // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 146–154.
109. *Лычак А. И., Бобра Т. В., Яшенков В. О.* Прогнозное моделирование геоэкологических ситуаций в Крыму с использованием SWAT-модели // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 3. – С. 116–121.
110. *Мальшиева Н. В., Моисеев Б. Н., Филищук А. Н., Золина Т. А.* Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчётов депонирования углерода // Лесной вестник = Forestry Bulletin. – 2017. – Т. 21, № 1. – С. 4–13.
111. *Мамай И. И.* Динамика и функционирование ландшафтов : учебное пособие. – Москва : Изд-во МГУ, 2005. – 138 с.
112. *Мамай И. И.* Динамика ландшафтов. – Москва : Изд-во МГУ, 1992. – 167 с.
113. *Мамай И. И.* Закономерности развития природных территориальных комплексов в летние сезоны (на примере юго-восточной Мещёры) // Известия Русского географического общества. – 2010. – Т. 142, № 1. – С. 21–31.
114. *Мамай И. И.* О вкладе весенних состояний природных территориальных комплексов в их развитие // Известия Русского географического общества. – 2008. – Т. 140, № 4. – С. 9–20.
115. *Мамай И. И.* О вкладе зимних состояний природных территориальных комплексов в их развитие // Известия Русского географического общества. – 2007. – Т. 139, № 4. – С. 18–29.
116. *Мамай И. И.* Основы методики изучения динамики ландшафтов : учебное пособие. – Москва : Изд-во МГУ, 1987. – 203 с.
117. *Мамай И. И.* Оценка развития природных территориальных комплексов // География и природные ресурсы. – 2007. – № 2. – С. 134–139.
118. *Мамай И. И., Мироненко И. В.* Пространственные закономерности временных свойств природных территориальных комплексов // Вестник Московского университета. Серия 5, География. – 2010. – № 4. – С. 10–17.
119. *Мамай И. И., Мироненко И. В., Роганов С. Б., Матасов В. М., Глухов А. И., Федин А. В., Лапонова Г. В.* Развитие ландшафтов Мещёры за несколько десятилетий // Ландшафтный сборник (Развитие идей Н. А. Солнцева в современном ландшафтоведении). «Солнцевские чтения», посвящ. 110-летию со дня рождения основателя ландшафт.-геогр. шк. Моск. ун-та – Николая Адольфовича Солнцева-Эльбе, Москва, 24 мая 2012 г. / под ред. И. И. Мамай. – Москва ; Смоленск : Ойкумена, 2013. – С. 58–87.
120. *Мелентьев В. В., Мателенок И. В.* Возможности спутниковой СВЧ-радиометрии для широтной-зональной дифференциации ландшафтов Западной Сибири // Лесоведение. – 2014. – № 5. – С. 54–64.

121. *Миронова Л. П., Растворова О. Г.* Особенности влияния абиотических факторов среды на показатели продукционного и деструкционного процессов в условиях Карадагского заповедника // Труды Карадагского филиала : сб. науч. тр. / НАН Украины, Ин-т биологии юж. морей им. А. О. Ковалевского. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 1997. – С. 191–199.
122. *Миронова Л. П.* Эколого-биологическая структура и динамика растительных сообществ Карадагского заповедника : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.16. – Днепропетровск, 1991. – 17 с.
123. *Мишаева К. Б.* Оценка современного состояния агропастбищных ландшафтов полупустынной зоны Республики Калмыкия с применением ГИС-технологий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2015. – № 1 (11). – С. 100–106.
124. *Опанасенко Н. Е., Костенко И. В., Евтушенко А. П.* Агроэкологические ресурсы и районирование Степного и Предгорного Крыма под плодовые культуры. – Симферополь : Науч. мир, 2015. – 216 с.
125. *Опанасенко Н. Е.* Скелетные почвы Крыма и плодовые культуры / Нац. акад. аграр. наук Украины, Никит. Ботанич. сад – нац. науч. центр. – Херсон : Савченко А. В., 2014. – 333 с.
126. *Панин А. Г.* Взаимодействие природных компонентов и его роль в формировании ландшафтов на примере Западного Крымского Предгорья // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 2. – С. 81–99.
127. *Панин А. Г.* Многоступенные высотно-ярусная и экспозиционно-секторная составляющие дифференциации топографической поверхности как основа организации геосистем Западного Крымского Предгорья // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2-3. – С. 302–306.
128. *Панкеева Т. В., Каширина Е. С., Панкеева А. Ю.* Методические аспекты изучения конфликтов природопользования побережья // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. – 2018. – Т. 4 (70), № 3. – С. 151–163.
129. *Панкеева Т. В., Каширина Е. С., Свириц С. А., Миронова Н. В., Голубева Е. И.* Пространственная взаимосвязь охраняемых видов растений с ландшафтной структурой природного парка «Максимова дача» // Экосистемы. – 2020. – № 22 (52). – С. 39–52. – <https://doi.org/10.37279/2414-4738-2020-22-39-52>
130. *Паштейцкий В. С.* Научные основы оптимизации агроландшафтов и эффективного аграрного производства Республики Крым. – Симферополь : Ариал, 2015. – 276 с.
131. *Петренко П. С.* Пространственная организация лесных топогеосистем Нижнего Приамурья // 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))
132. *Петренко П. С.* Теоретико-информационный подход и опыт его применения при исследовании природных комплексов // Амурский научный вестник. – 2016. – № 3. – С. 108–113.
133. *Пичугин Е. А., Зильберман М. В., Шенфельд Б. Е.* Оценка ассимиляционной ёмкости экосистемы при размещении в ней дорожно-строительных материалов на основе бурового шлама // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 4. – С. 242–246.
134. *Плугатарь Ю. В.* Из лесов Крыма. – Харьков : Нове слово, 2008. – 462 с.
135. *Плугатарь Ю. В.* Леса Крыма. – Симферополь : ГБУ РК «НБС-ННЦ», 2015. – 368 с.
136. *Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В.* Оптимизация агроландшафтов Крыма // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2014. – Вып. 112. – С. 7–15.
137. *Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В.* Стратегия поддержания фиторазнообразия в Крыму // Биотехнология как инструмент сохранения биоразнообразия растительного мира (физиолого-биохимические, эмбриологические, генетические и правовые аспекты) : материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Ялта, 1–5 окт. 2018 г. / отв. ред. И. В. Митрофанова. – Симферополь : Ариал, 2018. – С. 78–79.
138. *Плугатарь Ю. В., Корженевский В. В.* Типология и экология лесов Крыма // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада. – 2016. – Т. 143. – С. 164–172.
139. *Плугатарь Ю. В.* Типы лесов Крыма // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2008. – Вип. 113. – С. 24–31.
140. *Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П., Ильницький О. А.* Экологический мониторинг Южного берега Крыма. – Симферополь : Ариал, 2015. – 164 с.
141. *Плугатарь Ю. В., Корсакова С. П.* Эфиромасличные растения в условиях меняющегося климата. – Симферополь : Ариал, 2019. – 180 с.

