

1871



ИНБИОМ – IBSS

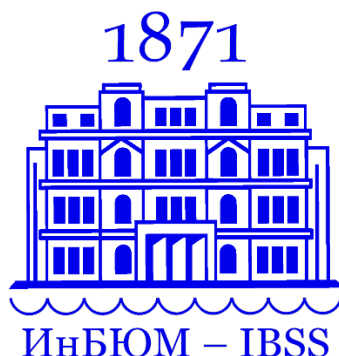


ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА

Всероссийская научная конференция,
посвященная 30-летию Карадагского ландшафтно-экологического стационара

25 – 29 сентября 2023 г.,
г. Феодосия, пгт Курортное

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»
Карадагская научная станция имени Т.И. Вяземского – природный заповедник РАН
Научно-исследовательский центр геоматики
Севастопольское городское отделение Русского географического общества



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ: ТЕОРИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ПРАКТИКА

Всероссийская научная конференция,
посвященная 30-летию Карадагского ландшафтно-экологического
стационара

25–29 сентября 2023 г.,
г. Феодосия, пгт Курортное

Севастополь
ФИЦ ИНБЮМ
2023

УДК 911.5
ББК 26.821
Э41

Экспериментальное ландшафтоведение: теория, методология, практика :
Э41 тезисы докладов Всероссийской научной конференции, посвященной 30-летию Карадагского ландшафтно-экологического стационара, 25–29 сентября 2023 г., г. Феодосия, пгт Курортное, Российская Федерация. – Севастополь : ФИЦ ИнБЮМ, 2023. – 52 с.

ISBN 978-5-6048081-5-3

УДК 911.5
ББК 26.821

В сборнике представлены тезисы докладов Всероссийской научной конференции «Экспериментальное ландшафтоведение: теория, методология, практика», посвященной 30-летию Карадагского ландшафтно-экологического стационара, отражающие результаты фундаментальных и прикладных исследований в области географии, ландшафтоведения, экологии и биологии.

Издание предназначено для географов, экологов, ландшафтоведов, специалистов в области охраны природы и природопользования, представителей органов власти, преподавателей, аспирантов и студентов.

Материалы опубликованы в авторской редакции с минимальными корректорскими правками.

*Сборник публикуется по решению учёного совета ФИЦ ИнБЮМ
(протокол № 11 от 09.10.2023).*

ISBN 978-5-6048081-5-3

© Авторы, 2023
© ФИЦ ИнБЮМ, 2023

Содержание	Стр.
СЕКЦИЯ 1. СТАЦИОНАРНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ	4
Дьяконов К.Н., Харитонов Т.И. Исследования на физико-географическом стационаре МГУ им. Ломоносова в Озерной Мещере	4
Семенов Ю.М. Экспериментальное ландшафтоведение: история, современное состояние и перспективы	6
Сафонова М.С., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Табунщик В.А. Стационарные и полустационарные исследования функционирования низкогорных субсредиземноморских лесных ландшафтов на топологическом уровне в юго-восточном Крыму	8
Савченко Ю.М., Лымарь А.А. Применение аналитических поверхностей в ландшафтном проектировании парка «Краснодар»	10
Репецкая А.И. Садово-парковые объекты как часть природно-культурного ландшафта Южного Берега Крыма	11
СЕКЦИЯ 2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	14
Ергина Е.И. Методика расчета потенциальной опасности опустынивания ландшафтов Крымского полуострова	14
Лычак А.И., Бобра Т.В. Проект создания «цифрового двойника» ландшафтного пространства Крыма	15
СЕКЦИЯ 3. ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ДИНАМИКА, ЭВОЛЮЦИЯ И РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ	18
Коломыц Э.Г. Лесные экосистем в условиях современного глобального потепления: прогнозное эмпирико-статистическое моделирование	18
Боков В.А. Особенности крымских ландшафтных территориальных структур	20
Ефимова Д.И., Торгашкова О.Н. Структура реликтовой части банка семян сосняков Вольского района Саратовской области	22
Янцер О.В., Квашнина А.Е. Опыт расчета биоклиматических показателей сезонов для горно-таежного пояса среднегорий Северного Урала	24
Гурьевских О.Ю., Долгушина Ю.А., Скупкин Д.А. Эволюция антропогенных комплексов старопромышленных районов Среднего Урала	26
Фам К.Н., Лебедев Я.О., Дрыгваль А.В., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Кузнецов А.Н., Кузнецова С.П., Нгуен Д.Х. Концентрация подвижных форм тяжелых металлов в почвах на территории национального парка Бидуп-Нуйба, Вьетнам	29
Скок Н.В., Иванова Ю.Р., Юровских А.М. Изучение сезонной динамики геокомплексов низшего ранга нестационарными фенологическими методами	31
СЕКЦИЯ 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	34
Мовчан М.А., Кочуров Б.И. Применение методов ДЗЗ при изучении природного каркаса урболовандшафтов на примере г. Видное Московской области	34
Кривогуз Д.О. Анализ изменения землепользования и растительного покрова (LULC) Керченского полуострова с 1990 по 2020 гг. с помощью ДЗЗ и машинного обучения	36

Бобра Т.В., Лычак А.И. Опыт прогнозно-симуляционного моделирования состояния ландшафтных систем	38
Никифорова А.А. Ценность экосистемных услуг Ялтинского горно-лесного заповедника	40
СЕКЦИЯ 5. КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ – НОВАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАЦИОНАРОВ	43
Ольчев А. В. Карбоновые полигоны: цели, задачи, перспективы	43
Абакумов Е.В., Шевченко Е.В., Макарова М.В., Фока С.Ч., Поляков В.И., Низамутдинов Т.И. Концепция сети карбоновых полигонов бореально-лесного пояса России	45
Sheshnitsan S.S., Golyadkina I.V., Tikhonova E.N., Kulakova E.N., Kartasheva N.P., Gorbunova N.S., Kulakov V.Yu. Evaluating landscape-scale carbon balance with carbon test area in Voronezh region: insights into carbon pools and technologies of carbon sequestration	47
Горбов С.Н., Сальник Н.В., Скрипников П.Н., Терехов И.В., Носов Г.Н. Экспериментальный стационар по изучению почвенных конструкций как пример мониторинга эмиссии углерода в условиях урбоэкосистемы	48
Гурьевских О.Ю. К вопросу о методике ландшафтного обоснования сети карбоновых полигонов России	50

СЕКЦИЯ 1 **СТАЦИОНАРНЫЕ ЛАНДШАФТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ**

ИССЛЕДОВАНИЯ НА ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОМ СТАЦИОНАРЕ МГУ ИМ. ЛОМОНОСОВА В ОЗЕРНОЙ МЕЩЕРЕ

Дьяконов К.Н., Харитонова Т.И.

ФГОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

Москва, Россия

diakonov.geofak@mail.ru, kharito2010@gmail.com

История создания стационара. Стационар был основан в 1977 г. До 1985 г. исследования проводились по программе СЭВ совместно с Мещерским филиалом ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова. Их основная цель – установление пространственно-временных закономерностей влияния осушительных мелиораций на ландшафты и разработка содержательной части ОВОС для проектирования осушительных систем. Вожская мелиоративная система в Рязанской области испытала три смены природопользования: экстенсивное освоение осушенных болот в 1966 г., интенсивного сельскохозяйственного использования после реконструкции системы в 1986 г. С 1992 г. она была заброшена и находится в стадии инволюции.

Новая программа исследований была определена в середине 80-х годов прошлого века. Несмотря на то, что изучение структуры, функционирования и эволюции ландшафта составляет сущность его организации, обозначилась обособленность направлений и возникла проблема синтеза внутри самого ландшафтоведения. Таким образом, помимо мелиоративного направления развивались исследования по трем другим: функционально-динамическому, палеоландшафтному и социально-ориентированному.

Методы изучения. Использована совокупность полевых и камеральных методов, в том числе комплексной ординации В.Б. Сочавы на трансектах, картографический, геохимические и геофизические, дистанционного зондирования, геоботанические, дендрохроноиндикация, палеоботанические (абсолютные датировки по C^{14}) и др. При проведении ландшафтно-геохимических исследований использован катенарный подход. На всех этапах использовались методы математической статистики, факторный и сравнительно-географический анализ.

Результаты. Установлены основные закономерности пространственно-временной организации геосистем в зоне влияния осушительной мелиорации. Влияние дифференцировано по зонам и поясам. Прослеживается подзона структурной перестройки (снижение уровня почвенно-грунтовых вод не более 25–30 см) и количественных изменений (снижение уровня почвенно-грунтовых вод менее 25 см). Интенсивность влияния определяется тремя важнейшими факторами: глубиной дренажа, механическим составом пород и крутизной склона. Максимальная ширина зоны влияния составила 1,2 км.

Основные антропогенные воздействия на ландшафтно-геохимические свойства геосистем связаны со снижением уровня грунтовых вод и уничтожением естественной растительности и ее замена посевами кормовых трав и распашкой территории. Улучшение кислородного режима и изменений условий биогенной и водной миграции химических элементов в супераквальных ландшафтах приводит к интенсификации БИКа, изменению окислительно-восстановительных условий и возникновению окислительно-восстановительной зональности. С созданием искусственных трансаквальных ландшафтов

наблюдается рост минерализации поверхностных вод, изменения щелочно-кислотных условий, потеря фосфора, калия, азота и др. элементов в геохимическом ландшафте. Но происходит накопление железа и марганца на новом площадном кислородном барьере.

Осушение 1966 г. привело к общему снижению биопродуктивности в лесных и луговых экосистемах в первые 5–7 лет после создания дренажа, но за 15 лет лесные экосистемы адаптировались к новым гидрогеологическим условиям и, начиная с 1980 г., продуктивность лесов в зоне осушения сравнялась с продуктивностью лесов в фоновых условиях. В конце 70-х гг. были поставлены исследования по изучению изменений в численности и видового состава орнитокомплексов на системе и прилегающей к ней территории. По Д.М. Очагову, в результате осушения птицы испытывают на себе негативное влияние следующих факторов: понижения уровня грунтовых вод, изменения рельефа и растительного покрова; усиления фактора беспокойства в репродуктивный период; проведения механизированных сельскохозяйственных работ; выпаса скота; применения минеральных удобрений.

Начиная с 1993 г. наблюдается трансформация мелиорированных ландшафтов, связанная прежде всего с повышением уровня грунтовых и почвенных вод. Установлено заметное уменьшение минерализации стоковых вод за счет снижения выноса кальция, магния, сульфатов, гидрокарбонатов после прекращения хозяйственной деятельности. Одновременно зафиксировано увеличение поступления в стоковые воды железа, фосфора, углерода, натрия и форм азота. Явное снижение дренирующей способности осушительной системы связано еще с увеличением количества бобровых плотин на оградительном канале. Наблюдается смена типа БИКа из-за сукцессий в сторону низинных лугов и болот. Результаты всех изменений за период 1993–2013 гг., в том числе социально-экономических функций болот, агроландшафтов на осушенном болоте и на заброшенном постмелиорированном ландшафте представлены в диссертации Т.И. Харитоновой (2015).

Функционально-динамическое направление. А.Н. Ивановым (1989) построена иерархическая система динамических состояний геосистем от внутрисуточных до внутривековых. Основной фактор, определяющий многолетнюю динамику, – изменение влагообеспеченности геосистем, зависящее от осадков и водоудерживающего потенциала ландшафта в целом. Исследования по биоэнергетике ландшафтов позволили определить значения КПД фотосинтеза по ФАР и радиационному балансу. Установлена зависимость КПД фотосинтеза от глубины залегания грунтовых вод до их глубины до 1,7 м. Максимальные значения КПД фотосинтеза у зональных сосново-еловых лесов – 0,9–1,1% (Дьяконов и др., 2015). Осуществлены исследования запасов влаги в снежном покрове, высота снега, глубина промерзания.

Эволюционное ландшафтоведение тесно связано с прогнозным, поскольку методы актуализма и географических аналогий – основные для регионального ландшафтного прогноза. Базовые принципы «классической» палеогеографии положены в основу палеоландшафтного направления (Дьяконов, Абрамова, 2006). Построены региональные модели эволюции ландшафтов в голоцене для доминантных и субдоминантных урочищ. Определены вертикальные и горизонтальные скорости заболачивания лесов и лугов. Классическая схема голоценовых событий среднерусской полосы в полной мере не соответствует в Полесском роде ландшафтов Мещеры. В разных видах ландшафтов выявлены черты метакронности эволюции. Заболачивание упрощает морфологическую структуру урочищ. В целом был осуществлен сопряженный анализ и синтез разных направлений ландшафтоведения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Семенов Ю.М.

ФГБУН «Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН», Иркутск, Россия
yumsemenov@mail.ru

Во второй половине XX в. в физической географии, биогеоценологии, некоторых других науках о Земле и о жизни появился ряд работ, обусловленных растущей необходимостью управления природными процессами на базе познания их закономерностей, что потребовало проведения экспериментальных исследований по выявлению причинно-следственных связей между факторами, природными объектами и их компонентами. Выступая на 1-ом совещании географов Сибири и Дальнего Востока, В.Б. Сочава (1959) определил первоочередные проблемы экспериментальной географии, задачи физико-географических исследований и подчеркнул необходимость создания сети комплексных стационаров. На созданных в 1960-х гг. под его руководством сибирских географических стационарах проводились исследования динамики геосистем локального уровня с использованием геохимических, геофизических методов и разрабатывались новые методы экспериментальных исследований, позволивших значительно расширить знания о развитии и функционировании ландшафтов. В тоге многолетних работ на Чуноярском стационаре, основанном в 1962 г. для изучения тайги как типа природной среды, развития теории и методов исследования, был выполнен анализ ландшафтообразующих факторов, выявлены факторально-динамические ряды фаций, отражающие изменение строения, режимов топогеосистем и раскрыты ландшафтные взаимосвязи. Это привело к созданию нового рабочего направления комплексной физической географии на стыке ландшафтного картографирования и районирования со специализированным изучением природы методами точных наук, которое А.А. Крауклис (1979) предложил называть «экспериментальным ландшафтоведением». Нельзя сказать, что ранее географических работ с использованием каких-либо приборов не проводилось. Начиная с работ А. фон Гумбольдта и, тем более, В.В. Докучаева, впервые организовавшего настоящие стационарные исследования, к тому же имеющие практическую направленность, комплексная физическая география стала все шире применять количественные методы, постепенно переходя от чисто визуального восприятия природных комплексов к попыткам понимания взаимосвязей их компонентов через численные показатели температуры, влажности и т.п. Поэтому предпосылки этого направления можно увидеть в работах В.В. Докучаева, А.Н. Краснова, Г.Ф. Морозова, а исследования Г.Н. Высоцкого, которые еще не назывались ландшафтными, уже вполне соответствовали тому, что впоследствии было названо экспериментальным ландшафтоведением.

Экспериментальными принято считать исследования в управляемых условиях, когда наблюдаются изменения в объекте, явлении или процессе под воздействием факторов, интенсивность или продолжительность действия которых может меняться по желанию экспериментатора. В современной географической литературе термин «экспериментальный» употребляется довольно часто, но в разной интерпретации. По мнению ряда географов, наша наука не может проводить эксперименты методами точных наук (Нееф, 1974). Вместе с тем существует противоположная точка зрения на эксперимент, значительно расширяющая его поле деятельности. Так, В.Б. Сочава (1969) считал, что в географии имеет право на существование самая широкая трактовка понятия «эксперимент»,

объединяющая детальное изучение в природе географических явлений в количественно учитываемых условиях, а наблюдение за изменением под влиянием фактора, регулируемого исследователем – это один из методов экспериментальной географии, использование которого во всех видах экспериментальных работ не обязательно. Некоторые географы называют эксперимент в широкой трактовке пассивным экспериментом, а в узкой (контролируемый эксперимент) – активным.