142. Позаченюк Е. А. Ландшафтное разнообразие Крыма // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. – 2015. – Т. 1 (67), № 4. – С. 37–50.
143. Позаченюк Е. А. Теоретические подходы к ландшафтному планированию // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2-1. – С. 237–243.
144. Позаченюк Е. А. Экологическая экспертиза: природно-хозяйственные системы. – Симферополь : Таврич. экол. ин-т, 2003. – 405 с.
145. Поляков А. Ф., Плуغاتарь Ю. В. Лесные формации Крыма и их экологическая роль. – Харьков : Нове слово, 2009. – 405 с.
146. Поляков А. Ф., Плуغاتарь Ю. В., Рудь А. Г. Экологическая роль горных лесов Крыма // Наукові праці Лісівничої академії наук України. – 2008. – № 6. – С. 143–148.
147. Природа Восточного Крыма. Оценка биоразнообразия и разработка проекта локальной экологической сети / [отв. ред. С. П. Иванов]. – Киев : [б. и.] 2013. – 272 с.
148. Пузаченко Ю. Г., Котлов И. П., Кренке А. Н., Пузаченко М. Ю., Сандлерский Р. Б. Теоретико-методологические основания исследования иерархии в географии и экологии // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Междунар. ландшафтной конф., посвящ. 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.
149. Пузаченко Ю. Г., Сандлерский Р. Б., Кренке А. Н., Пузаченко М. Ю. Информационный анализ гиперспектральных изображений со спутника Nuregion // Доклады Академии наук. – 2017. – Т. 475, № 1. – С. 90–93. – <https://doi.org/10.7868/S0869565217190203>
150. Пузаченко Ю. Г., Сандлерский Р. Б., Широная И. И. Долговременные мультиспектральные измерения растительных сообществ // Стационарные экологические исследования: опыт, цели, методология, проблемы организации : материалы всерос. совещания, Тверь, 15–19 авг. 2016 г. / под ред. В. В. Рожнова, Ю. Г. Пузаченко, Ю. А. Курбатова, А. С. Желтухина, О. А. Куричевой. – Москва : Т-во науч. изд. КМК, 2016. – С. 144–149.
151. Пшегусов Р. Х. Оценка динамических процессов в ландшафтах высокогорья Центрального Кавказа по материалам данных дистанционного зондирования // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Междунар. ландшафт. конф., посвящ. 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.
152. Пшегусов Р. Х. Пространственный анализ горных экосистем Северного Кавказа в аспекте концепции высотно-поясной структуры: принципы, подходы, решения // Горные экосистемы и их компоненты : материалы VI Всерос. конф. с междунар. участием, посвящ. Году экологии в России и 100-летию заповед. дела в России, Нальчик, 11–16 сент. 2017 г. / под ред. Ф. А. Темботовой. – Махачкала : Алеф, 2017. – С. 207–209.
153. Пшегусов Р. Х. Технологии мониторинга популяций редких видов: теория и практика применения в условиях горных экосистем // Хищные птицы Северного Кавказа и сопредельных территорий: распространение, экология, динамика популяций, охрана : материалы междунар. конф., Сочи, 8–10 апр. 2016 г. / отв. ред. В. П. Белик. – Ростов-на-Дону : Изд-во Юж. федерал. ун-та, 2014. – С. 42–53.
154. Пышкин В. Б., Игнатов Е. И., Прыгунова И. Л. Биогеоинформационные методы изучения экосистем в современной экологии // Проблемы региональной экологии. – 2016. – № 5. – С. 27–34.
155. Разработка экологически сбалансированных способов защиты и восстановления водных объектов на территории Крыма / под ред. В. А. Бокова. – Симферополь : [б. и.], 2013. – 211 с.
156. Ретеюм А. Ю. Дендрохронология больших циклов Солнечной системы // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, № 5. – С. 125–133.
157. Ретеюм А. Ю. Эндогенная энергия в ландшафтах Сибири // Ландшафтоведение: теория, методы, ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования и устойчивого развития : материалы XII междунар. ландшафт. конф., Тюмень – Тобольск, 22–25 авг. 2017 г. : в 3 т. / отв. ред. К. Н. Дьяконов. – Тюмень : Тюмен. гос. ун-т, 2017. – Т. 1. – С. 328–331.