Ландшафтно-геохимический прогноз, обращаясь к устойчивости геосистем, напрямую смыкается с проблемой нормирования антропогенных нагрузок на геосистемы, что наряду с детальным изучением естественного развития геосистем требует использования специальных методов исследований, объединяемых понятием «географический эксперимент». Этот термин предпочтительнее связывать с таким исследованием процессов в геосистемах, когда экспериментатор может по своему усмотрению задавать один или несколько параметров. Сам процесс получения данных в полевых и лабораторных условиях с принудительным изменением характера и степени воздействия одного из факторов называется экспериментальным моделированием. Мой опыт работ в рамках экспериментального ландшафтоведения включает полустационарные эксперименты с использованием хроматографических лизиметрических колонок для выявления масштабов и особенностей радиальной миграции вещества в почвах Онон-Аргунской степи, Назаровской котловины и Прибайкалья, а также коллективные стационарные эксперименты с внесением на поверхность почв наиболее распространенных лесостепных геосистем различных загрязнителей (угольной пыли, пыли вскрышных пород и золы ГРЭС) для выявления характера и степени изменения вещества геосистем западного участка КАТЭКа под воздействием техногенного фактора, определения норм допустимых нагрузок и обоснования экологических ограничений. В соответствии с объектами и методами они подразделялись на полевой стационарный, лабораторный, базовый стационарный и активный полевой эксперименты. Применение полевого стационарного эксперимента позволило установить характер воздействия пыли вскрышных пород, угля и золы ГРЭС на запасы водно-растворимых форм элементов, содержание обменных оснований и масштабы выноса подвижных соединений в почвах зоны влияния выбросов объектов КАТЭКа. На основании лабораторного эксперимента был выявлен общий ход процесса взаимодействия техногенного вещества с органоминеральной массой и поглощающим комплексом почв. В ходе базового стационарного эксперимента загрязнения геосистем золой ГРЭС установлены пороговые значения доз загрязнителя, приводящие к определенным негативным или положительным эффектам последствий его воздействия на геосистемы. В результате активного полевого эксперимента выявлены механизмы трансформации летучей золы ГРЭС в модельных агроценозах, установлены допустимый, критический и недопустимый уровни техногенной нагрузки, определены количественные показатели изменения вещества компонентов геосистем при длительном воздействии загрязнителя. Совместное использование данных стационарного изучения режимов миграции вещества геосистем, экспериментального моделирования и картографических методов позволило прогнозировать годовое поступление золы ГРЭС в геосистемы и вероятные сроки их загрязнения, приводящие к достижению критического и недопустимого уровней техногенных нагрузок (Семенов, 1991).

В последние годы я значительное внимание уделял коллективным работам по экспериментальной верификации результатов математического и картографического моделирования гидрогеохимических процессов в геосистемах бассейне оз. Байкал, но

основные мои результаты были получены ранее на стационарах или с использованием данных стационарных исследований и базировались на методологии учения о геосистемах, созданного В.Б. Сочавой и его учениками А.А. Крауклисом, В.С. Михеевым, В.А. Снытко.

Резкое сокращение стационарных исследований, разноголосица в методологических и методических подходах обусловили сложную современную ситуацию в экспериментальном ландшафтоведении и возникновение проблем, которые с помощью только ДЗЗ, ГИС и карбоновых полигонов не решить.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А21-121012190059-5).

СТАЦИОНАРНЫЕ И ПОЛУСТАЦИОНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НИЗКОГОРНЫХ СУБСРЕДИЗЕМНОМОРСКИХ ЛЕСНЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ТОПОЛОГИЧЕСКОМ УРОВНЕ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ КРЫМУ

Сафонова М.С., Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Табунщик В.А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,

Севастополь, Россия

[*malashina@ibss-ras.ru*](mailto:malashina@ibss-ras.ru)

Современное изменение климата оказывает воздействия на все процессы, протекающие в ландшафтах, как природных, так и антропогенных. В этом аспекте можно говорить об уязвимости ландшафтов, их устойчивости и адаптации к климатическим изменениям. Все эти направления устойчиво вошли в современный научный обиход и активно изучаются исследователями мирового сообщества. Совокупность всех этих понятий и процессов, стоящих за ними – это реакция ландшафтов на климатические изменения. Говоря о реакциях, можно судить о том, что они наблюдаются как на уровне структуры ландшафтов – изменение их компонентного состава, морфологической структуры, например, под действием склоновых процессов, так и на уровне функционирования. Изменения климата приводят к изменению структуры радиационного, теплового, водного и вещественного балансов ландшафтов, формируя, таким образом, трансформацию потоков вещества, энергии и информации в ландшафтах. Причем эти изменения формируют цепь событий, при развитии которой функциональные изменения приводят к структурным трансформациям в ландшафте, и, по своей сути, являясь геозкотомом регионального масштаба в силу своей слабой устойчивости наиболее подвержены климатическим изменениям. Функционированию лесных ландшафтов в Крыму уделено очень мало внимания, особенно на топологическом уровне.

Целью работы является изучение функционирования низкогорных субсредиземноморских лесных ландшафтов (на примере юго-восточного Крыма). Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Систематизировать и обобщить знания и опыт отечественных и зарубежных исследований в области формирования и функционирования лесных горных ландшафтов на топологическом уровне.

2. Изучить факторы формирования и условия функционирования лесных горных ландшафтов, которые обуславливают их пространственное распространение.

3. Провести полевые, стационарные и полустационарные исследования элементов радиационного, теплового и водного балансов в различных типах лесных горных ландшафтов на территории Карадагского заповедника.

В результате обзора отечественных и зарубежных исследований в области формирования и функционирования лесных горных ландшафтов на топологическом уровне установлено, что исследуемым вопросам как в мировой, так и в отечественной литературе уделяется крайне мало внимания. Наблюдается разрозненность методик исследования, разорванность и несвязность ареалов исследований, различные подходы к трактовкам изучаемых явлений. Исследования часто приводятся для региональных операционно-территориальных единиц, по пути укрупнения и усреднения, при этом теряется связь с локальным уровнем исследования, и попытками установить основные закономерности формирования и функционирования горных ландшафтов на топологическом уровне.

Для характеристики формирования и функционирования лесных горных ландшафтов на топологическом уровне заложены две площадки наблюдений – на восточном склоне хребта Беш-Таш и на южном склоне хребта Карагач в пределах Карадагского заповедника, где установлено метеорологическое оборудование. Разработан научный подход использования БПЛА для изучения функционирования низкогорных ландшафтов, суть которого можно заключить в следующем: без БПЛА невозможно получить модель рельефа кронового пространства, который на самом деле определяет величину поступающей солнечной радиации, а соответственно, все процессы в подпологовом пространстве. Для получения данных о кроновом рельефе лесных ландшафтов использовались данные съемки с квадрокоптера DJI P4 Multispectral. В качестве основных методов исследования используются полевые методы и получаемые на их основании наборы пространственных данных. Обработка и наполнение баз данных выполняется с использованием программного комплекса ArcGIS.

Получены общие сведения о межгодовой и внутригодовой динамике поступающей солнечной радиации в дубовом и можжевелевом лесу. Рассчитан радиационный баланс пушистодубовых лесов за период с 2010 по 2021 гг. Получены первичные данные по распределению суммарной солнечной радиации по вертикальной структуре дубовых и можжевелевых лесов. Установлено, что поступление солнечной радиации на поверхность крон в ясную безветренную погоду определяется крутизной кронового рельефа и ориентацией склона по отношению к солнцу в конкретный период времени. Максимальные значения отмечались на пологих склонах в 12:00. Выявлена пространственно-временная дифференциация значений суммарной солнечной радиации, проникающей в подпологовое пространство в пределах светового дня в зависимости от положения и сомкнутости крон. Построены пространственные модели пропускания суммарной солнечной радиации кронами деревьев. Выявлена сильная пространственно-временная неоднородность в пропускании суммарной солнечной радиации пологом, что связано в больше не с сомкнутостью крон деревьев, а с плотностью листового перекрытия и «окнами», образующимися между ветвями деревьев.

Рассчитан радиационный баланс открытого участка в зоне произрастания дуба пушистого и под пологом леса. Разница между полученными значениями доказывает сложность кронового рельефа, изучаемого пушистодубового леса и распределение в нем потоков поступающей радиации. Данное распределение значений демонстрирует сложную организацию и протекание процессов распределения потоков вещества и энергии на территории ключевого участка пушистодубового леса. Получены с помощью метеостанции

и БПЛА первичные данные являются основой для расчета радиационного, теплового и водного балансов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-27-00579.

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ЛАНДШАФТНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПАРКА «КРАСНОДАР»

Савченко Ю.М., Лымарь А.А.

*ФГАОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
Краснодар, Россия*

urijavcenko7@gmail.com, gely20148@gmail.com

Современный ландшафтный дизайн – это динамичное и эволюционирующее искусство, которое отражает современные тенденции и потребности общества. Цель ландшафтного дизайна – не только улучшить внешний вид местности, но и создать функциональные пространства, которые вписываются в окружающую среду и удовлетворяют потребности людей.

Одним из ключевых аспектов ландшафтного дизайна является использование растений. Растения не только придают красочность и жизнь ландшафту, но и имеют практическую ценность. Они могут служить для создания приватности, фильтрации воздуха и шума, контроля эрозии почвы, а также привлекать полезных насекомых и птиц.

Вода также является важным элементом в ландшафтном дизайне. Фонтаны, водопады, озера и пруды не только придают прохладу и спокойствие, но и создают атмосферу расслабления и гармонии. Водные объекты служат для поддержания биоразнообразия и могут быть использованы в качестве экосистем для различных видов растений и животных.

Энергоэффективность является не менее важным аспектом современного ландшафтного дизайна. Дизайнеры все больше обращают внимание на экологические аспекты, направленные на рациональное использование воды, энергии и ресурсов, а также минимизацию выбросов.

Значимую роль при создании ландшафтов играют уникальные характеристики и культурные особенности местности.

Тысячелетняя история ландшафтного искусства тесно связана с различными видами искусств, в первую очередь с архитектурой, скульптурой, живописью и математикой.

Математика играет важную роль в ландшафтном дизайне, помогая создавать баланс и симметрию в пространстве. Они используют принципы геометрии и пропорций для распределения элементов ландшафта и создания эстетически приятных композиций.

Существуют различные инструменты ландшафтного дизайна, одними из них являются кривые второго порядка. Кривые второго порядка – это математические кривые, определяемые уравнением второго порядка. Среди них наиболее широко используются эллипсы, параболы и гиперболы. Эти кривые имеют особые свойства и формы, которые могут быть использованы для создания интересных и гармоничных композиций.

Эллипсы и параболические кривые используются для создания оригинальных форм дорожек, тропинок и декоративных элементов. Такие формы используются при создании необычных изгибов дорожек и ступеней. Они добавляют ландшафту уникальность.

Гиперболы используют для создания необычных и интересных форм арок или тоннелей. Они создают необычные пространства отдыха и расслабления.

Кривые второго порядка также могут быть использованы для организации пространства и разделения зон в ландшафтном дизайне. Они служат границами между различными функциональными зонами, такими как зона отдыха, детская площадка или садовый участок.

Парк Краснодар - одно из самых популярных и востребованных мест отдыха в городе. Волшебный парк Кубани является ярким примером использования ландшафтного дизайна при создании комфортной, привлекательной общественной среды. В ландшафтном дизайне парка Краснодар особое место занимают аллеи и дорожки, которые тщательно продуманы в соответствии с общим стилем парка. Они не только обеспечивают удобство передвижения по парку, но и служат для создания эстетического впечатления. Также в парке находятся различные растения, декоративные фонтаны и водные объекты, которые создают особую атмосферу отдыха.

Рассматривая применение поверхностей второго порядка необходимо отметить, что в проектировании зоны отдыха используется так называемое золотое сечение.

САДОВО-ПАРКОВЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК ЧАСТЬ ПРИРОДНО-КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТА ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Репецкая А.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия
anna.repetskaya@gmail.com

Активное освоение Южного берега Крыма с момента присоединения полуострова к России в конце XVIII в. привело к формированию уникального природно-культурного ландшафта, который может быть обозначен как «Берег-парк» (Южный берег Крыма. Материалы к описанию культурного ландшафта. Выпуск 1. Спб., 2019). Среди разнообразия подходов к пониманию и исследованию культурных ландшафтов при характеристике «Берега-парка» ЮБК Мысливец (2019) предлагает использовать культурно-экологический подход. В его рамках культурный ландшафт понимается как природно-культурный территориальный комплекс, сформировавшийся в результате эволюционного взаимодействия природы и человека, его социокультурной и хозяйственной деятельности и состоящий из характерных сочетаний природных и культурных компонентов, находящихся в устойчивой взаимосвязи и взаимообусловленности (Веденин, Кулешова, 2004).

Формирование природно-культурного ландшафта Южного берега Крыма тесным образом связано с историей паркостроения, в ходе которого значительные по площади участки природного ландшафта преобразованы в парковые пространства, ряд которых по праву отнесен к произведениям садово-паркового и ландшафтного искусства.

Е.М. Коляда (2002) выделяет два этапа паркостроения на Крымском Южнобережье. Первый начинается с присоединения Крыма к Российской империи в 1783 г. и завершается Крымской войной (1853–1856 гг.) Закладка первых парков связана с именем светлейшего князя Г.А. Потемкина, на землях которого уже с 1784 г. начались посадки экзотических растений: оливы, шелковицы, лавра, чинара, кипариса и др. Однако более значимым можно считать не столько практическую деятельность первого правителя Тавриды по освоению

собственных земель, сколько формирование стратегии по превращению Крыма в «райский сад». Императрица Екатерина II придерживалась того же мнения относительно развития полуострова, указывая, что одним из главных предметов в Тавриде должны быть сады.

В начале XIX в. Южный берег Крыма представлял собой труднодоступный регион, освоение которого затруднялось отсутствием дорог, малонаселенностью, сложными природными условиями. Основные площади усадеб занимали сельскохозяйственные угодья в виде садов и виноградников, а небольшие парки примыкали к основному зданию. Наиболее значимыми событиями для дальнейшего преобразования полуострова стали: во-первых, создание в 1812 г. Императорского казенного ботанического сада (будущего Никитского), с которым связано начало научных исследований в области интродукции растений и производства местного посадочного материала; во-вторых, строительство Алушкинского дворцово-паркового комплекса, где были впервые применены принципы организации ландшафта, впоследствии нашедшие распространение на множестве других объектов. Помимо парка графа М.С. Воронцова, в 20-х-начале 30-х гг. XIX в. возникли: усадьба А.С. Голицыной «Новый Свет» в Кореизе, «Софиевка» Л.А.Нарышкина в Мисхоре, романтическая «Александрия» А.Н.Голицина в Гаспре, «Меллас» Л.А. Перовского близ Фороса и поместье Л.С. Потоцкого в Ливадии. Многие из них впоследствии претерпели серьезные изменения, но по сей день представляют интерес в качестве образцов крымской ландшафтной архитектуры.

К началу Крымской войны природный ландшафт Южного берега подвергся преобразованиям в ходе строительства первых усадеб, но они представляли собой обособленные сельскохозяйственные и небольшие по площади парковые фрагменты. Основу составляли нетронутые территории.

Остановившееся с началом Крымской войны мирное развитие полуострова тяжело восстанавливалось в послевоенный период. Решающее значение для возобновления усадебного строительства на Южном берегу Крыма имело приобретение императором Александром II имения Ливадия. Позже владельцами соседних поместий стали его братья и приближенные, что ознаменовалось активным строительством дворцово-парковых комплексов. Ядром преобразования стал так называемый Царский берег – 10-км береговая полоса к западу и востоку от мыса Ай-Тодор, где сформировался ареал царских, великокняжеских, дворянских и купеческих поместий, включающий 10 наиболее значимых дворцово-парковых комплексов (Манцыгина, 2000). К перечисленным выше усадьбам, возникшим в довоенный период, прибавились императорское имение в Ливадии, имения великих князей «Ай-Тодор» в Ореанде, «Дюльбер» в Кореизе, «Харакс» и «Чаир» в Гаспре. Соединенные Царской тропой от Ливадии до Ай-Тодора парковые пространства сформировали единый комплекс садово-парковых объектов, включенных в естественные сообщества. Таким образом, в пределах Царского берега возникает первая обширная территория преобразованного природно-культурного ландшафта Южного берега Крыма. Другими очагами аналогичных изменений стали в западной части: Форос и его окрестности, Алушка и Симеиз; в центральной – Никита и Гурзуф; в восточной – Партенит с имением Утес-Карасан.

Активных темпов освоение Южного берега Крыма достигает в начале XX века в связи с возникновением и развитием курортного дела. Происходит не только закладка новых парков, но и начало озеленения населенных мест, что нашло отражение в понятии «город-сад» применительно к южнобережным городам и поселкам. Таким образом, к концу второго периода паркостроительства преобразованный ландшафт занимает значительные

площади на юге полуострова, при этом начинается процесс проникновения природы в город за счет создания системы городских зеленых насаждений.