158. Романова Э. П. Экосистемный анализ геоэкологического состояния ландшафтов // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 6. – С. 46–53.
159. Рукавицын В. В. Анализ состояния экосистем крупных городов методами машинного обучения // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геохронология. – 2018. – № 1. – С. 79–88.
160. Рулев А. С., Пугачева А. М. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной агролесомелиорации субаридных ландшафтов // Лесоведение. – 2018. – № 5. – С. 389–398.
161. Рулев А. С., Рулева О. В. Развитие теории лесомелиорации ландшафтов // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов : материалы XIII Междунар. ландшафт. конф., посвящ. 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.
162. Сандлерский Р. Б. Термодинамические характеристики сезонно-влажных лесов Южного Вьетнама по данным дистанционного зондирования // Математическое моделирование в экологии : материалы Пятой нац. науч. конф. с междунар. участием, Пушкино, 16–20 окт. 2017 г. / Ин-т физ.-хим. и биол. пробл. почвоведения РАН ; отв. ред. П. Я. Грабарник, Д. О. Логофет. – Пушкино : ИФХиБПП РАН, 2017. – С. 163–167.
163. Сандлерский Р. Б., Широная И. И., Пузаченко М. Ю., Пузаченко Ю. Г. Варьирование индекса листовой поверхности в южно-таёжных биогеоценозах по данным наблюдений на трансекте с регулярным шагом опробования // Стационарные экологические исследования: опыт, цели, методология, проблемы организации : материалы всерос. совещания, Тверь, 15–19 авг. 2016 г. / под ред. В. В. Рожнова, Ю. Г. Пузаченко, Ю. А. Курбатовой, А. С. Желтухина, О. А. Куричевой. – Москва : Тов-во науч. изд. КМК, 2016. – С. 159–163.
164. Сатуева Л. Л. Экосистемный подход в сохранении биоразнообразия территорий на региональной основе // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. VIII междунар. науч.-практ. конф., Пенза, 15 дек. 2017 г. : в 4 ч. / отв. ред. Г. Ю. Гуляев. – Пенза : Наука и просвещение, 2017. – Ч. 1. – С. 57–59.
165. Сидоренков В. М., Матафонов Е. П., Жафьяров А. В., Серезжин А. В. Возможности применения геоинформационных технологий в решении задач лесной типологии // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2016. – Т. 20, № 5. – С. 45–52.
166. Сладкопечевцев С. А., Дроздов С. Л. О методике и проблемах составления эколого-почвенных карт // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – Т. 61, № 1 (353). – С. 87–93.
167. Сладкопечевцев С. А. О проблемах теории геоэкологического картографирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2017. – Т. 61, № 4 (356). – С. 108–112.
168. Смирнов В. О. Алгоритмизация выделения местоположений и расчёта ландшафтно-геофизических параметров на различных пространственных уровнях как элемент диагностики в исследовании ландшафтов // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2015. – Т. 1 (11), № 1. – С. 62–71.
169. Смирнов В. О. Оценка коэффициентов увлажнения территории Горного Крыма по экоморфе растительного покрова // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2012. – Т. 25 (64), № 3. – С. 18–22.
170. Современное состояние и динамика биоразнообразия водно-болотных экосистем Белорусского Поозерья : монография / под ред. В. Я. Кузьменко. – Витебск : Витеб. гос. ун-т им. П. М. Машерова, 2015. – 265 с.
171. Современные ландшафты Крыма и сопредельных акваторий / под ред. Е. А. Позаченюк. – Симферополь : Бизнес-Информ, 2009. – 672 с.
172. Соколова Н. А., Соколов Д. А. Использование вегетационных индексов для оценки почвенно-экологического состояния техногенных ландшафтов // Почвы в биосфере : сб. материалов Всерос. науч. конф. с междунар. участием, посвящ. 50-летию Ин-та почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10–14 сент. 2018 г. / отв. ред. А. И. Сысо. – Томск : Нац. исслед. Том. гос. ун-т, 2018. – Ч. 2. – С. 345–349.
173. Солдатов М. С., Малхазова С. М., Румянцев В. Ю., Леонова Н. Б. Прогноз изменений прироста древесины в лесах европейской части России в связи с глобальным потеплением // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2014. – № 2. – С. 96–102.