Революция останавливает активное паркостроение на Южном берегу, как и иное строительство. Годы Гражданской войны привели к значительным утратам для паркового наследия Крыма. Начавшаяся после национализации распашка бывших усадебных парков под пахотные земли и плодовые сады, была остановлена. Советская власть быстро поняла значение дворцово-парковых объектов в качестве санаториев и домов отдыха. В 1935 г. появился первый генеральный план развития курортов под редакцией профессора М. Гинзбурга. Принципы организации усадебных парков нашли реализацию при создании городских приморских парков.

Следующий третий этап интенсивного паркостроительства на Южном берегу Крыма охватывает 50–80-е годы прошлого века. Для него характерен градостроительный размах при создании архитектурно-парковых комплексов, освоение сложных для строительства территорий на крутых склонах и оползнях, участках без водных источников. Построены такие крупные санатории с обширными парками, как «Горный», «Украина», «Россия», «Черноморье» и др. Выполнены большие площади лесокультурных посадок, озеленена южнобережная трасса. Единое государственное планирование региона, новые технологии и общественное назначение объектов позволило соединить отдельные фрагменты возникшего в XIX века культурного ландшафта в уникальную по масштабу и цельности ландшафтную систему, аналогов которой нет в нашей стране.

Начиная с 90-х годов, в результате появления частных землевладельцев, ослабления государственного регулирования, высокой коррупционной компоненты при принятии решений, природно-культурный ландшафт Южного берега Крыма оказался под серьезной угрозой. В результате застройки утрачены целые парки, например, Приморский парк в Ялте превратился в озелененный жилой многоэтажный квартал. На территории исторических парков выделены участки под частное жилое строительство, что привело к фрагментации парковой территории и разрушению композиционной и архитектурно-планировочной структуры. Снесены исторические здания и сооружения, а на их месте возникли объекты стилистически чуждые для крымского дворцово-паркового объекта. Примером последнего явления могут служить события последних лет в Форосском и Меласском парках. Рядом со старинными парками появились стеклянно-бетонные башни, диссонирующие с окружающим пространством, перекрывающие видовые перспективы на окружающие природные доминанты, как произошло с парком Карасан.

В настоящее время процессы деградации природно-культурного ландшафта приняли масштабный характер. Необходимы срочные системные решения по защите крымского паркового наследия, имеющего всероссийское значение. В противном случае уникальность Южного берега Крыма, где на протяжении 200 лет под влиянием русской культуры происходили процессы созидания и преобразования природного ландшафта, будет навеки утрачена.

СЕКЦИЯ 2 **МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ОПАСНОСТИ ОПУСТЫНИВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ КРЫМСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Ергина Е.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия
ergina65@mail.ru

Среди глобальных проблем человечества, требующих срочного комплексного решения, наряду с глобальным потеплением опустынивание занимает одно из ведущих мест. Согласно данным ООН, засушливые земли занимают 30 % земной поверхности в более 100 странах мира, где проживает около 2 млрд. чел. Изучение этого процесса, создание сети мониторинга и в дальнейшем разработка мероприятий по его предотвращению относятся к приоритетным направлениям современной мировой науки.

Среди главных причин опустынивания на территории нашей страны назовем следующие: нерациональное использование природных ресурсов, превышающее порог экологической устойчивости природных экосистем, за которым следует их разрушение, на фоне аридизации климата; необратимое потребление природных ресурсов без заботы об их воспроизводстве. Очевидно, что сокращение и разрушение биологического потенциала земель являются сутью процесса опустынивания, в результате которого создаются условия, благоприятствующие формированию ландшафтов, имеющих пустынный облик. В ландшафтах, которые подвержены опустыниванию, ухудшаются физические особенности почв, гибнет растительность и, как следствие, уменьшается способность экосистем к восстановлению. Однако, отметим, что в современном понимании нет причин считать опустынивание земель чисто природным или антропогенным процессом.

На территории Крымского полуострова в последние годы реализуются несколько элементарных пустынеобразующих процессов (ЭПОП): эрозия, засоление почв, климатические изменения. В связи с этим целью нашей работы стал территориальный анализ и оценка основных ЭПОП, влияющих на развитие и усиление процессов опустынивания на полуострове.

В большинстве работ регионального характера основу оценки процессов опустынивания составляют методики оценки климатических изменений, чаще всего количества осадков, за определенный промежуток времени (отклонения от нормы). В наших исследованиях учитываются и другие факторы, прямо и косвенно характеризующие проявление процессов опустынивания: отклонение средней суммы осадков от нормы; число опасных гидрометеорологических явлений (засухи, суховеи, пыльные бури); урожайность сельскохозяйственных культур; эродированность почв сельскохозяйственных угодий в разрезе муниципальных образований Республики Крым.

Для количественной характеристики проявления процессов опустынивания предлагаем применять коэффициент потенциальной опасности опустынивания (K_0), который рассчитывается по формуле:

$$K_0 = \frac{(R+Y)-(Z+P+S+E)}{100\%} \cdot (\text{ГТК}),$$

где K_0 – коэффициент потенциальной опасности опустынивания; R – отклонение средней суммы осадков за исследуемый период, %; Z – вероятность проявления засухи, %;

P – вероятность проявления пыльной бури, %; S – вероятность проявления суховея, %; Y – средняя урожайность зерновых за многолетний период в % от максимального сбора в год; ГТК – гидротермический индекс; E – доля с/х земель, подверженных эрозии, %.

При выборке факторов для расчета K_0 с помощью кластерного анализа определяются ключевые параметры, которые в большей степени влияют на опустынивание территории.

Исходя из значений рассчитанного коэффициента, логично предположить, что чем ниже K_0 , тем опасность опустынивания больше, что позволяет провести ранжирование показателя. При K_0 в пределах 0,4–0,8 вероятность опустынивания очень высокая; 0,9–1,2 – высокая; 1,3–1,6 – средняя; 1,7–2,5 – низкая.

Картирование коэффициента потенциальной опасности опустынивания территории Крымского полуострова иллюстрирует пространственную неоднородность показателя. Так очень высокая потенциальная опасность опустынивания характерна для ландшафтов Тарханкутского полуострова, северо-западного Крыма, центральной части равнинного Крыма, где наблюдается очень высокая потенциальная опасность опустынивания. Высокая степень развития процессов опустынивания отмечается в северном Присивашье и в западных регионах Равнинного Крыма.

На территории Керченского полуострова, в предгорье Главной гряды Крымских гор и в северо-восточной части равнинного Крыма – средняя потенциальная опасность опустынивания. Менее всего процессы опустынивания развиваются в Горном Крыму.

ПРОЕКТ СОЗДАНИЯ «ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА» ЛАНДШАФТНОГО ПРОСТРАНСТВА КРЫМА

Лычак А.И., Бобра Т.В.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия
lychak1@rambler.ru, tvobra@mail.ru

Создание «цифрового двойника» ландшафтного пространства Крыма довольно амбициозный проект, способный изменить не только цели, но и смыслы современной географии и геоэкологии. Построение «цифрового двойника» территории – это очень сложная и наукоемкая технология, которая объединяет комплекс современных технологий – Big Data, Data Fabric, искусственный интеллект (artificial intelligence), дополненную и виртуальную реальность и пр.

Необходимость технологической модернизации современной географии и геоэкологии требует интеграции географических и экологических знаний с другими предметными областями, в том числе и в области цифровых технологий.

Цифровое моделирование ландшафтного пространства Крыма позволит:

- дать экологическую оценку состояния различных ландшафтных комплексов;
- выявить основные факторы, критически влияющие на уровень техногенной нагрузки;
- определить пути решения проблем, связанных с накопленным экологическим ущербом;
- перейти к системной реализации мер по оздоровлению территорий.

Цель проекта – на основе технологии «цифровых двойников» и больших данных создать комплексную систему управления территориальными ресурсами (ландшафтным пространством) региона, которая станет инструментом поддержки принятия

управленческих решений для федеральных, региональных и муниципальных органов власти, а также хозяйствующих субъектов, природопользователей разных уровней.

Главная задача проекта – построение «цифрового двойника» для территории Республики Крым.

Цифровой двойник (Digital Twin) – это «технология-интегратор», которая объединяет в себе новые производственные технологии, искусственный интеллект, большие данные, распределенный кадастр ресурсов, беспроводные технологии, технологии геосенсорики и экологического мониторинга, природоподобные технологии, геосистемный дизайн.

«Геосистемный дизайн» (Geosystem Design) – это комплексная технология, создающая проектные решения в сфере природопользования с принципиально новыми характеристиками. «Геосистемный дизайн» – это аддитивные технологии плюс комплекс технологий оптимизации, например, многокритериальная, многопараметрическая, мультидисциплинарная, топологическая и топографическая оптимизация функционирования территориальных комплексов или геосистем. Совокупность решений под общим названием «Геосистемный дизайн» дает возможность эффективно применить и уже ранее известные технологии (например, модель SWAT-Soil and Water Assessment Tool или комплекс симуляционных моделей EPIC на основе ГИС (GEPIC) для оценки урожайности пшеницы в условиях недостаточного увлажнения и засух).

Задачи проекта:

- развитие системы экологического мониторинга и геосенсорных систем. Построение цифрового двойника невозможно без развития системы геосенсорики и экологического мониторинга. Важно достичь высокий уровень адекватности разрабатываемой модели, т.е. выйти на уровень, где мы с высокой степенью точности (в высокотехнологичных проектах – в пределах $\pm 5\%$) описываем все измеримые полученные экспериментальные данные. Это нестационарная и нелинейная задача, ключевыми составляющими решения которой является системный инжиниринг, применение best-in-class технологий мирового уровня, формирование Digital Brainware на основе множества экспериментальных данных (включая, например, данные Росгидромета), а также многочисленные виртуальные испытания (в том числе на специализированных «виртуальных стендах» и «виртуальных полигонах»);

- интегрировать имеющиеся и необходимые для создания цифрового двойника данные на единой цифровой платформе. Системный инжиниринг позволяет рассматривать территорию Крымского полуострова как сложную геосистему, состоящую из множества взаимодействующих и взаимовлияющих подсистем и компонентов. В результате обработки больших объемов данных возможно будет разработать семейство математических моделей природно-технических систем. В результате мы постепенно приблизимся к «умному» цифровому двойнику, одна из основных задач которого – дать ответы на ключевые вопросы: «Где целесообразно установить геосенсорные датчики/пункты мониторинга?» и «Какие характеристики и параметры необходимо измерять/контролировать?».

Актуальность этой задачи определяется тем, что она позволяет выйти на адекватные прогнозы экологических и других рисков, а, значит, оценку угроз, заранее подготовиться к тому, что может произойти, например, к разнообразным аварийным и чрезвычайным экологическим и техногенным ситуациям. Кроме того, на основе полученной от цифрового двойника информации можно разработать обоснованную инвестиционную программу, в которой будут учтены временные, финансовые возможности / ограничения для развития

тех или иных отраслей хозяйства, а также обоснованы зоны расположения новых датчиков, которые, в свою очередь, позволят усовершенствовать математическую модель, повышая её уровень адекватности.

Разработку цифрового двойника территории Республики Крым предполагается осуществлять совместно с командой СПбПУ «Новые производственные технологии» ComMechLab® удаленно на базе российской цифровой платформы CML-Bench™.

В рамках проекта «Цифровой двойник Республики Крым» будут использованы трансдисциплинарный подход и кросс-отраслевой трансфер технологий, то есть переход от цифровой промышленности к цифровому природно-техническому объекту – территории Крымского полуострова.

Лидером и инициатором проекта «Цифровой двойник Республики Крым» является кафедра геоэкологии Института «Таврическая Академия» Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

Проект станет серьёзным шагом к построению на новом качественном уровне комплексной системы управления территориями и природными ресурсами, и затем может быть масштабирован и тиражирован на другие территории, как в России, так и в других странах.

Сегодня мы имеем шанс подойти к созданию фабрики географических данных на основе работающих цифровых двойников, развитию собственной системы экологического мониторинга, развития геосенсорных систем, более широкого использования материалов ДЗЗ, и собственных полевых исследований. Мы должны попробовать превратить наши знания о природе, экономике и социуме Крыма в востребованные обществом «информационные услуги».

СЕКЦИЯ 3

ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ, ДИНАМИКА, ЭВОЛЮЦИЯ И РАЗВИТИЕ ЛАНДШАФТОВ

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ: ПРОГНОЗНОЕ ЭМПИРИКО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Коломыц Э.Г.

*Институт фундаментальных проблем биологии, ФГБУН ФИЦ «Пушкинский научный центр
биологических исследований Российской академии наук», Пушкино, Россия
egk2000@mail.ru*

В настоящем сообщении изложены основные положения разработанной нами прогнозной топоэкологической концепции «Глобальные изменения на локальном уровне» как основы локального биоэкологического и геосистемного мониторинга в условиях глобальных антропогенных изменений климата. Объекты исследования – лесные и лесостепные ландшафтно-зональные системы основного водосбора Волжского бассейна. Необходимость сохранения и воспроизводства в условиях меняющегося климата лесных ресурсов на южной границе лесной зоны умеренных широт, где лесные сообщества находятся в состояниях, близких к критическим, относится к числу фундаментальных экологических проблем.

Топогеосистемы представляет собой, по выражению В.Б. Сочавы, наиболее комплексную и активную часть природной среды, ее *функциональное «ядро»*. Согласно известной *биоэкологической концепции* Н.В. Тимофеева-Ресовского, пространственное разнообразие биологического круговорота на всех иерархических уровнях биосферы обусловлено в первую очередь структурной неоднородностью биогеоценозов (ландшафтных фаций).

Эмпирически нами было установлено, что основной пропускной канал связей топогеосистем с климатом проходит через *летнее влагосодержание почвы*, которое, с одной стороны, служит достаточно надежным геофизическим индикатором состояния экосистем, а с другой, – является наиболее мощным экологическим фактором. Для лесных экосистем Волжского бассейна найдены достаточно тесные связи июльских запасов продуктивной почвенной влаги с годовым коэффициентом увлажнения Высоцкого-Иванова. Принято также, что приоритетным объектом ландшафтно-экологического прогнозирования в пределах столетия должна служить не структурная эволюция экосистем, а *направленная смена их функционирования*, т.е. сдвиги в малом биологическом круговороте – в скоростях продуцировании и разложении фитомассы, а также в темпах изменений массы мобильного гумуса почвы.

Как первый шаг в познании локальных механизмов глобальных изменений разработана методическая конструкция под рабочим названием «*Эмпирическая имитация регионального климатического тренда геосистемами топологического уровня*». Эта имитация проведена в рамках локальных ландшафтных сопряжений (катен). Местные геоморфологические и эдафические факторы преломляют фоновые биоклиматические условия и формируют, помимо *плакорных топогеосистем*, отражающих зонально-региональный фон данной территории, множество *экстразональных категорий* как представителей других зональных типов географической среды, не только соседних, но и весьма удаленных. Образуются векторные *региональные системы локальной зональности*, которые имитируют основные направления и масштабы местных геосистемных перестроек, создавая тем самым эмпирическую основу для прогнозных построений.

Главный принцип прогнозирования гласит: величина климатически обусловленной трансформации одной гео(эко-)системы в другую тем больше, чем меньше степень пересечения их начальных гидротермических ниш, т.е. чем выше исходная (базовая) контрастность их функциональных состояний, и чем больше степень взаимного перекрытия ниш после смещения первой системы по вектору климатического тренда. Максимальные значения трансформации данной гео(эко-)системы принимаются как наиболее вероятные направления и наибольшая степень ее преобразований. Механизм вероятностных оценок геосистемных переходов можно проиллюстрировать диаграммами Венна.