174. Соцкова Л. М., Окара И. В. Конфликты природопользования и проблемы сохранения грязей озера Джарылгач // Учёные записки Крымского федерального университета им. В. И. Вернадского. География. Геология. – 2016. – Т. 2 (68), № 3. – С. 232–240.
175. Соцкова Л. М. Трансформация водных ресурсов под влиянием орошения // Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия: География. – 2011. – Т. 24 (63), № 2–3. – С. 215–221.
176. Сысцев В. В. Введение в физико-математическую теорию геосистем / под ред. К. Н. Дьяконова. – Москва : Ленанд, 2020. – 600 с.
177. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Горелов А. В. Анализ динамики лесных ландшафтов административного района средствами геоинформационных технологий // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11, Естественные науки. – 2015. – № 4 (14). – С. 68–80.
178. Титкова Т. Б., Виноградова В. В. Отклик растительности на изменение климатических условий в бореальных и субарктических ландшафтах в начале XXI века // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2015. – Т. 12, № 3. – С. 75–86.
179. Трансформация водного баланса в Крыму в XX веке – начале XXI века / под ред. В. А. Бокова. – Симферополь : Крым. науч. центр, 2011. – 227 с.
180. Трансформация ландшафтно-экологических процессов в Крыму в XX – начале XXI века / под ред. В. А. Бокова. – Симферополь : Доля, 2010. – 304 с.
181. Фартушина М. М., Есеналиева М. К., Хрысева Н. А., Чекалин Н. А. Особенности функционирования экосистем в зонах различной техногенной нагрузки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3 (53). – С. 158–161.
182. Фартушина М. М., Есеналиева М. К., Хрысева Н. А., Чекалин С. Г. Функционирование экосистем // Научные основы стратегии развития АПК и сельских территорий в условиях ВТО : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию образования Волгоград. гос. аграр. ун-та, Волгоград, 28–30 янв. 2014 г. – Волгоград : ВГАУ, 2014. – Т. 4. – С. 101–105.
183. Федорчук В. Н., Шорохов А. А., Шорохова Е. В., Кузнецова М. Л. Динамика коренных еловых лесов Европейской России // Лесоведение. – 2014. – № 2. – С. 11–19.
184. Черниковский Д. М. Автоматическая классификация поверхности рельефа для изучения количественных и качественных характеристик лесов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2017. – № 219. – С. 74–95. – <https://doi.org/10.21266/2079-4304.2017.219.74-95>
185. Шанин В. Н., Быховец С. С., Чертов О. Г., Комаров А. С. Моделирование влияния внешних факторов на динамику органического углерода в лесах разных типов // Лесоведение. – 2018. – № 5. – С. 335–346.
186. Шанин В. Н. Моделирование лесных экосистем для прогнозирования динамики лесов // Научные основы устойчивого управления лесами : материалы II всерос. науч. конф. (с междунар. участием), Москва, 25–27 окт. 2016 г. / ред.: А. А. Алейников [и др.]. – Москва : Центр по пробл. экологии и продуктивности лесов РАН, 2016. – С. 19–20.
187. Швиденко А. З., Щепаченко Д. Г. Углеродный бюджет лесов России // Сибирский лесной журнал. – 2014. – № 1. – С. 69–92.
188. Экологическая безопасность ракетно-космической деятельности / А. Д. Кондратьев [и др.] ; под ред. Н. С. Касимова. – Москва : Спутник+, 2015. – 280 с.
189. Юречко М. А., Моисеенко Ю. Д., Хусаинов Т. Р., Шиккульская О. М. Анализ методов моделирования экосистем // Информация как двигатель научного прогресса : сб. ст. по итогам междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 22 янв. 2018 г. / отв. ред. А. А. Сукиасян. – Стерлитамак : Агентство междунар. исслед., 2018. – С. 120–122.
190. Aguiar M. R., Sala O. E. Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems // 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)
191. Anufriieva E. V., Kolesnikova E. A., Shadrin N. V. Distribution and population dynamics of the highly halotolerant species *Eucypris mareotica* (Fischer, 1855) (Crustacea, Ostracoda) in hypersaline lakes of Crimea // Inland Water Biology. – 2019. – Vol. 12, iss. 2. – P. 170–177. – <https://doi.org/10.1134/S1995082919020032>