На основе банка гидротермической информации (в данном случае запасов почвенной влаги) рассчитываются вероятности переходов друг в друга рассматриваемых групп биогеоценозов для данного прогностического срока. С этой целью рассчитываются исходные (базовые) и прогнозируемые меры включения их парциальных климатических ниш. Для каждой пары фациальных групп A и B рассчитываются два параметра трансформации: 1) $K(A_0 \rightarrow A_1)$ – мера стабилизации P_{ii} фациальной группы A и 2) $K(A_0 \rightarrow B_0)$ – мера P_{ij} его поглощения другой фациальной группой B . Эти два параметра выражаются следующими мерами включения:

$$K(A_0 \rightarrow A_1) = \frac{A_0 \cap A_1}{A_0}; \quad K(A_0 \rightarrow B_0) = \frac{A_1 \cap B_0 - A_0 \cap B_0}{A_0}$$

Предложенный количественный метод локального и регионального ландшафтно-экологического прогнозирования основан на *дискретном эмпирико-статистическом моделировании природных экосистем*. Такой подход позволяет оперировать сравнительно небольшим числом наиболее информативных характеристик и получать результаты, возможно, не столь точные, как, например, при имитационном моделировании, но с гораздо большей степенью пространственного разрешения. Кроме того, он дает возможность: а) представить функциональные состояния биогеоценозов как целостных образований, в духе учения В.Н. Сукачева; б) осуществлять прогнозное ландшафтно-экологическое картографирование; в) выходить на достаточно широкие эмпирически обоснованные географические обобщения по прогнозу.

Использованы две прогнозно-климатические модели семейства общей циркуляции атмосферы: E GISS – Годдардовского института космических исследований (США), и HadCM3 (версия A2) – Центра климатических исследований Хэдли (Великобритания). Первая модель – более умеренная, вторая – гораздо более экстремальная. Модели дают повышение средней июльской температуры к концу XXI столетия в Среднем Поволжье соответственно на 3.5–4.5° и 5.5–7.0°. Прогнозный период состоит из следующих интервалов (шагов): 1985–2025, 2025–2050, 2050–2075, 2075–2100 гг.

Наиболее интенсивную аридизацию почвенно-растительного покрова можно ожидать согласно модели HadCM3. Так, в подзоне типичной лесостепи запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–50 см к 2100 г. должны снизиться до 39–46% от нормы базового периода. К концу XXI в. здесь произойдет повсеместное 3–3,5-кратное сокращение летних влагозапасов. Для плакорных дубо-липняков это будет означать снижение параметра ($W-50$) в диапазоне 116 → 32 мм. Летние запасы почвенной влаги окажутся ниже того уровня (около 40 мм), когда начинается расчленение сплошного неморальнолесного покрова на островные массивы и/или превращение их в редколесья.

В сосново-широколиственных лесах водноледниковой равнины вековой тренд июльских влагозапасов в этом же слое почвы составит 55 → 19 мм, что приблизит их гидроэдафотопы к критическому минимуму для сплошного лесного покрова (20 мм). Таким образом, прогнозируемая динамика летних запасов почвенной влаги однозначно указывает на резкое ухудшение лесорастительных условий в обширной зоне переходов от леса к степи на Русской равнине в процессе глобального потепления. При этом по экстремальной модели HadCM3 мы можем предвидеть реакцию лесных экосистем на такие климатические изменения, которые превышают порог выносливости лесообразующих пород и ведут к распаду на обширных пространствах не только неморальных, но и южных бореальных

лесов. Следует отметить, что современное глобальное потепление на территории России весьма близко к прогнозному сценарию именно по экстремальной модели HadCM3.

Главные результаты проведенного нами прогнозного эмпирико-статистического моделирования лесов Волжского бассейна состоят в следующем.

1. По всему спектру природных зон и подзон региона предполагается весьма значительный *стартовый «скачок» функциональных преобразований лесных экосистем* (особенно по модели HadCM3). Он будет вызван значительным уменьшением годового коэффициента увлажнения. Функциональная устойчивость бореальных и неморальных лесных сообществ может быть нарушена уже на первом этапе. При этом рост интенсивности ландшафтно-экологических переходов будет сопровождаться усилением избирательности этого процесса: *с каждым новым шагом функциональный сдвиг экосистем станет не только более сильным (по отношению к базовому состоянию), но и более однозначным*

2. В маргинальных лесах зональных экотон лесов и степей наиболее разнообразные изменения должны претерпеть топоэкосистемы двух относительно увлажненных «полюсов» ландшафтных сопряжений: с одной стороны, плакорные мезоморфные дубо-липняки, а с другой, – мезо-гидроморфные лиственные леса днищ малых долин, а также примыкающие к ним дубо-липняки и осинники нижних частей склонов. Максимально широкий спектр трансформации будет свойствен теневым широколиственным лесам суглинистых возвышенных равнин. По модели GISS возможно несколько путей переходов их в ксеромезофитные лесные сообщества склонов с небольшой вероятностью. Более же экстремальная модель HadCM3 дает прямо-таки катастрофическую трансформацию дубрав в ксерофитные лесо-лугово-степные комплексы, свойственные ныне только крутым солнцепечным склонам.

ОСОБЕННОСТИ КРЫМСКИХ ЛАНДШАФТНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СТРУКТУР

Боков В.А.

*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия*

vbokov@mail.ru

Ландшафтные территориальные структуры – это конфигурации элементов ландшафта с определенным рисунком и типом взаимодействия, сформированные в результате совокупного влияния внешних факторов и саморазвития системы. Они определяют важнейшие черты функционирования ландшафтов, производства ландшафтных ресурсов, выполнения ландшафтами экологических, культурных и хозяйственных функций. На всей территории земного шара имеет место полиструктурность ландшафтов, то есть пересечение в пространстве и времени структур разных типов (Раман, 1972; Николаев, 2006 и др.).

Ландшафтные территориальные структуры различаются по следующим основаниям деления: 1) по механизмам возникновения и функционирования (внешние факторы, факторы саморазвития, факторы сознательного ноосферного управления); 2) по пространственным и временным масштабам (по размерам, пространственным градиентам характеристик, по длительности проявления структур, градиентам характеристик по времени); 3) по совокупности ландшафтных характеристик, участвующих в процессах функционирования структур.

В Крыму выделено более 20 типов ландшафтных территориальных структур. Они частично пересекаются в пространстве и времени, а некоторые из них имеют сходные

механизмы функционирования. В этом случае между структурами возникает возможность взаимодействия, эффектов суперпозиции, взаимного усиления или ослабления. Фоновыми в пространственном отношении структурами являются зональные, заполняющие всю поверхность суши. Пространственные ландшафтные градиенты этих структур в большинстве случаев значительно меньше по сравнению с гидросетью, склоновой микрозональностью, геотопологическими, парагенетическими, биоцентрически-сетевыми, геоэкологическими, гидроморфной поясностью, сукцессионными и некоторыми другими структурами. Пространственные и временные контрасты в региональных и, особенно, в локальных структурах нередко в 100–1000 раз выше, чем в зональной фоновой структуре. Но многие структуры выражены отчетливо на разных пространственных уровнях, например нуклеарные, барьерные, ячеисто-экспозиционные, природно-хозяйственные.

Из фоновых зональных ландшафтных структур в Крыму представлены лишь степные и, в меньшей степени, лесостепные ландшафты, занимающие равнинные западную, северную и восточную части полуострова. Горную и предгорную части, занимающие 6 тыс. км², а также прилегающие к ним примерно 1 тыс. км² территории, занимают лесостепные ландшафты и высотные варианты лесных, степных и луговых ландшафтов. Ландшафтные территориальные структуры Крыма на региональном уровне рассмотрены Е.А. Позаченюк (2009). Особенно большое внимание этот автор уделил различным вариантам катеновой организации пространств (позиционной поясности, склоновой микрозональности, высотной поясности).

Анализ ландшафтных структур следует начинать со сравнения каждого типа структур с фоновыми зональными структурами, которые выстилают всю поверхность суши и хорошо представлены на модели ландшафтной зональности на идеальном материке и на карте ландшафтной зональности мира.

В Крыму пересечение ландшафтных структур имеет особый характер, связанный со сложным устройством физико-географического пространства, разнообразием природопользования. Особенно разнообразны структуры горного и предгорного Крыма, развивающиеся в условиях широкого диапазона климатических условий (от сухостепных до гумидных), сложного геологического строения, в том числе значительного влияния карстовых форм рельефа.

Параллельно зональным структурам в регионе развиваются речные бассейновые структуры с парциальными разновидностями: стоковые, гидросеть, векторные, склоновые катены, склоновая микрозональность. У этой группы ландшафтных структур большую роль играют эффекты саморазвития. В результате, в приречных частях территорий значительно возрастает ландшафтное разнообразие. Большинство рек в Крыму находится в семиаридной зоне, что вызывает нередко формирование слепых устьев и сухоречий. Максимум расходов многих рек наблюдается не в устье, а при выходе с гор. Большую роль в формировании стоковых структур играет карст, из-за которого происходит перераспределение части подземного стока из бассейнов одних рек в другие. Также карст способствует субмаринной разгрузке подземных вод, которая по оценкам Ю.Г. Юровского (2018) и А.А. Пасынкова (2020) весьма значительна.

Как и везде в ландшафтной сфере, в Крыму широко представлены ландшафтные территориальные структуры, созданные таким геоциркуляционным механизмом как общая циркуляция атмосферы, формирующая фоновую ландшафтную зональность. В Крыму она в значительной мере деформирована, что связано с влиянием нуклеарных, барьерных, ячеисто-экспозиционных эффектов и высотной поясности.

На всей территории Крыма вследствие специфических очертаний береговой линии формируются индивидуальные проявления местных циркуляций. В западной части Крыма бризовая циркуляция выражена сильнее по сравнению с восточной, что приводит к формированию здесь максимума поступающей солнечной радиации.

Особые группы образуют также экстремальные и нестабильные ландшафтные структуры. Экстремальные связаны с природными стихийными бедствиями и, хотя проявляются в течение небольшого времени, производят большой экологический, экономический и социальный ущерб. Экстремальные структуры в Крыму выражены сравнительно слабо (слабее, чем, например, на Кавказе) поскольку водосборные территории менее значительны, а контрасты высот меньше.

У нестабильных структур (под названием «свободные поля» они были выделены Ф.Н. Мильковым, 1981) вследствие природных и/или антропогенных причин произошло нарушение сложившегося равновесия, образовались структуры с незакрепленными ландшафтными взаимосвязями (эрозионные и денудационные поля, участки разработки открытых карьеров, места прохождения лавин, обвалы, свежие карстовые провалы и оползни и т.д.), которые являются источником разнообразных ландшафтных сукцессий.

Группа структур, связанная с пространственным перераспределением вещества и энергии, приводит к различным вариантам катеновых сопряжений: парадинамические, склоновые катены, парагенетические, ярусность на равнинах, склоновая микрозональность, Склоновая микрозональность проявляется повсеместно и весьма ярко: более ярко чем в аридных и гумидных областях.

Большими региональными особенностями характеризуются структуры, формирующиеся в значительной степени геостационарными механизмами: литогенные (петрогенные), геоструктурные, гидроморфная зональность, морфологические. Хорошо выражены биоциркуляционные структуры (биоцентрически-сетевые, экотонные, сукцессионные): удельное биоразнообразие в Крыму является одним из самых больших в мире.

Крым традиционно рассматривается как возможный регион создания ноосферных структур, в которых большую роль играют элементы сознательного управления (Багров, 2002).

Исследование выполнено в рамках гос. задания ФИЦ ИнБЮМ № 121040100327-3.

СТРУКТУРА РЕЛИКТОВОЙ ЧАСТИ БАНКА СЕМЯН СОСНЯКОВ ВОЛЬСКОГО РАЙОНА САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Ефимова Д.И., Торгашкова О.Н.

*ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского»,
Саратов, Россия*

darya-efimova99@mail.ru, torgaschkova88@mail.ru

Почвенный банк – это обязательный компонент популяций у многих видов растений в широком ряду растительных формаций, который служит своеобразным резервом ответных реакций экосистем на различные комбинации параметров внешней среды и антропогенные нарушения. Лесные почвы характеризуются разным количественным и качественным составом покоящихся семян, которые имеют различное происхождение: 1) автохтонные (местные) – семена растений, произрастающих в данном месте и в данное время на этой территории; 2) реликтовые – семена растений фитоценоза, существовавшего

ранее на этой территории; 3) инвазионные (заносные) – семена, занесенные с других территорий различными способами (ветром, водой, животными и т.д.) (Петров, 1989). Соотношение между этими группами и видовой состав в пределах каждой группы позволяют судить об истории формирования конкретного лесного фитоценоза и условиях существования растений в настоящее время.

Исследование банка семян проводилось в лесных сообществах в окрестностях поселка Шиханы и села Тепловка Вольского района Саратовской области. Изучение качественного и количественного состава банка семян проводилось методом лабораторного проращивания (Петров, 1989). В лесных сообществах было отобрано 197 образцов почв. Для определения видовой принадлежности использовали определители всходов растений (Богданов, 1961, Рысина, 1973, Васильченко, 1979, Хомякова, 1990). Названия видов приводятся по П. Ф. Маевскому (2014).

Сосняки Шиханского лесного массива расположены на юго-западном и восточном склонах, а Тепловского лесного массива – на юго-западном склоне. Почвы в исследованных фитоценозах – дерновые лесные карбонатные. Древесный ярус изученных фитоценозов состоит в основном из *Pinus sylvestris* с примесью других древесных пород (*Populus tremula*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Quercus robur*). Число травянистых видов в фитоценозах колеблется от 2 до 32. В сообществах произрастают специфические растения-меловики: *Anthemis trotzkiana*, *Artemisia salsoloides*, *Centaurea marschalliana*, *Hedysarum grandiflorum*, *Hyssopus cretaceus* и др.

Запас жизнеспособных семян в сосняках достаточно велик, что связано с экологическими условиями, сформировавшимися в исследованных сообществах. Наибольшее число семян обнаружено в сосняках вейниковом, ландышевом и мятликовом (3600, 5200 и 6400 шт./м² соответственно) Шиханского лесного массива и сосняках мертвопокровных (до 5950 шт./м²) Тепловского лесного массива.

Максимальным числом жизнеспособных семян характеризуется сосняк мертвопокровный Тепловского лесного массива (105950 шт./м²), а минимальным – сосняк мертвопокровный Шиханского лесного массива (1500 шт./м²). Флористическое разнообразие почвенного банка исследованных сосняков составляют жизнеспособные диаспоры 23 видов: *Dianthus deltoides*, *Centaurea marschalliana*, *Chenopodium album*, *Cystopteris fragilis*, *Convallaria majalis*, *Erigeron canadensis*, *Galium aparine*, *Galium verum*, *Genista tinctoria*, *Ficaria verna*, *Hieracium pilosella*, *Hyssopus cretaceus*, *Lamium amplexicaule*, *Oxalis acetosella*, *Poa angustifolia*, *Poa nemoralis*, *Pteridium aquilinum*, *Silene nutans*, *Stellaria holostea*, *Thlapsi arvense*, *Thymus dubjansky*, *Tortula muralis* и *Veronica chamaedrys*. Преобладающими по числу выявленных видов в банке семян являются семейства Labiatae (13%), Compositae (13%) и Caryophyllaceae (13%).

Практически все виды, обнаруженные в семенном банке исследованных сообществ, являются реликтовыми (92,2–100%). Максимальным числом реликтовых семян характеризуется такие виды, как *Stellaria holostea* (от 2000 до 3200 шт./м²), *Silene nutans* (1700 шт./м²), *Dianthus deltoids* (1250 шт./м²) и *Oxalis acetosella* (1000 шт./м²). В сосняках мертвопокровных и ландышевых обнаружено значительное количество реликтовых спор *Pteridium aquilinum* (1500–2500 шт./м²). В мертвопокровных сообществах реликтовая фракция банка семян включает многочисленные споры *Tortula muralis* (40000–100000 шт./м²), а в сосняке мятликовом Шиханского лесного массива – *Cystopteris fragilis* (2000 шт./м²).

Семена древесных пород не обнаружены в реликтовой фракции семенного банка сосняков. В спектре жизненных форм семенных банков исследованных сосняков господствуют травянистые длиннокорневищные поликапики (47%), менее многочисленны стержнекорневые (26%).

В почвенном запасе жизнеспособных семян обнаружены диаспоры видов, принадлежащих к разным географическим группам. Максимальным количеством видов характеризуются представители евро-азиатской (27%) и евро-западноазиатской географических групп (27%).

В реликтовой фракции банка семян сосняков семена с эндоспермом (67%) преобладают над количеством семян без эндосперма (33%). Вероятно, такие семена более приспособлены для сохранения в почве и выполнения функции резервной части популяции.

Преобладающее большинство семян рассмотренных видов характеризуются наличием эндогенного неглубокого физиологического покоя (*Stellaria holostea*, *Galium verum* и другие), который может быть снят действием многих факторов, повышающих ростовую активность зародыша или проницаемость покровов для кислорода и приводящих к повышению активности зародыша. Немногочисленны семена с экзогенным покоем (*Genista tinctoria*).

Таким образом, банк семян в сосняках формируется в основном за счет реликтовых семян, что определяется историей формирования конкретного фитоценоза, его флористическим составом, ближайшим фитоценотическим окружением и антропогенными факторами. Способность семян переживать неблагоприятные условия в состоянии покоя наиболее у ряда видов растений, которые существуют в экстремальных условиях, обусловленных повышенным содержанием карбонатов в почвах, что обуславливает переход растений в покоящееся состояние.

ОПЫТ РАСЧЕТА БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЕЗОНОВ ДЛЯ ГОРНО-ТАЕЖНОГО ПОЯСА СРЕДНЕГОРИЙ СЕВЕРНОГО УРАЛА

Янцер О.В.¹, Квашнина А.Е.²

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург, Россия

²ФГБУ ГПЗ «Денежкин камень», Североуральск, Россия

kshenia_yantser@bk.ru

Изучение реакции растительности природных комплексов разного ранга на изменение климатических показателей с помощью программ многолетних фитофенологических исследований в последние годы приобретает особую актуальность. Периодизация года характеризуется качественными изменениями абиотических компонентов природы, определяющими фенологические реакции биоты. Радиационный режим, термический режим, влагооборот и динамика физико-географических процессов и биологической активности отличаются по сезонам. Особенно ярко эти различия проявляются в горах. Наиболее тесны связи температур с фитофенологическими явлениями (Минин, 2000). Феноиндикация позволит моделировать и прогнозировать протекание процессов в природе.

Биоклиматические показатели в нашем исследовании рассматриваются как комплексная дата отклика растений-феноиндикаторов на влияние сезонных изменений температурного режима, увлажнения и освещенности. В оценке биоклиматических параметров применяется физиологический подход, производится оценка степени

комфортности условий окружающей среды. Сезонная динамика наиболее распространенных и надежно определяемых фитофенологических явлений характеризуются непрерывностью и постепенностью изменяющихся показателей и служит индикатором временной трансформации биоклимата.

Исследование проведено с 2002 по 2021 гг. на территории заповедника «Денежкин камень», расположенной в пределах таежной области Уральской равнинно-горной страны, в среднегорьях Северного Урала. Горно-таежный пояс занимает высоты до 740–760 м. Фиксирование фенологического состояния видов производилось в течение вегетационного периода со второй декады мая до второй декады сентября. Фенологические наблюдения проведены классическим методом, по классификации В.А. Батманова – первичным методом регистраторов срока. Начало сокодвижения у березы (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.); начало зеленения черемухи (*Padus avium* Mill.) и березы (*Betula pubescens*; *Betula Pendula* Roth.); начало цветения черемухи (*Padus avium* Mill.), рябины (*Sorbus sibirica* Hedl.) и шиповника иглистого (*Rosa acicularis* Lindl.) интегрально характеризуют весенние гидрометеорологические условия. Биоклиматические показатели для весеннего вегетативного и генеративного развития растительности рассчитаны как средняя дата, выведенная из шести явлений. Тесная взаимосвязь (коэффициент корреляции 0,86–0,94) между переходом среднесуточной температуры воздуха и почвы через +5°, +10°, +15°, просыханием почвы и фенофазами растений определяет наиболее яркие события весны в органической природе. Выбор набора явлений для расчета весенних биоклиматических (феноклиматических) показателей обусловлен физиологической реакцией видов растений с достаточной встречаемостью, известностью и меньшей подверженностью влиянию микроклиматических условий. Первоначально были вычислены средние даты наступления каждого явления в наиболее типичных фациях горно-таежного высотного пояса с различной солярной и ветровой экспозицией, затем – средняя дата для нижней, средней и верхней частей склонов. Далее средние даты биоклиматических индикаторов были ранжированы по срокам наступления. Участки склонов отнесены к определенной биоклиматической зоне: оптимальной комфортности, слабо комфортные и относительно комфортные.

Индикаторы наступления вегетационного периода – сход снежного покрова, дата устойчивого перехода среднесуточных температур воздуха через +5°C, первые признаки жизнедеятельности растений в горно-таежном поясе, в среднем, наступает 16 мая. Весенний биоклиматический показатель для всего горно-таежного пояса 30 мая, высотный градиент биоклиматического показателя составляет 2,6 сут/100 м., фронт комплекса весенних явлений поднимается вверх по склонам в 2,7 раза быстрее в восточных экспозициях массивов. В начале и середине весны развитие растительности в долинах рек несколько запаздывает по сравнению с выше расположенными фациями в связи с активным половодьем, определяющим избыточное увлажнение почв, наряду с их более низкими температурами. Верхние части пояса подвержены более медленному просыханию и прогреванию почвы вследствие более позднего схода снежного покрова и низкотемпературного режима воздуха, определяемого высотно-поясным фактором. Биоклиматические зоны по срокам наступления комплекса явлений распределяются следующим образом: относительно комфортная с высотами от 300–420 м., оптимальной комфортности от 430 до 660 м., слабо комфортная – от 680 до 740 м.

Фенологическая граница лета и осени отмечается 18 августа. Фенологическое начало сезона совпадает с климатическим: переход среднесуточных и минимальных температур

воздуха ниже +10°C наблюдается в среднем, 16 августа, начало фенологической осени определяется появлением первых желтых прядей или первых желтых листьев у 5 % берез и поспеванием плодов рябины обыкновенной или сибирской – 18 августа. Осеннее расцветивание листьев, листопад, плодоношение растений в это время не зависят от температурного режима. Сезонные изменения в вегетации растений осенью отличаются от весенних меньших амплитуд колебаний по годам, что обусловлено изменением длины фотопериодов и критическим иссушением корнеобитаемого слоя почвы. Осенний биоклиматический показатель горно-таежного пояса – 9 сентября, рассчитан по началу пожелтения листьев березы, поспеванию плодов рябины обыкновенной, концу массового листопада березы. Он, в большей степени, предопределяется скоростями развития летних фенофаз растений, сокращением интенсивности поступления физиологически активной радиации вследствие перехода на осеннюю циркуляцию атмосферы, определяющую увеличение облачности; приспособлениями видов, связанными с подготовкой к неблагоприятным зимним условиям и завершением процессов развития. Наступление комплекса осенних явлений в горно-таежном поясе отмечено 5 сентября, высотный градиент продвижения составляет 3,1 сут на 100 м высоты. Осенью сезонные процессы начинаются раньше в долинах рек и межгорных депрессиях, а также в верхних частях горно-таежного пояса, на границе с криволесьем. Биоклиматические зоны распределяются следующим образом: слабо комфортная от 300–420 м. и от 680 до 740 м., относительно комфортная с высотами от 430 до 660–670 м.

Высотно-поясная дифференциация гор Северного Урала определяет неоднородность и пространственную изменчивость сезонной динамики комплекса растительности внутри исследуемой территории. Сезонное развитие, как проявление функционирования ландшафтов, характеризуется разнообразными показателями динамических состояний. Для индикации сезонных состояний применимы биоклиматические показатели, отражающие изменения ведущих компонентов ландшафта в годичном круге развития природы. Биоклиматические показатели сезонов в среднегорьях Северного Урала носят интегральный характер. Исследование сезонной динамики среднегорий и биоклиматическое зонирование склонов в пределах горно-таежного пояса имеют важное прикладное значение, позволяет транслировать опыт для аналогичных физико-географических условий.

ЭВОЛЮЦИЯ АНТРОПОГЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ СТАРОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

Гурьевских О.Ю.¹, Долгушина Ю.А.¹, Скупкин Д.А.²

¹ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург, Россия

²Нижнетагильский государственный социально-педагогический институт (филиал)

ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,

Нижний Тагил, Россия

gurevskikho@mail.ru, uladolgushina@mail.ru, geognt@mail.ru

Современная ландшафтная структура старопромышленных районов Среднего Урала складывается под совместным воздействием природных и антропогенных факторов. Мозаичность и неоднородность ландшафтной структуры обусловлена сложными сочетаниями различных типов природных и антропогенно-модифицированных местоположений, представленных в пространстве различными состояниями,

принадлежащими к одной или нескольким динамическим или эволюционным траекториям. Элементы ландшафтной структуры характеризуются качественными и количественными параметрами, изменяющимися с различной скоростью и периодичностью в зависимости от состояния геосистем. С позиций функционально-динамического подхода состояние геосистемы рассматривается как пространственно-временная однородность, выделяемая по критериям сохранения состава и соотношения системообразующих элементов и ведущих процессов системы (Исаченко, 2014).

Обособление природных комплексов Среднего Урала происходит под воздействием геолого-геоморфологических, зональных, секторных, барьерных, высотно-поясных и солярно-экспозиционных влияний, которые приводят к образованию региональных и локальных геосистем. Ландшафтная структура старопромышленных районов изучена на примере г. Нижний Тагил, в ходе детальных ландшафтных исследований ключевых участков и ситуационно-логического анализа, выполненного на основе визуальной интерпретации пространственных социально-экономических и природных структур, выраженных в фоторисунках космических снимков, в соответствие с их генезисом и функционированием. При этом использованы два метода: ландшафтно-индикационный и контрастно-аналоговый.

Нижний Тагил расположен в пределах Баранчинского низкогорно-кряжевого со свежими ельниками и ельниками сосняками и Тагильского увалисто-равнинного со свежими сосняками районов таёжной ландшафтной области Урала. В пределах обследованной территории представлены следующие виды ландшафтов: холмисто-грядовые наклонные равнины (200–300 м), слаборасчлененные, сложенные осадочно-вулканогенными породами, с влажными и сырыми сосновыми зеленомошно-травяными и долгомошно-кустарничковыми лесами; холмисто-увалистые равнины и обширные плоские межувальные депрессии (250–350 м), сложенные осадочно-вулканогенными и метаморфическими породами, местами прорванными небольшими интрузиями; слабо расчлененные, с преобладанием свежих и периодически влажных сосновых разнотравных и зеленомошно-травяных лесов; холмисто-увалистые равнины, относительно пониженные участки предгорных увалов и межувальные депрессии (250–350 м), сложенные интрузивными породами кислого состава (гранитоиды, гнейсы, диориты), с выходами коренных пород в виде глыб и скал-останцев «каменных палаток», слабо и неглубоко расчлененные, с преобладанием свежих и влажных сосновых с елью разнотравных лесов. Природные факторы определяют структурно-генетические особенности инвариантной основы и ресурсный потенциал ландшафтов, который служит причиной антропогенного воздействия, определяя форму землепользования. Разнообразие минеральных богатств предопределено геологическим строением, сформированным в различных геодинамических условиях сжатия и растяжения земной коры. Концентрация полезных ископаемых соответствует геологическим структурам, глубокая денудация которых вывела рудные месторождения на поверхность и сделала их доступными для разработки.

На территории Нижнего Тагила расположено 7 крупных месторождений и более 50 рудопроявлений. Самыми старыми месторождениями в городе являются Меднорудянокское и Высокогорское, которые сейчас образуют единый карьерно-отвалный комплекс площадью около 9 км². Железные руды представлены магнетитами – Высокогорское, Лебяженское, Евстюнихинское месторождения Тагило-Кушвинского гнезда. Меднорудянокское месторождение медной руды, поделочного малахита и мармитов. Из

нерудных полезных ископаемых представлены Гальянское известковое месторождение и щебеночный карьер Валегин бор.

Антропогенные комплексы начали формироваться здесь задолго до основной волны русской колонизации, о чем свидетельствуют археологические памятники, относящиеся к «металлическим» векам. Места добычи руд древними «металлургами» называют Чудскими копиями: они имеют воронкообразную форму и глубину 10-14 м. В начале XVIII века на Урале появляются первые металлургические предприятия. Начинается разработка месторождений металлов промышленным способом с формированием типичных антропогенных горнозаводских карьерно-отвальных комплексов. Такие комплексы представляют собой эволюционную стадию развития ландшафтной структуры с мозаичным сочетанием всех типов антропогенных модификаций природного инварианта. Закономерности естественной основы при антропогенном воздействии сохраняются, поскольку даже наиболее сильно преобразованные техногенные комплексы остаются частью географической оболочки и подчиняются общим закономерностям дифференциации. Первичная структура составляет непрерывный ландшафтный фон, антропогенные воздействия дискретны и по-разному накладываются на этот фон. Эффект воздействия выражается в изменениях первоначальных свойств. Степень антропогенного изменения зависит от структуры и динамики ландшафта и его устойчивости к воздействиям.

Объекты горнодобывающей промышленности представлены карьерами, шахтами, отвалами разного возраста, терриконами, промышленными площадками и прудами-отстойниками. Площадь подобных объектов от 0,1 до 9 км². Разнообразие природных комплексов в пределах подобных объектов характеризуется сочетанием разных типов: от антропогенных комплексов в очаге добычи, до слабоизмененных на периферии. Литогенную основу образуют скальные горные породы, рыхлые глинистые отложения, вмещающие щебень. На коренных породах отмечаются насыпные минеральные грунты, свалки из отходов деревообработки, нетоксичных и токсичных продуктов промышленного производства.

Отмечаются существенные необратимые трансформации инвариантных фаций. Глубина карьеров колеблется от 10 до 275 м; шахт – от 50 до 620 м. Высота насыпных положительных объектов, например терриконов достигает 50-70 м. Поэтому невозможно самопроизвольное возвращение геосистемы в исходное состояние. Продолжается процесс развития этих комплексов, связанное с повторным процессом эксплуатации и изменения площади за счет соединения соседних месторождений. Главный карьер Высокогорского месторождения постепенно заполняется шламом от находящейся на его северном борту обогатительной фабрики. Отвалы Меднорудянского и Высокогорского месторождений перерабатываются в щебень. На техногенных площадках наблюдается начальная стадия зарастания посттехногенного саморазвития. Соотношение модификаций и антропогенных комплексов определяют за счет эмерджентных эффектов свойства природных компонентов (микроклимат: тепловой режим, характер освещенности; сток, биоту) и соседних природных комплексов. При этом природно-техногенный объект служит частью геосистем более высокого ранга и испытывает на себе влияние комплекса природных факторов.

Изменения ландшафтной структуры происходят не только в карьерах, отвалах и шахтах, но и на прилегающих территориях, которые констатируются как производные сильно и среднеизмененные модификации. При извлечении горной породы наблюдается следующий сценарий эволюционного развития: сильноизмененные производные

комплексы переходят в антропогенные при саморазвитии под влиянием природных процессов (обрушение, снос). Производные модификации на периферии антропогенных геосистем могут восстановиться до условно-коренного состояния. После прекращения добычи объекты горнодобывающей промышленности должны быть рекультивированы и могут быть преобразованы в рекреационные, что приведет к вовлечению подобных объектов в туристскую инфраструктуру региона.

КОНЦЕНТРАЦИЯ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ НА ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА БИДУП-НУЙБА, ВЬЕТНАМ

Фам К.Н.¹, Лебедев Я.О.¹, Дрыгваль А.В.¹, Горбунов Р.В.^{1,2,3},

Горбунова Т.Ю.^{1,2,3}, Кузнецов А.Н.^{2,3}, Кузнецова С.П.^{2,3}, Нгуен Д.Х.²

¹*ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени А.О. Ковалевского РАН»,
Севастополь, Россия*

²*Совместный Российско-Вьетнамский Тропический научно-исследовательский и технологический
центр, Ханой, Вьетнам*

³*ФГБУН «Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН», Москва, Россия
nhung5782@yahoo.com*

Всё более востребованным становится изучение техногенного загрязнения почв тяжёлыми металлами. Такие исследования актуальны и для современного Вьетнама. Большинство работ по данной тематике рассматривают в качестве объекта исследования земли сельскохозяйственного назначения, территории в промышленных зонах или городах. Однако, исследований, посвящённых изучению загрязнения лесных почв крайне мало, особенно в районах заповедников. Вероятно, это связано с тем, что такие территории считаются «чистыми» априори. И всё же, результаты тех немногочисленных исследований, которые проводились, доказывают, что и эта тема представляет значительный интерес. Особое внимание стоит уделить изучению загрязнения почвенного покрова тяжёлыми металлами, а именно их подвижным формам. Подвижные формы тяжелых металлов легко усваиваются растениями и тем самым легко включаются в трофические цепи. Целью работы является оценка эколого-геохимического состояния почвенного покрова (по уровню концентраций подвижных форм тяжелых металлов в почвенном покрове) на территории Национального парка Бидуп Нуйба (Южный Вьетнам).