192. Bai Y., Han X., Wu J., Chen Z., Li L. Ecosystem stability and compensatory effects in the Inner Mongolia grassland // *Nature*. – 2004. – Vol. 431. – P. 181–184. – <https://doi.org/10.1038/nature02850>
193. Bailey R. G. Suggested hierarchy of criteria for multi-scale ecosystem mapping // *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)
194. Bailey R. G. The factor of scale in ecosystem mapping // *Environmental Management*. – 1985. – Vol. 9, no. 4. – P. 271–275. – <https://doi.org/10.1007/BF01867299>
195. Baird D., Ulanowicz R. E. The seasonal dynamics of the Chesapeake Bay ecosystem // *Ecological Monographs*. – 1989. – Vol. 59, iss. 4. – P. 329–364. – <https://doi.org/10.2307/1943071>
196. Balvanera P., Pfisterer A. B., Buchmann N., He J.-S. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services // *Ecology Letters*. – 2006. – Vol. 9, iss. 10. – P. 1146–1156. – <https://doi.org/10.1111/j.1461-02648.200.00963.x>
197. Banner A., Meidinger D. V., Lea E. C., Maxwell R. E., Von Sacken B. C. Ecosystem mapping methods for British Columbia // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 1996. – Vol. 39, iss. 1–3. – P. 97–117. – <https://doi.org/10.1007/BF00396139>
198. Bergeron Y., Harvey B. Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: An approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec // *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)
199. Blackford J. C., Allen J. I., Gilbert F. J. Ecosystem dynamics at six contrasting sites: A generic modelling study // *Journal of Marine Systems*. – 2004. – Vol. 52, iss. 1–4. – P. 191–215. – <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2004.02.004>
200. Bonan G. B., Levis S., Kergoat L., Oleson K. W. Landscapes as patches of plant functional types: An integrating concept for climate and ecosystem models // *Global Biogeochemical Cycles*. – 2002. – Vol. 16, iss. 2. – P. 5.1–5.23. – <https://doi.org/10.1029/2000GB001360>
201. Bond E. M., Chase J. M. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales // *Ecology Letters*. – 2002. – Vol. 5, iss. 4. – P. 467–470. – <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00350.x>
202. Davies A. B., Asner G. P. Advances in animal ecology from 3D-LiDAR ecosystem mapping // *Trends in Ecology & Evolution*. – 2014. – Vol. 29, iss. 12. – P. 681–691. – <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.10.005>
203. Dunaeva E. A., Pashtetsky V. S., Vecherkov V. V., Popovich V. V., Melnichuk A. Yu., Terleev V. V., Nikonorov A. O., Akimov L. I., Topaj A. Approaches for evaluation of relief morphometric characteristics influence on spatial distribution of moisture in the soils of steppe part of Crimea // *E3S Web of Conferences*. – 2020. – Vol. 175. – Art. no. 09017 (8 p.). – <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017509017>
204. Dunaeva I., Popovich V. V., Pashtetsky V. S., Terleev V. V., Nikonorov A. O. Application of ecosystem modelling methodology on rural areas of Crimea – Systematic approach // *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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-37421-1_3)
205. 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.
206. Egoh B., Reyers B., Rouget M., Richardson D. M., Maitre D. L., Jaarsveld A. V. Mapping ecosystem services for planning and management // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. – 2008. – Vol. 127, iss. 1–2. – P. 135–140. – <https://doi.org/10.1016/j.agee.2008.03.013>
207. Flynn D. F. B., Mirotchnick N., Jain M., Palmer M. I., Naem S. Functional and phylogenetic diversity as predictors of biodiversity – ecosystem-function relationships // *Ecology*. – 2011. – Vol. 92, iss. 8. – P. 1573–1581. – <https://doi.org/10.1890/10-1245.1>
208. Frangi J. L., Lugo A. E. Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest // *Ecological Monographs*. – 1985. – Vol. 55, iss. 3. – P. 351–369. – <https://doi.org/10.2307/1942582>
209. Fussmann G. F., Loreau M., Abrams P. A. Eco-evolutionary dynamics of communities and ecosystems // *Functional Ecology*. – 2007. – Vol. 21, iss. 3. – P. 465–477. – <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2007.01275.x>