Для достижения поставленной цели мы использовали следующие общепринятые методики проведения исследований. Отбор и подготовка проб велись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84. Точки отбора проб размещались с учётом розы ветров и особенностей микрорельефа. Определение тяжелых металлов в отобранных почвенных пробах проводили с помощью масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой PlasmaQuant MS Elite S-NR:11-6000ST043 в научно-образовательном центре коллективного пользования «Спектрометрия и хроматография» ФГБУН ФИЦ «Институт биологии Южных морей им. А.О. Ковалевского РАН».

На территории Национального парка Бидуп Нуйба было отобрано 13 проб почв в разные сезоны года: сухой и влажный. Во всех пробах определена концентрация подвижных форм As, Hg, Cr, Zn, Cd, Pb, Cu. Мы проанализировали некоторые химические показатели, связанные с подвижностью и адсорбционной способностью тяжелых металлов в почве. Кислотность почвенного раствора меняется от кислой до слабощелочной (рН 4,2–7,8). Кислотность почвенных растворов снижается от органогенных к минеральным

горизонтам. Это соответствует природным условиям (тропический лес) и объясняется подкисляющим воздействием растительного опада. Ниже приводятся краткие результаты аналитических исследований. При сравнении с вьетнамской ПДК выявлено, что содержание кадмия во всех точках превышает нормы.

Мышьяк – подвижная форма определена во всех пробах. Подвижные формы мышьяка также определены во всех пробах в концентрации в сезон дождей и сухой сезон от 0,02 до 0,36 мг/кг и от 0,06 до 0,21 мг/кг соответственно.

Кадмий – подвижные формы кадмия не обнаружены в одной точке (Т2 А₁) в сезон дождей, в остальных точках присутствует кадмий. Концентрация кадмия определена в следующих пределах: 0,004÷0,67 мг/кг и 0,18÷0,25 мг/кг соответственно в сезон дождей и сухой сезон. ПДК для подвижных форм кадмия не установлен, приводится по литературным данным (0,5 мг/кг). Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0,00 до 1,34 в сезон сухой с средним значением 0,08, а во влажный сезон изменяется от 0,36 до 0,50 со средним значением 0,43. Превышение ПДК обнаружено во четырех пробах в сухом сезоне: Т2 А₁, Т4 А, Т4 АВ, Т5 А₁.

Медь – концентрация подвижной формы меди определена в пределах 0,13÷1,25 мг/кг и 0,20÷0,72 мг/кг в сухом и влажном сезоне соответственно. Превышение ПДК (3,0 мг/кг) для подвижных форм меди не зафиксировано. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0,08 до 0,22 в сухой сезон со средним значением 0,18, а во влажный сезон изменяется от 0,01 до 0,04 со средним значением 0,13.

Свинец – зафиксировано превышение ПДК (6,0 мг/кг) для подвижных форм свинца в четырех точках: Т4 Ad (6,46 мг/кг), Т4 А(8,34 мг/кг), Т4 АВ (13,1 мг/кг) и Т5 А₁(6,52 мг/кг). Концентрация свинца 0,70÷8,34 мг/кг в сухой сезон и 0,42÷5,14 мг/кг во влажный сезон. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0,12 до 2,18 в сезон сухой со средним значением 0,76, а во влажный сезон изменяется от 0,07 до 0,86 со средним значением 0,29.

Цинк – подвижные формы цинка в концентрации определены в пределах 1,07 ÷100,97 мг/кг и 1,34÷9,24 мг/кг в сухой сезоны и влажный соответственно. Отметим, что зафиксировано превышение ПДК (23 мг/кг) в трех точках Т2 А₁ (28,32 мг/кг), Т4 Ad (81,55 мг/кг) и Т4 АВ (100,97 мг/кг) в сухой сезон. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0,05 до 4,39 в сезон сухой со средним значением 0,98, а во влажный сезон изменяется от 0,06 до 0,40 со средним значением 0,16.

Ртуть – подвижная форма определена во всех пробах. Подвижные формы ртути также обнаружены во всех пробах в концентрации от 0,0002 до 0,14 мг/кг во влажных сезон и от 0,001 до 0,004 мг/кг в сухой сезон. ПДК для подвижных форм ртути не установлен.

Хром – в подвижной форме концентрация хрома определена в пределах 1,64÷3,78 мг/кг и 0,366÷3,86 мг/кг в сухой и влажный сезоны соответственно. Превышение ПДК (6,0 мг/кг) для подвижных форм хрома не зафиксировано. Коэффициент опасности изменяется в пределах от 0,27 до 0,63 в сезон сухой со средним значением 0,34, а во влажный сезон изменяется от 0,06 до 0,64 со средним значением 0,17.

Геохимический ряд для подвижных форм тяжелых металлов на территории Национального парка Биудп Нуйба выглядит следующим образом: Zn>Pb>Cr>Cu>Cd>As>Hg (по средней концентрации) и в сухом сезоне и в дождевом сезоне и Zn>Pb>Cr>Cu>Cd в сухом сезоне, а в дождевом сезоне Cd>Pb>Cr>Cu>Zn (по превышению над нормативными показателями).

При анализе полученных лабораторных исследований видно, что определяемые элементы можно разделить на две группы: первая – Cd, Pb, Zn, в этой группе в пробах

зафиксировано превышение над ПДК; вторая – Cr, Cu, в этой группе не зафиксировано превышений над ПДК. ПДК для As и Hg не установлено, поэтому мы не можем их оценивать.

Рассмотрение геохимических особенностей нахождения подвижных форм тяжелых металлов в почвах Национального парка Бидуп Нуйба позволяет нам сделать несколько основных выводов: в пределах исследуемой территории установлено повсеместное превышение предельно допустимых концентраций подвижных форм для Cd, Pb и Zn в сухом сезоне не во всех пробах. Содержание тяжелых металлов в почвах исследуемой территории сильно отличается в зависимости от сезона. После сезона дождей содержание тяжёлых металлов меньше, чем в период после сухого сезона, благодаря большому количеству дождя в районе.

Исследование выполнено в рамках гос. задания ФИЦ ИнБЮМ № 121040100327-3, а также в рамках НИР Тропического центра ЭКОЛАН Э-1.2, раздел «Изучение особенностей структуры и функционирования равнинных и низкогорных лесных экосистем Центрального и Южного Вьетнама (Контюранг, Мада, Каттъян, Йокдон, Бузяман)».

ИЗУЧЕНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ГЕОКОМПЛЕКСОВ НИЗШЕГО РАНГА НЕСТАЦИОНАРНЫМИ ФЕНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Скок Н.В., Иванова Ю.Р., Юровских А.М.

ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург, Россия
skok-nv-gbf@mail.ru, miss.nocentra@list.ru, an.m.evd@mail.ru

В настоящее время фенологические методы имеют большое значение для ландшафтных исследований. Полученные показатели являются индикаторами сезонной динамики геокомплексов и позволяют оценить их фенологическое состояние. Для исследования геокомплексов низшего ранга наиболее эффективными являются нестационарные методы, разработанные В.А. Батмановым. Благодаря их применению можно получить количественные характеристики состояния растительности в геокомплексах, не используя специальных приборов.

Для проведения исследований были выбраны два нестационарных фенологических метода – описательный интегральный и метод суммированных (комплексных) фенологических характеристик (СФХ). Метод СФХ, предложенный В.А. Батмановым, относится к группе первичных описательных. Он был детально разработан и апробирован Е.Ю. Терентьевой в восточных предгорьях Среднего Урала, О.В. Янцер в среднегорьях Северного Урала и Н.В. Скок, Ю.Р. Ивановой и А.М. Юровских в низкогорьях Среднего Урала (Иванова, Скок, Евдокимова, 2018). Сущность этого метода заключается в оценке фенологического состояния каждого вида геокомплекса согласно стандартам вегетативного и генеративного циклов развития растительности. Стандарт представляет собой ряд фенофаз, последовательно сменяющих друг друга, для вегетативного цикла он состоит из 8 фенофаз, а для генеративного – из 9. Процент видов растений, находящийся в определенной фенофазе в день обследования, является суммированной фенологической характеристикой, а средний фенологический коэффициент всей площадки со средней квадратической ошибкой – комплексным фенологическим показателем. Главное преимущество метода заключается в единстве методики наблюдения для разных видов и жизненных форм растений. При нескольких посещениях геокомплекса в течение сезона, можно

дополнительно вычислить фенологическую скорость, выраженную в долях балла в сутки. Если ежегодно проводить наблюдения в одни и те же даты, то полученные результаты можно сравнивать между собой и вычислить экономалии.

Описательный интегральный метод заключается в регистрации фенологического состояния учетных единиц объекта. Ими могут быть отдельные растения, часть растения, куртина, кочка, особь. Для работы методом требуется достаточное количество учетных единиц на территории наблюдения: для деревьев от 50 штук, для травянистых растений от 100 штук. Фенологическим состоянием, межой, для оценивания может быть зеленение, окрашивание, плодоношение, начало цветения и т.п. Итогом будет служить процент особей, перешедших между в данный день на определенной территории. В результате многолетних исследований было выявлено, что лучшим объектом для наблюдений данным методом из древесной растительности является береза. Она наиболее широко распространена на территории Урала, а ее межи визуально хорошо определяются, благодаря чему береза входит в золотой фонд фенологии. В светлохвойных южнотаежных лесах произрастает лиственница сибирская, которая также является хорошим объектом для изучения с ярко выраженными межам в переходные сезоны. В весенний период наблюдения за зелением проводится по трем межам: слабое, заметное и сильное зеленение. Наиболее показательной является третья межа – сильное зеленение, когда листовая пластинка или хвоя достигают размера больше половины взрослого листа.

Наблюдения проводились на северной окраине города Екатеринбурга в Шувакишском лесном парке, относящемуся к Лялинско-Уфалейскому макрорайону низких восточных предгорий, Верх-Исетскому грядово-сопочному ландшафтному району, лежащих на денудационных предгорных равнинах и увалах, в подзоне южной тайги. Рельеф сопочно-увалистый с максимальными высотами сопок 250-300 м, покрытых светлохвойными суховатыми, свежими и влажными сосняками на дерново-подзолистых почвах. Исследования проводились в сосняке-березняке травяном, расположенном на восточном берегу оз. Шувакиш, с 6 по 20 мая с интервалом в 2-4 дня в зависимости от погодных условий одновременно двумя методами. Цель исследования – провести сравнение результатов, полученных данными методами для оценки фенологического состояния геокомплексов. Для получения более глубокого анализа нами были отслежены все весенние фенофазы фенологического процесса. Ранее аналогичные наблюдения проводились в южной части горной полосы Среднего Урала уже в течение 9 лет (Скок, Иванова, Евдокимова, 2019). Однако, в связи с удаленностью территории и большой протяженностью маршрута, посещение участков осуществлялось дважды за сезон.

Комплекс весенних явлений, в отличие от других сезонов, наиболее коррелирует с состоянием погоды, поэтому дополнительно для анализа были привлечены климатические показатели. Сравнение результатов данных методов проводилось по вегетативному циклу развития растительности. В структуре СФХ 6 мая преобладали виды, находящиеся в фазах покоя, набухания и проклевывания почек 67%. К 14 мая видов в состоянии покоя не осталось, а к 20 мая 86% видов продвинулись до фенофазы рост листа и молодой лист. Так, коэффициент вегетации изменялся от 1,8 балла 6 мая – что соответствует фенофазе «набухание почек» до 3,2 балла 20 мая фенофаза «рост листа». Скорость прироста фенологических коэффициентов была максимальной в период 10-12 мая 2023 года и составила 0,2 балла в сутки. В этот период в стадию «рост листа» вступило 56% растений. Среднесуточные температуры в это время составили 10-10,5°C, а максимальные дневные – 16,5-17,5°C, что привело к активному вегетативному развитию. Минимальное среднее

квадратическое отклонение, т.е. наиболее высокая скорость нарастания процента, в эти же даты у березы и лиственницы составили 1,7. Оценка фенологического развития растительности фации, произведенная двумя методами, в данном случае аналогична.

Наименьшая скорость прироста коэффициента вегетации была отмечена 14-17 мая – 0,07 балла в сутки: изменения происходили всего у 15% растений. «Рост листа» – занимает длительное время, перед вступлением в фенофазу «молодой лист», поэтому на этом этапе наблюдается замедление процесса. В конце процесса зеленения скорости замедляются и у древесных растений: среднее квадратическое отклонение у березы составляет 3,3, а у лиственницы сибирской – 3,4.

Кроме вегетативного процесса, методом СФХ можно проанализировать и генеративный процесс развития растительности. В структуре СФХ генеративного процесса на 6 мая 70% видов находились в состоянии покоя. К 20 мая их чисто уменьшилось до 53%. Коэффициенты генеративного процесса были ниже, чем вегетативного: от 0,8 балла 6 мая «зеленый бутон» до 1,6 балла 20 мая «окрашенный бутон». В связи с тем, что процесс цветения наступает как правило позже зеленения и требует более высоких температур. Максимальная скорость для генеративного цикла составила +0,10 балла в сутки в период 10-12 мая 2023 года, а минимальная 17-20 мая 0,03 балла в сутки.

Для описания геокомплексов низшего ранга могут применяться оба метода. Метод СФХ более трудоемкий, так как требует учета состояния всех видов растительного покрова фации, но более информативный. Описательный интегральный метод, позволяет быстро визуального определить межи и вывить различия между геокомплексами низшего и среднего рангов, но требует большого количества учетных единиц в фации.

СЕКЦИЯ 4

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЗЗ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНОГО КАРКАСА УРБОЛАНДШАФТОВ НА ПРИМЕРЕ Г. ВИДНОЕ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Мовчан М.А., Кочуров Б.И.

ФГБУН «Институт географии РАН», Москва, Россия

movchan.m97@gmail.com, camertonmagazin@mail.ru

Направление темы исследования становится всё более актуальным в последнее время, а его научная значимость обуславливается несколькими фактами, среди которых особенное место занимают:

- развитие методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и их тесная интеграция с программами ГИС,
- рост количества и совершенствование разного рода набора статистических открытых данных о Земном покрове,
- появление новых модулей в программных средствах, позволяющих обрабатывать результаты исследования и в т.ч моделировать и прогнозировать.

Другим не менее важным аспектом является возрастание потребностей в изучении ландшафтов урбанизированных территорий как в научной среде, так и в обществе, в связи с ярко выраженным проявлением отрицательной стороны процессов урбанизации, которые заключаются в увеличении площади застроенных территорий, усложнении транспортной инфраструктуры, а также в сокращении зелёных зон городской среды. Негативное влияние со стороны промышленных и транспортных зон, резкое возрастание интенсивности движения и количества личного автомобильного транспорта в городской среде, интенсивный рост плотности и этажности городской застройки приводят к дисбалансу в природном каркасе урболандшафтов (Мовчан, 2022). Исследование каркаса с помощью новых и также новейших методов, а именно с помощью ДЗЗ съёмки и геоинформационного моделирования относится к принципиально новому научному направлению в исследовании ландшафтов урбанизированных территорий. Так как оно позволяет достаточно точно проследить динамику изменения структуры урболандшафтов; довольно хорошо дифференцировать естественные и искусственные компоненты и количественно оценить вклад каждого планировочного элемента каркаса в процентном или в площадном эквиваленте.

Степень урбанизированности южной части Ближнего Подмосковья, а именно территории г. Видное, приобретает всё более трудно управляемый характер. В особенности это касается застройки и транспортной инфраструктуры, что влечёт за собой нарушение сбалансированности и устойчивости в экологическом каркасе урболандшафтов в последние годы (Чудинова, 2010). Данный дисбаланс выражается в чрезмерном антропогенном влиянии искусственных компонентов (промзон, застройки, транспортной сети) на развитие природной среды и в подавлении средоформирующих элементов, играющих жизненно важную роль. Традиционные методы, такие как аналитический, сравнительно-географический и комплексное описание весьма трудоёмки и не позволяют в полной мере отразить геоэкологическую ситуацию, обусловленную состоянием природного каркаса.