210. *Gandhi G. M., Parthiban S., Thummalu N., Christy A.* NDVI: Vegetation change detection using remote sensing and GIS – A case study of Vellore district // *Procedia Computer Science*. – 2015. – Vol. 57. – P. 1199–1210. – <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.07.415>
211. *Green R. N.* Terrestrial ecosystems mapping of the Southern Gulf Islands. – North Vancouver, Canada : B. A. Blackwell and Associates Ltd., 2007. – 122 p.
212. *Grime J. P.* Biodiversity and ecosystem function: The debate deepens // *Science*. – 1997. – Vol. 277, iss. 5330. – P. 1260–1261. – <https://doi.org/10.1126/science.277.5330.1260>
213. *Haines-Young R., Green D. R., Cousins S. H.* Landscape ecology and geographical information systems. – New York : CRC Press, 1993. – 298 p.
214. *Hawkins S. J.* Scaling up: The role of species and habitat patches in functioning of coastal ecosystems // *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. – 2004. – Vol. 14, iss. 3. – P. 217–219. – <https://doi.org/10.1002/aqc.637>
215. *Hmimina G., Dufrêne E., Pontailleur J. Y., Delpierre N., Aubinet M., Caquet B., de Grandcourt A., Burban B., Flechard C., Granier A., Gross P., Heinesch B., Longdoz B., Moureaux C., Ourcival J.-M., Rambal S., Saint André L., Soudani K.* Evaluation of the potential of MODIS satellite data to predict vegetation phenology in different biomes: An investigation using ground-based NDVI measurements // *Remote Sensing of Environment*. – 2013. – Vol. 132. – P. 145–158. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.01.010>
216. *Jackson B., Pagella T., Sinclair F., Orellana B., Henshaw A., Reynolds B., McIntyre N., Wheeler H., Eycott A.* Polyscape: A GIS mapping framework providing efficient and spatially explicit landscape-scale valuation of multiple ecosystem services // *Landscape and Urban Planning*. – 2013. – Vol. 112. – P. 74–88. – <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.12.014>
217. *Kappelle M., Castro M., Acevedo H., Cordero P., Gonzalez L., Mendez E., Monge H.* A rapid method in ecosystem mapping and monitoring as a tool for managing Costa Rican ecosystem health // *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.
218. *Kaptué Tchuenté A. T., De Jong S. M., Roujean J.-L., Favier C., Mering C.* Ecosystem mapping at the African continent scale using a hybrid clustering approach based on 1-km resolution multi-annual data from SPOT/VEGETATION // *Remote Sensing of Environment*. – 2011. – Vol. 115, iss. 2. – P. 452–464. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2010.09.015>
219. *Kuuluvainen T.* Forest management and biodiversity conservation based on natural ecosystem dynamics in Northern Europe: The complexity challenge // *AMBIO: A Journal of the Human Environment*. – 2009. – Vol. 38, no. 6. – P. 309–315. – <https://doi.org/10.1579/08-A-490.1>
220. *Lamto: structure, functioning and dynamics of a savanna ecosystem* / Eds: L. Abbadie, J. Gignoux, X. Le Roux, M. Lepage. – New York : Springer, 2005. – 340 p. – (Ecological Studies ; 179).
221. *Levine E. R., Ranson K. J., Smith J. A., Williams D. L., Knox R. G., Shugart H. H., Urban D. L., Lawrence W. T.* Forest ecosystem dynamics: Linking forest succession, soil process and radiation models // *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)
222. *Lhermitte S., Verbesselt J., Verstraeten W. W., Coppin P.* A comparison of time series similarity measures for classification and change detection of ecosystem dynamics // *Remote Sensing of Environment*. – 2011. – Vol. 115, iss. 12. – P. 3129–3152. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.06.020>
223. *Loeuille N., Loreau M., Ferriere R.* Consequences of plant-herbivore coevolution on the dynamics and functioning of ecosystems // *Journal of Theoretical Biology*. – 2002. – Vol. 217, iss. 3. – P. 369–381. – <https://doi.org/10.1006/jtbi.2002.3032>
224. *Loreau M.* Biodiversity and ecosystem functioning: Recent theoretical advances // *OIKOS*. – 2000. – Vol. 91, iss. 1. – P. 3–17. – <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2000.910101.x>
225. *Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J. P., Hector A., Hooper D. U., Huston M. A., Raffaelli D., Schmid B., Tilman D., Wardle D. A.* Biodiversity and ecosystem functioning: Current knowledge and future challenges // *Science*. – 2001. – Vol. 294, iss. 5543. – P. 804–808. – <https://doi.org/10.1126/science.1064088>

226. *Lüftenegger E., Comuzzi M., Grefen P.* The service-dominant ecosystem: Mapping a service dominant strategy to a product-service ecosystem // Collaborative Systems for Reindustrialization : proc. of the 14th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises PRO-VE 2013, Dresden, Sept. 30 – Oct. 2, 2013 / Eds: L. M. Camarinha-Matos, R. J. Scherer. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2013. – P. 22–30. – (IFIP Advances in Information and Communication Technology ; vol. 408). – [https://doi.org/10.1007/978-3-642-40543-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-642-40543-3_3)
227. *Ludwig J. A., Wilcox B. P., Breshears D. D., Tongway D. J., Imeson A. C.* Vegetation patches and runoff-erosion as interacting ecohydrological processes in semiarid landscapes // Ecology. – 2005. – Vol. 86, iss. 2. – P. 288–297. – <https://doi.org/10.1890/03-0569>
228. *Lugo A. E., Brown S. L., Dodson R., Smith T. S., Shugart H. H.* The Holdridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping // Journal of Biogeography. – 1999. – Vol. 26, iss. 5. – P. 1025–1038.
229. *MacMillan R. A., Moon D. E., Coupé R. A., Phillips N.* Predictive ecosystem mapping (PEM) for 8.2 million ha of forestland, British Columbia, Canada // 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](https://doi.org/10.1007/978-90-481-8863-5_27)
230. *Maesa J., Egoña B., Willemsen L., Liqueste C., Vihervaara P., Schagner J. P., Grizzetti B., Drakou E. G., Notte A. L., Zulian G., Bouraoui F., Paracchini M. L., Braat L., Bidoglio G.* Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union // Ecosystem Services. – 2012. – Vol. 1, iss. 1. – P. 31–39.
231. *Martínez-Harms M. J., Balvanera P.* Methods for mapping ecosystem service supply: A review // 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>
232. *Marvin D. C., Bradley B. A., Wilcove D. S.* A novel, web-based, ecosystem mapping tool using expert opinion // Natural Areas Journal. – 2009. – Vol. 29, iss. 3. – P. 281–292. – <https://doi.org/10.3375/043.029.0307>
233. *Massol F., Gravel D., Mouquet N., Cadotte M. W., Fukami T., Leibold M. A.* Linking community and ecosystem dynamics through spatial ecology // Ecology Letters. – 2011. – Vol. 14, iss. 3. – P. 313–323. – <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01588.x>
234. *Matthew A. T., Wilson A.* Mapping ecosystem services: Practical challenges and opportunities in linking GIS and value transfer // Ecological Economics. – 2006. – Vol. 60, iss. 2. – P. 435–449. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.04.007>
235. *McNulty S. G., Vose J. M., Swank W. T., Aber J. D., Federer C. A.* Regional-scale forest ecosystem modeling: Database development, model predictions and validation using a Geographic Information System // Climate Research. – 1994. – Vol. 4, iss. 3. – P. 223–231.
236. *Millard K., Richardson M.* On the importance of training data sample selection in random forest image classification: A case study in peatland ecosystem mapping // Remote Sensing. – 2015. – Vol. 7, iss. 7. – P. 8489–8515. – <https://doi.org/10.3390/rs70708489>
237. *Mishra N., Helder D., Barsi J., Markham B.* Continuous calibration improvement in solar reflective bands: Landsat 5 through Landsat 8 // Remote Sensing of Environment. – 2016. – Vol. 185. – P. 7–15. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.032>
238. *Mouillot F., Rambal S., Joffre R.* Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics in a Mediterranean-type ecosystem // Global Change Biology. – 2002. – Vol. 8, iss. 5. – P. 423–437. – <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2002.00494.x>
239. *Nadeau L. B., Li C., Hans H.* Ecosystem mapping in the Lower Foothills subregion of Alberta: Application of fuzzy logic // The Forestry Chronicle. – 2004. – Vol. 80, no. 3. – P. 359–365. – <https://doi.org/10.5558/tfc80359-3>
240. *Naeem S., Wright J. P.* Disentangling biodiversity effects on ecosystem functioning: Deriving solutions to a seemingly insurmountable problem // Ecology Letters. – 2003. – Vol. 6, iss. 6. – P. 567–579. – <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00471.x>

241. *Nemani R., Hashimoto H., Votava P., Melton F., Wang W., Michaelis A., Mutch L., Milesi C., Hiatt S., White M.* Monitoring and forecasting ecosystem dynamics using the Terrestrial Observation and Prediction System (TOPS) // *Remote Sensing of Environment*. – 2009. – Vol. 113, iss. 7. – P. 1497–1509. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.06.017>
242. *Nemec K. T., Raudsepp-Hearne C.* The use of geographic information systems to map and assess ecosystem services // *Biodiversity and Conservation*. – 2013. – Vol. 22, iss. 1. – P. 1–15. – <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0406-z>
243. *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).
244. *Ojea E., Nunes P. A., Loureiro M. L.* Mapping biodiversity indicators and assessing biodiversity values in global forests // *Environmental and Resource Economics*. – 2010. – Vol. 47, iss. 3. – P. 329–347. – <https://doi.org/10.1007/s10640-010-9381-6>
245. *Ollinger S. V., Aber J. D., Federer A.* Estimating regional forest productivity and water yield using an ecosystem model linked to a GIS // *Landscape Ecology*. – 1998. – Vol. 13, iss. 5. – P. 323–334. – <https://doi.org/10.1023/A:1008004423783>
246. *Pastor J., Johnston C. A.* Using simulation models and geographic information systems to integrate ecosystem and landscape ecology // *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](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-4382-3_11)
247. *Payet K., Rougt M., Esler K. J., Reyers B., Rebelo T., Thompson M. W., Vlok J. H. J.* Effect of land cover and ecosystem mapping on ecosystem-risk assessment in the Little Karoo, South Africa // *Conservation Biology*. – 2013. – Vol. 27, iss. 3. – P. 531–541. – <https://doi.org/10.1111/cobi.12065>
248. *Pettorelli N., Vik J. O., Mysterud A., Gaillard J.-M., Tucker C. J., Stenseth N. C.* Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change // *Trends in Ecology and Evolution*. – 2005. – Vol. 20, iss. 9. – P. 503–510. – <https://doi.org/10.1016/j.tree.2005.05.011>
249. *Raymond C. M., Bryan B. A., MacDonald D. H., Cast A., Strathearn S., Grandgirard A., Kalivas T.* Mapping community values for natural capital and ecosystem services // *Ecological Economics*. – 2009. – Vol. 68, iss. 5. – P. 1301–1315. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.12.006>
250. *Repetskaya A. I., Parfenova I. A., Bondareva L. V., Nevkrytaya N. V., Pashtetsky V. S., Scipor O. B.* Restoration of the plant cover of mining landscapes in the semi-arid conditions of the southwestern region of the Crimean Peninsula // *International Journal of Advanced Science and Technology*. – 2020. – Vol. 29, no. 7. – P. 1900–1908.
251. *Rocchini D., Foody G. M., Nagendra H., Ricotta C., Anand M., He K. S., Amici V., Kleinschmit B., Förster M., Schmidtlein S., Feilhauer H., Ghisla A., Metz M., Neteler M.* Uncertainty in ecosystem mapping by remote sensing // *Computers & Geosciences*. – 2013. – Vol. 50. – P. 128–135. – <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.05.022>
252. *Rodriguez R. J., Redman R. S.* Fungal life-styles and ecosystem dynamics: Biological aspects of plant pathogens, plant endophytes and saprophytes // *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)
253. *Roy D. P., Kovalskyy V., Zhang H. K., Vermote E. F., Yan L., Kumar S. S., Egorov A.* Characterization of Landsat-7 to Landsat-8 reflective wavelength and normalized difference vegetation index continuity // *Remote Sensing of Environment*. – 2016. – Vol. 185, iss. 1. – P. 57–70. – <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.024>
254. *Running S. W., Nemani R. R., Peterson D. L., Band L. E., Potts D. F., Pierce L. L., Spanner M. A.* Mapping regional forest evapotranspiration and photosynthesis by coupling satellite data with ecosystem simulation // *Ecology*. – 1989. – Vol. 70, no. 4. – P. 1090–1101. – <https://doi.org/10.2307/1941378>
255. *Sala O. E., Loik M. E., Ehleringer J. R.* Thresholds, memory, and seasonality: Understanding pulse dynamics in arid/semi-arid ecosystems // *Oecologia*. – 2004. – Vol. 141, iss. 2. – P. 191–193. – <https://doi.org/10.1007/s00442-004-1683-3>