Широкими перспективами обладают пассивные методы дистанционного зондирования, т.е. те из них, которые основаны на регистрировании параметров отражательной способности различных компонентов ландшафтов. Среди них наиболее известны спектральные разностные индексы: растительности (вегетации) – NDVI; водных объектов – NDWI; различий застройки – NDBI, а также различные варианты спектральной комбинации спутниковых многоканальных снимков, например, искусственные цвета – False color urban. Также, особое место занимает тепловая съёмка и использование ночной космической съёмки в изучении урбанизированных территорий. В этом случае используются так называемые тепловые каналы в дальнем инфракрасном диапазоне (10–11 каналы Landsat 8) и спутниковые изображения земной поверхности в ночное время (спутников Villars). Последние из них, в большей степени, подходят для исследований территорий в региональном масштабе. На этапе обработки и анализа широко используются средства ГИС, а именно, вычислительные инструменты, как для растровых, так и для векторных объектов, различные виды автоматических классификаций, например k_{means} и кластеризация, преобразование в векторный формат и т.д.

Цель – рассмотреть возможности использования и характеристики типичных методов ДЗЗ при изучении природного каркаса урболандшафтов.

В рамках темы исследования были рассмотрены возможности и варианты применения таких современных методов, как спектральные индексы растительности и комбинация, искусственные цвета; а также анализ набора открытых данных OSM, включающий типы землепользования, застройку, улично-дорожную сеть. Поскольку, такие способы позволяют достаточно чётко выделить компоненты природного каркаса, оценить их состояние и классифицировать в соответствии с типами землепользования. В данном случае задействуются каналы: видимый (0.5–0.6 мкм), ближний ИК (0.9–1.0 мкм) и красный (0.65–0.75 мкм). Расчёт индекса вегетации основывается на отношении разницы между ближним ИК и видимым диапазоном к сумме этих двух показателей, т.к. растительный покров интенсивно отражает в ближней ИК области, то он выделяется на фоне остальных компонентов. Спектральная комбинация базируется на последовательности каналов: ближнего ИК, красного и видимого. Она позволяет чётче выделить все компоненты урболандшафта, поскольку используется видимый диапазон, на который приходится максимум отражения искусственных объектов. Набор открытых данных является дополнением к подобным исследованиям, позволяющий скорректировать возможные неточности и отобразить компоненты каркаса в удобной для восприятия форме.

Что касается тепловой съёмки, то она является дополнением к исследованию природного каркаса, позволяющим выделить и классифицировать компоненты по критерию температуры поверхности Земли. Как известно, города являются своеобразными «островами тепла», а зелёные комплексы (компоненты природного каркаса), будучи менее нагретыми, довольно легко читаются на температурных картах. В этом случае используются космические снимки в дальнем ИК диапазоне (10 мкм), которые предварительно обрабатываются в ГИС с использованием специальных модулей, например SPT Plugin, RS&GIS и др для пересчёта значений в градусы Цельсия. Для целей изучения урболандшафтов и их компонентов наиболее подходят методические приёмы спектральной комбинации и, отчасти, спектральные индексы. Инфракрасная съёмка менее точна и не позволяет в полной мере дифференцировать компоненты городского ландшафта.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА (LULC) КЕРЧЕНСКОГО ПОЛУОСТРОВА С 1990 ПО 2020 ГГ. С ПОМОЩЬЮ ДЗЗ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Кривогуз Д.О.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

krivoguz@sfedu.ru

Антропогенная деятельность оказывает существенное воздействие на ландшафты по всему миру. Процессы урбанизации, связанные с экономическим ростом и увеличением населения, приводят к повышению эксплуатации малоиспользуемых участков земли для сельского хозяйства, промышленности и других секторов экономики. Исследования показывают, что использование земли в различных экономических секторах приводит к деградации почвы, затрагивающей примерно треть общей площади суши. Эти процессы включают вырубку лесов, эрозию почвы и другие формы деградации природных ландшафтов.

Трансформация ландшафта на Керченском полуострове является многофакторным процессом, включающим переход от природных к антропогенным ландшафтам и увеличение воздействия на экосистемы. Данный регион считается одним из наиболее развитых с точки зрения использования земли и исторически подвергся существенным преобразованиям. Антропогенное воздействие и введение Северо-Крымского канала привели к засолению, эрозии и другим негативным последствиям.

Анализ землепользования и поверхностного покрова (LULC) включает классификацию антропогенной деятельности и природных элементов на поверхности Земли в определенные временные интервалы с использованием статистических методов анализа данных. Для этой цели широко используются данные спутников Landsat и Sentinel. Эти данные позволяют проанализировать изменения с течением времени.

Целью данного исследования является детальный анализ динамики естественных и антропогенных изменений поверхностного покрова на Керченском полуострове за последние три десятилетия (1990–2020 гг.) и тщательное изучение воздействия этих трансформаций на биоразнообразие и устойчивое региональное развитие.

На первом этапе осуществлялся сбор полевых данных на тренировочных и валидационных участках, географическая привязка отобранного материала и последующая его обработка в цифровой форме. Также проводился сбор данных дистанционного зондирования Земли, соотнесенных с датами отбора полевых проб. Агрегировав полученные материалы, была сформирована база данных, используемая в качестве тренировочного и валидационного набора.

На следующем этапе данные были разделены на тренировочные и валидационные, после чего на их основе была обучена глубокая нейронная сеть, формирующая обученный классификатор форм поверхностного покрова в зависимости от спектральных сигнатур различных классов.

На последнем этапе производилась классификация спутниковых данных для выделения классов LULC. Для работы с данными Landsat использовался сервис Google Earth Engine (GEE). Данные для каждого временного интервала рассчитывались как медианное значение каждого пикселя в пределах территории Керченского полуострова из соответствующей группы снимков Landsat 5, 7 или 8. После этого полученные данные проходили процедуру паншарпенинга для повышения пространственного разрешения

композитных снимков. Затем композитные снимки использовались для классификации с помощью обученной нейронной сети и выделения классов LULC, характерных для каждого этапа, представленных в виде карт LULC.

С 1990 по 1994 гг. на Керченском полуострове активно развивалась сельскохозяйственная деятельность, особенно в западной и юго-западной частях, засеивались злаковые и плодово-ягодные культуры. Травяной покров был равномерно распределен, но в большей мере – в восточной части. Участки бесплодных почв встречались в основном около грязевых озер.

С 1995 г. до конца XX века происходит интенсификация развития сельскохозяйственной деятельности, связанной с благоприятными климатическими условиями на полуострове в данный период, что выражалось в расширении посевных угодий. Также данный период характеризуется сокращением древесной растительности и изменениями в количестве площадей, занимаемых открытой почвой. Водные ресурсы увеличивались за счет увеличения объема атмосферных осадков.

Начало XXI века характеризуется значительными изменениями на Керченском полуострове: повсеместная сельскохозяйственная деятельность сменяется на четкое зонирование – сельское хозяйство на западе и курортно-рекреационная деятельность на востоке. Увеличивается древесная растительность, особенно в Орловском парке. Площадь водных объектов остается почти неизменной, а территории, занятые искусственными сооружениями, сокращаются.

С начала 2005 г. разделение полуострова увеличивается. Сельскохозяйственные угодья вблизи Керчи уменьшаются, концентрируясь в большей степени на юго-западе. Участки бесплодных земель расширяются, скорее всего за счет климатических изменений. Площади древесной растительности уменьшаются, но наблюдается небольшой рост в Орловском парке и Марьевском лесу. Водные ресурсы уменьшаются, особенно на юго-западе. Уменьшение искусственных сооружений связано с изменениями в концепции развития городской среды. Общий тренд – разделение полуострова на хозяйственную и рекреационную части.

В период с 2010 по 2014 гг. увеличиваются темпы развития сельского хозяйства, несмотря на ухудшающийся климат. Рост площадей сельскохозяйственных земель наблюдается на западе. Наблюдается уменьшение бесплодных земель в центре полуострова, но также видно и их расширение вблизи озер. Площади древесной растительности немного увеличивается. Уменьшение антропогенных объектов связано с озеленением города.

В период с 2015 по 2019 гг. структура поверхностного покрова существенно меняется: наблюдается уменьшение водных ресурсов, связанное с перекрытием Северо-Крымского канала и аридизацией полуострова, сокращение древесной растительности, активная застройка городской инфраструктуры в районе Керчи.

Проведенное исследование динамики поверхностного покрова на Керченском полуострове за период с 1990 по 2020 гг. предоставляет ценную информацию о влиянии антропогенной деятельности и климатических изменений на трансформацию природной среды. Результаты показывают активное развитие сельского хозяйства в конце XX века, которое затем развивалось сугубо в центральной и западной частях полуострова, в то время как для востока была характерна промышленная и рекреационная деятельность. Важным фактором стало изменение климата, приводящее к снижению атмосферных осадков, росту температуры и пересыханию водоемов.

ОПЫТ ПРОГНОЗНО-СИМУЛЯЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ СИСТЕМ

Бобра Т.В., Лычак А.И.

ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Россия
tvbobra@mail.ru, lychak1@rambler.ru

Современный этап развития ландшафтной сферы характеризуется высокой степенью ее антропогенной преобразованности. Практически все естественные ландшафтные системы изменены или находятся на определенной стадии антропогенной трансформации. Наблюдается повсеместное отклонение состояния современных ландшафтных систем от их естественной нормы.

Антропогенное воздействие искажает ландшафтно-геофизические и ландшафтно-геохимические поля, смещая границы естественных экологических диапазонов условий существования и генезиса ландшафтных систем. В связи с этим, становится все труднее и труднее определить естественные фоновые значения состояния окружающей человека среды.

Решение многих задач охраны и использования природных ресурсов, экологического мониторинга, территориального планирования и управления часто зависит не только от способов выбора элементарных операционных единиц, но и от системы методов их геоэкологического оценивания и прогнозирования.

Существующие классические методы морфогенетического ландшафтного картографирования территории в настоящее время не способны полностью удовлетворить растущие потребности в области информационного обеспечения всех вышеизложенных задач, поскольку опираются на довольно статичную парадигму. Изменение состояния окружающей природной среды и ландшафтных систем протекает быстрее, чем перестраивается их пространственная структура и внутриландшафтные связи и взаимодействия.

Поэтому о закономерной структурно-функциональной связи и внутренней однородности многих ландшафтных систем говорить уже не приходится. В большинстве случаев мы имеем дело с разбалансированными (находящимися за пределами своих экологических диапазонов существования) геосистемами. По сути, мы имеем дело с полиструктурными, полиморфными и неустойчивыми географическими образованиями, структура и функционирование которых во многом определяется деятельностью человека.

Одним из наиболее эффективных инструментов описания, экспериментального моделирования и прогнозирования текущего состояния ландшафтных систем Крыма являются прогнозно-симуляционные модели. В Крымском федеральном университете имени В.И. Вернадского, на кафедре геоэкологии на протяжении последних 15 лет проводятся научные исследования по мониторингу и прогнозно-симуляционному моделированию состояний ландшафтных систем Крыма на разных масштабных уровнях его организации. Полученный опыт позволил сделать ряд выводов и обобщений относительно эффективности использования прогнозно-симуляционного моделирования состояний ландшафтных систем и геоэкологических ситуаций в регионе.

Задача прогнозно-симуляционного моделирования состояний ландшафтных систем Крыма потребовала разработки и внедрения новых интегрированных систем динамического моделирования. Нами была выбрана наиболее разработанная и

апробированная система комплексного прогнозного моделирования возможных состояний геосистем в рамках бассейновой системы – SWAT (Soil and Water Assessment Tool).

В настоящее время SWAT-модель получила признание во всем мире как наиболее эффективный и научно-обоснованный инструмент описания, прогноза и оценки состояния почвенной и гидрологической составляющей в состоянии современных ландшафтных бассейновых систем.

Опираясь на карту современных ландшафтов (Лычак, Бобра, 2011) и карту антропогенной экотонизации (трансформации) ландшафтов Крыма (Лычак, Бобра, 2012), а также карту почв Крыма, используя ряды гидроклиматических данных, данных о стоке и других ландшафтно-геофизических и ландшафтно-геохимических показателей, необходимых для построения SWAT-модели, была рассчитана прогностическая модель состояния ландшафтного пространства Крыма. Результаты расчетов этой модели представлены в виде пространственной базы данных (более 100 параметров) и визуализированы средствами ArcGis10.2. (построены соответствующие карты, масштаб 1:200 000).

Опыт использования SWAT-модели показал, что, прежде всего, это имитационная модель, симулирующая значения выходных параметров в зависимости от заданных на входе переменных, характеризующих различные воздействия на почвенно-гидрологическую систему в рамках модельных бассейновых или суббассейновых ландшафтных систем. Это постоянно работающая модель с временным интервалом осреднения равным 24 часам (сутки). Она физически обоснована, эффективна и оптимальна с точки зрения математики и компьютерных технологий, опирается на существующие распространенные типы ГИС-технологий, в частности, полностью совместима с ArcGIS, технологически ориентирована на постоянную работу в длительном режиме моделирования и симуляции ситуаций на длительные прогнозные сроки.

Данная модель может использоваться для решения целого ряда задач: прогнозирования последствий антропогенного воздействия сельскохозяйственного производства на гидрологический и почвенный компоненты ландшафта, на донные отложения, на миграцию пестицидов и продуктов их распада, на урожайность сельскохозяйственных культур, геохимический фон исследуемого региона. К основным компонентам модели SWAT относятся следующие характеристики: метеорологические и климатические параметры, гидрологические характеристики бассейнов, температурные и другие физические и химические характеристики почвенного покрова, параметры роста растений и урожайности, параметры наличия питательных веществ в почвах, пестицидов, бактерий и болезнетворных микроорганизмов, характеристика землепользования района.

Ключевой проблемой использования прогнозных-симуляционных моделей в Крыму является отсутствие многих эмпирических данных наблюдений, низкое качество данных, недостаточная точность моделирования и технические ограничения модели. Незрелость инфраструктуры получения эмпирических данных о состоянии ландшафтных систем и их компонентов приводит к слабой достоверности или тривиальности получаемых результатов моделирования. Отдельной проблемой остается проблема калибровки и верификации получаемых цифровых моделей состояния ландшафтных систем.

Необходима крымская региональная государственная программа по развитию ландшафтного геоэкологического мониторинга и инфраструктуры получения ландшафтно-геофизических и ландшафтно-геохимических данных с целью прогнозных-симуляционного

моделирования состояния ландшафтного пространства региона для оптимизации системы природопользования в Крыму и обеспечения экологической безопасности.

ЦЕННОСТЬ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЯЛТИНСКОГО ГОРНО-ЛЕСНОГО ЗАПОВЕДНИКА

Никифорова А.А.

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей им. А.О. Ковалевского РАН»,

Севастополь, Россия

nikiforova_a@ibss-ras.ru

Экономическое процветание и качество жизни населения обусловлены наличием природного капитала – биоразнообразия и экосистем, которые обеспечивают важные услуги для человечества. Благополучие человека зависит от различных услуг, предоставляемых природой. Это связано с запасами возобновляемых и невозобновляемых ресурсов, имеющихся в атмосфере, на суше и в океанах (NCC, 2016). Экосистемы обеспечивают население материальными благами, необходимыми для повседневной жизни, такими как продукты питания, древесина, шерсть, лекарства и т.д., а также такими фундаментальными, как приток чистой воды, защита от наводнений или других опасностей (эрозия почвы, оползни, цунами), способствуют духовному благополучию благодаря своей культурной или религиозной значимости, а также возможностями, которые они предоставляют для отдыха или наслаждения природой. Природные и управляемые экосистемы обеспечивают физическое, эмоциональное и экономическое благополучие человеческих обществ посредством выгод, известных как экосистемные услуги.

В России экосистемные услуги не в полной мере отражаются на рынках, им часто придается слишком мало значения при принятии экономических и административных решений. Такое пренебрежение может в конечном счете поставить под угрозу устойчивость человека в биосфере.

Существуют различные классификации экосистемных услуг. Одной из первых основных стала работа «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (Millennium Ecosystem Assessment (Program), 2005), куда входят следующие четыре направления:

1. обеспечение населения выгодами и энергией,
2. регулирование (механизмы, которыми экосистемы регулируют экологические процессы),
3. культурные (культурная или духовная самореализация),
4. поддерживающие (процессы и функции, которые служат основой для предыдущих трех групп).