256. *Shadrin N. V., Anufrieva E. V.* Structure and trophic relations in hypersaline environments // *Biology Bulletin Reviews*. – 2020. – Vol. 10, iss. 1. – P. 48–56. – <https://doi.org/10.1134/S2079086420010065>
257. *Sinclair A. R. E., Byrom A. E.* Understanding ecosystem dynamics for conservation of biota // *Journal of Animal Ecology*. – 2006. – Vol. 75, iss. 1. – P. 64–79. – <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2006.01036.x>
258. *Shadrin N. V., Kolesnikova E., Revkova T., Latushkin A., Chepyzhenko A., Drapun I., Dyakov N., Anufrieva E.* Do separated taxa react differently to a long-term salinity increase? The meiobenthos changes in Bay Sivash, largest hypersaline lagoon worldwide // *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. – 2019. – No. 420. – Art. no. 36 (14 p.). – <https://doi.org/10.1051/kmae/2019028>
259. *Sinclair A. R. E., Mduma S., Hopcraft J. G. C., Fryxell J. M., Hilborn R., Thirgood S.* Long-term ecosystem dynamics in the Serengeti: Lessons for conservation // *Conservation Biology*. – 2007. – Vol. 21, iss. 3. – P. 580–590. – <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00699.x>
260. *Sitch S., Smith B., Prentice I. C., Arneth A., Bondeau A., Cramer W., Kaplan J. O., Levis S., Lucht W., Sykes M. T., Thonicke K., Venevsky S.* Evaluation of ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model // *Global Change Biology*. – 2003. – Vol. 9, iss. 2. – P. 161–185. – <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.2003.00569.x>
261. *Smith M. D., Knapp A. K., Collins S. L.* A framework for assessing ecosystem dynamics in response to chronic resource alterations induced by global change // *Ecology*. – 2009. – Vol. 90, iss. 12. – P. 3279–3289. – <https://doi.org/10.1890/08-1815.1>
262. *Tallis H., Polasky S.* Mapping and valuing ecosystem services as an approach for conservation and natural-resource management // *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>
263. *Treseder K. K., Lennon J. T.* Fungal traits that drive ecosystem dynamics on land // *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. – 2015. – Vol. 79, iss. 2. – P. 243–262. – <https://doi.org/10.1128/MMBR.00001-15>
264. *Ulanowicz R. E.* The dual nature of ecosystem dynamics // *Ecological Modelling*. – 2009. – Vol. 220, iss. 16. – P. 1886–1892. – <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.015>
265. *Wainger L. A., Secor D. H., Gurbisz C., Kemp W. M., Glibert P. M., Houde E. D., Richkus J., Barber M. C.* Resilience indicators support valuation of estuarine ecosystem restoration under climate change // *Ecosystem Health and Sustainability*. – 2017. – Vol. 3, iss. 4. – Art. e01215 [e01268 ?] (20 p.). – <https://doi.org/10.1002/ehs2.1268>
266. *Wang G., Eltahir A. B.* Ecosystem dynamics and the Sahel Drought // *Geophysical Research Letters*. – 2000. – Vol. 27, iss. 6. – P. 795–798. – <https://doi.org/10.1029/1999GL011089>
267. *Wu J., Loucks O. L.* From balance of nature to hierarchical patch dynamics: A paradigm shift in ecology // *The Quarterly Review of Biology*. – 1995. – Vol. 70, no. 4. – P. 439–466.

## HISTORY AND CURRENT STATE OF RESEARCH ON THE FUNCTIONING AND DYNAMICS OF REGIONAL ECOSYSTEMS

Gorbunov R. V.

*A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation,  
e-mail: [karadag\\_station@mail.ru](mailto:karadag_station@mail.ru)*

The paper presents the results of studies of the ideas development about the functioning and dynamics of regional ecosystems. Particular attention is paid to the functioning and dynamics of ecosystems against the background of climate change. The stages of ideas development about the functioning and dynamics of ecosystems are revealed. The ideas development in the world and Russian scientific traditions is shown. Particular attention is paid to the role of the Crimean scientific schools in the development of the theory and methodology of research on the functioning and dynamics of ecosystems. It is shown that, despite a significant number of publications in this direction, the theory and methodology of studying the processes of functioning and dynamics of regional ecosystems under climatic changes have not been fully developed.

**Keywords:** ecosystem, regional ecosystem, ecosystem functioning, ecosystem dynamics, climate change.

### Сведения об авторе

Горбунов Роман Вячеславович кандидат географических наук, директор ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН», [karadag\\_station@mail.ru](mailto:karadag_station@mail.ru)

*Поступила в редакцию 30.12.2020 г.*

*Принята к публикации 10.03.2021 г.*