Основываясь на данной классификации экосистемных услуг, европейское Агентство по охране окружающей среды (European Environment Agency) разработало упрощенную и максимально полную классификацию под названием «Общая международная классификация экосистемных услуг» (Common International Classification of Ecosystem Services, 2023) для систематического анализа, описания и классификации экосистемных услуг. Классификация соответствует лучшим практикам Организации Объединенных Наций (Grima, Nelson & Jutras-Perreault, Marie-Claude & Gobakken, Terje & Ørka, Hans & Vacik, Harald, 2023). Стоит отметить, что показатели классификации меняются исходя из реагирования на новые события в экономике, обществе и окружающей среде, происходит соотношение с современной информацией.

В ходе работы были проанализированы экосистемные услуги Ялтинского горно-лесного заповедника с использованием «Общей международной классификацией экосистемных услуг» и выявлено их общее количество в рамках классификации.

Государственный природный заповедник «Ялтинский горно-лесной» (44°23'-44°34' с.ш, 33°57'-34°14' в.д.) является уникальным природоохранным объектом, занимает южный склон Главной гряды Крымских гор и простирается с юго-запада на северо-восток. В состав заповедника входит 4 научно-исследовательских природоохранных отделения (НИПОО) (Оползневское, Гурзуфское, Ливадийское, Алушкинское). Заповедник расположен вдоль побережья Чёрного моря полосой с юго-запада на северо-восток от Фороса до Гурзуфа на 40 км, максимальная ширина заповедника с севера на юг – 23 км. Территория заповедника сложена породами разных возрастов – от тёмно-серых триасовых сланцев, перекрытых юрскими известняками, формирующими гряды до четвертичных лёссов. Климат заповедника в нижней части близок к средиземноморскому, в верхней – умеренный, влажный. Среднегодовая температура – +13 °С, средняя температура января – +3,5 °С, июля – +24 °С. Среднегодовое количество осадков – 550–560 мм.

Около 75% площади заповедника занимают хвойные и широколиственные леса субсредиземноморского и центрально-европейского типа. Леса тянутся по обрывистому южному склону Главной гряды Крымских гор. К лесообразующим породам относятся:

- сосна крымская – 59% площади заповедника или 60,5 тыс. га;
- дубовые леса – 20% площади заповедника или 2,8 тыс. га;
- буковые леса – 7% площади заповедника или 1,0 тыс. га.

В работе была взята классификация CICES (67 показателей) по направлениям «Группа» и «Класс», (чтобы выделить показатели, касающиеся природоохранной территории) и проанализированы по имеющимся доступным данным исследований экосистемные услуги Государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной».

В ходе исследований, на территории Государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной» были выделены три участка с различными типами экосистем. На каждом участке имеется преобладающая порода: Дуб пушистый, Сосна Палласа, Бук восточный. Каждый участок представляет из себя из 3 улавливающие сетки (у подножия склона, на склоне, на вершине склона), где каждый сезон проводится забор проб для анализа следующих показателей: влагосодержание почвы (А-горизонт) и лесной подстилки, содержание биогенных элементов, содержание тяжелых металлов. Также на участках проводится анализ по таким показателям, как количество биомассы, которое попадает в сетку, композиционное разнообразие, диверсификация пород деревьев, индекс разнообразия Шеннона и т.д.

Из 67 показателей по классам, 20 подходят для анализа на территории заповедника, что является 30% от общего числа классификации. Эти классы включают в себя основные свойства заповедной территории. 41 показатель, что является 61% от общего количества, имеет косвенное значение на данной территории: в теории данная услуга могла бы быть получена от экосистем, но заповедный статус не позволяет ее получить. Например, сюда относятся такие категории экосистемных услуг как «культурные растения (включая грибы, водоросли), выращиваемые в качестве источника энергии» или «животные, выращиваемые в пищевых целях». И лишь 6 показателей (9% от общего количества) не представлены в Государственном природном заповеднике «Ялтинский горно-лесной» так как не представлены на территории, например: «растения, выращиваемые методом аквакультуры

in situ, выращиваемые в пищевых целях» или «прибрежная и морская вода, используемая в качестве источника энергии».

Соответственно, для Государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной», основополагающими являются 30% показателей «Общей международной классификации экосистемных услуг», а актуальными, но не используемыми – 61%, что в сумме дает 91%.

Отсюда можно сделать вывод, что для экосистемных услуг Государственного природного заповедника «Ялтинский горно-лесной» свойственна высокая ценность, так как вышеперечисленные показатели включают такие функции ООПТ, как: эталонная, рефугиумная, резерватная, эколого-стабилизирующая, монументальная (познавательная, научная, эстетическая); и акцентировать внимание на важных и отличительных компонентах природоохранных функций: эталонные экосистемы, природное разнообразие, редкие, исчезающие и эндемичные таксоны, сообщества и экосистемы, крупные скопления животных, растения, имеющие утилитарную ценность (медоносы), природные объекты, ландшафты, имеющие выдающееся природоохранное или научно-познавательное значение и т.д.

Исследование выполнено в рамках гос. задания ФИЦ ИнБЮМ № 121040100327-3.

СЕКЦИЯ 5

КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ – НОВАЯ ФОРМА ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СТАЦИОНАРОВ

КАРБОНОВЫЕ ПОЛИГОНЫ: ЦЕЛИ, ЗАДАЧИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Ольчев А. В.

ФГОУ ВПО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»,

Москва, Россия

aoltche@yandex.ru

Пилотный проект по созданию карбоновых полигонов инициирован Министерством науки и высшего образования Российской Федерации в 2021 г. Он ставит своей целью создание национальной системы мониторинга потоков парниковых газов для получения на национальном уровне надежной и репрезентативной информации об эмиссии и поглощении парниковых газов наземными и водными экосистемами. Карбоновый полигон это один или несколько участков земной поверхности с репрезентативными для данной территории рельефом, растительным и почвенным покровом, созданные для реализации мероприятий по определению потоков парниковых газов, а также по развитию технологий их контроля в природных экосистемах.

Основными задачами карбоновых полигонов являются:

1. Мониторинговые наблюдения за эмиссией и поглощением парниковых газов в природных экосистемах посредством наземных и дистанционных методов измерений.
2. Оценка пространственной и временной изменчивости эмиссии и поглощения парниковых газов в репрезентативных наземных и водных экосистемах, а также определение интегральных величин потоков для различных территорий за определенные интервалы времени (сутки, месяц, год).
3. Отработка технологических решений контроля эмиссии и поглощения парниковых газов природными экосистемами, направленных на уменьшение их эмиссии и увеличения их поглощения из атмосферы.
4. Разработка и адаптация технологий дистанционного мониторинга структуры и состояния растительного и почвенного покрова, эмиссии и поглощения парниковых газов с использованием данных наземных измерений и методов математического моделирования.
5. Подготовка кадров высшей квалификации в области методов экологического контроля и мониторинга потоков парниковых газов, перспективных технологий для низкоуглеродной индустрии, лесного, сельского и муниципального хозяйства.

Для достижения поставленных задач в пилотном проекте планируется использование комплексного подхода, включающего разветвленную систему станций наземного мониторинга составляющих углеродного баланса и потоков парниковых газов, данные дистанционного зондирования (спутниковое и самолетное зондирование, зондирование с использованием беспилотных летательных аппаратов), и методы математического моделирования процессов переноса парниковых газов между земной (водной) поверхностью и атмосферой в различных пространственных и временных масштабах. Данный подход позволит получить разносторонние оценки составляющих углеродного баланса и потоков парниковых газов в наземных и водных экосистемах в различных пространственных и временных масштабах, а также оценить масштабы пространственно-временной изменчивости эмиссии и поглощения парниковых газов

наземными (тундра, леса, лесостепь, степь, луга, сельскохозяйственные посевы, болота) и водными экосистемами (прибрежные акватории морей и пресноводные внутренние водоемы), включая территории с многолетней мерзлотой. Долговременное проведение наблюдений позволит также и количественно оценить неопределенности в интегральных оценках потоков парниковых газов как для отдельных регионов, так и для отдельных типов природных ландшафтов.

Для проведения мониторинговых наблюдений за потоками парниковых газов планируется привлечение широкого спектра прямых и косвенных методов для определения потоков парниковых газов и составляющих углеродного баланса. Среди прямых методов измерения потоков в полевых условиях будут использованы методы турбулентных пульсаций (eddy covariance) и экспозиционных камер. Для определения составляющих углеродного баланса планируется использование лабораторного оборудования для химического анализа содержания органического и неорганического углерода в образцах растительности, почвы и воды. Одновременно с измерениями потоков и составляющих углеродного баланса на карбоновых полигонах будут проводиться и комплексные метеорологические, экофизиологические, ландшафтные, геоботанические и почвенные исследования.

Важным направлением деятельности карбоновых полигонов, помимо регулярных наблюдений за потоками парниковых газов в природных экосистемах, является отработка на практике технологических решений контроля эмиссии и поглощения парниковых газов. Для этого рассматриваются различные виды деятельности, включая регенеративное сельское хозяйство и животноводство, точное земледелие, технологии нулевой обработки почвы (no-till), лесовосстановление, рациональное использование лесных ресурсов, развитие прибрежной марикультуры, выращивание высокопродуктивных насаждений (павлонии, мискантуса и др.), восстановление антропогенно-нарушенных земель и водно-болотных угодий, обводнение торфяников. Выбор отдельных технологий обуславливается как общегеографическими условиями региона, так и экономическими факторами, определяемыми кругом интересов оператора и индустриального партнера карбонового полигона.

Важным элементом проекта является образовательная деятельность по подготовке кадров высшей квалификации в области экологического контроля и мониторинга потоков парниковых газов, перспективных технологий для низкоуглеродной индустрии в лесном и сельском хозяйстве. Главенствующую роль здесь могут играть вузы в контексте не только обучения и подготовки молодых специалистов, но и для повышения квалификации специалистов, уже работающих в данных отраслях, а также малого и среднего бизнеса.

Интерес участия в пилотном проекте малого и среднего бизнеса определяется возможностью для них стать углеродно-нейтральными и получить, связанные с этими определенными экономические и юридические преференции. Условный производитель может вкладываться в снижение выбросов парниковых газов или инвестировать в различные компенсационные мероприятия, что на практике считается равнозначным в плане достижения баланса. Ассортимент компенсационных мер достаточно широк и может включать как инвестиции в возобновляемые источники энергии, энергоэффективность, покупку углеродных квот и кредитов, так и участие в компенсационных программах по реализации климатических проектов, научная основа которых будет разработана в ходе деятельности карбоновых полигонов (высадка деревьев, рекультивации загрязненных земель и т. п.). Выбор возможных действий определяется экономической стратегией

развития конкретных предприятий. Таким образом, развитие карбоновых полигонов может иметь большое значение не только для исследовательских организаций, работающих над проблемами изменения климата, но и для предприятий промышленности и сельского хозяйства.

Карбоновые полигоны для мониторинга потоков парниковых газов планируется разместить в наиболее репрезентативных природных наземных и водных экосистемах, позволяющих оценить масштабы пространственной и временной изменчивости эмиссии и поглощения парниковых газов с учетом существующего разнообразия и изменчивости климатических условий, структуры землепользования, растительного и почвенного покрова, рельефа местности.

КОНЦЕПЦИЯ СЕТИ КАРБОНОВЫХ ПОЛИГОНОВ БОРЕАЛЬНО-ЛЕСНОГО ПОЯСА РОССИИ

**Абакумов Е.В., Шевченко Е.В., Макарова М.В., Фока С.Ч., Поляков В.И.,
Низамутдинов Т.И.**

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
Санкт-Петербург, Россия
e_abakumov@mail.ru*

Сегодня весь Мир и Россия стоят перед глобальными климатическими вызовами. В составе наземных и водных экосистем России находится крупнейший резервуар почвенного органического углерода, трансформация которого в результате климатически обусловленных изменений способна привести к деградации существенной части ландшафтов и экосистем, причем не только природных, но и урбанизированных. Причем, количественные оценки углеродных пулов далеки от точных значений, поскольку различные карбоновые полигоны используют различные методики измерений, редко связанные единой метрологической системой. В связи с этим, необходимо создание и работа карбонового полигона в бореально-лесном поясе России, именно такой полигон создается в Ленинградской области.

В бореально-лесном поясе расположено несколько действующих карбоновых полигонов. Это полигоны «Росзянка» (Калининградская область), «Чашниково» и «Покровский» (Московская область), «Мухрино» (Ханты-Мансийский автономный округ), «Урал-Карбон» (Свердловская область) и др. Для эффективного ведения мониторинговых мероприятий необходимо принять единую метролого-технологическую систему измерений и регулярно проводить «межполигональные» сличительные испытания лабораторного оборудования (по аналогии с Национальной лабораторной сетью РУСОЛАН). Крайне важно осознавать тот факт, что данные, полученные на разных полигонах (не только в пределах одного географического пояса, но и во всей сети) должны быть репрезентативными и общедоступными для всех участников проекта «Карбоновые полигоны».

В настоящее время газовое состояние атмосферы все более и более сильно влияет на качество жизни населения, как через качество окружающей природной среды, так и через экономические эффекты. Газовое состояние атмосферы зависит от промышленных источников углекислого газа, от антропогенно-индуцированной эмиссии (агрорландшафты, лесные пожары, потери при внесении удобрений и т.п.). При этом параметры углеродного цикла в масштабах страны оценены лишь примерно, хотя подобные работы ведутся в разных регионах. Карбоновый полигон – это не только одна локализованная территория,

это, в контексте вышесказанного – концепция и рамочный проект. Именно поэтому проектируемый карбоновый полигон «Ладога» будет иметь территориальные «выноски» или пространственные филиалы: на действующих и залежных аргопочвах, в урбанизированных экосистемах Приневской низменности, в региональных или федеральных ООПТ. Отдельной инфраструктурной частью будет водная часть полигона, локализованная в Финском заливе, и, возможно в Ладожском озере.

Стационарный полигон на территории земельного участка ФГБУ «ГТО» (кадастровый номер 47:09:0116001:310, ~150.6 га, Ленинградская область, п. Воейково): экосистема южной тайги, репрезентативная для территории Ленинградской области, Северо-запада России и южной Финляндии. Почвенный покров является репрезентативным для Прибалтийской провинции дерново-подзолистых слабогумусированных почв. В пределах полигона изучены два основных типа ландшафтов: (1) камовая постледниковая возвышенность, являющаяся частью Колтушской возвышенности, сложена приледниковыми отложениями, образовавшимися в ходе деградации Валдайского оледенения, рельеф пересеченный, рекреационно нарушенный, постантропогенный (нужно отметить, что в Ленинградской области практически нет ненарушенных лесных, луговых или болотных участков), растительность: Березово-сосняк рябиновый ландышевый, в подросте ольха, рябина, сосны высокого бонитета, почвы представлены дерново-подбурами (Entic Podzols) на супесчаных тонкозернистых камовых завалуненных супесях, (2) полугидроморфные ландшафты по происхождению связаны с постгляциальными процессами, в них наблюдается интенсивный гидроморфизм, растительность представлена березняком ивовым влажнотравным с небольшой примесью сосны, ели и ольхи, в напочвенном покрове доминируют вейник, зеленые мхи, брусника, почва представлена торфяной болотной эуτροφной в межкамовом переувлажненном понижении. Запасы углерода органических соединений составляют 6–30 кг/м² в подбурах и болотных почвах соответственно, что соответствует зональной норме запаса органического вещества. Содержание почвенного органического доходит до 6 % в подбурах и до 46 % в болотных почвах. Реакция почв сильнокислая или кислая. Среднее содержание валового азота составляет 0,2 % в подбурах и 2,5 % в торфяных почвах. В настоящее время получены данные о таксономическом составе микробиома репрезентативных почв двух указанных ландшафтов и сведения о молекулярной организации органического вещества с помощью современных спектроскопических методов.

Главными задачами функционирования карбонового полигона являются: (1) разработка регионально-ориентированных верифицированных технологий контроля и моделирования эмиссии и поглощения климатически активных газов экосистемами Ленинградской области на эталонных лесных и болотных участках; (2) количественная оценка потоков климатически активных газов для природных и антропогенно-трансформированных экосистем Ленинградской области, в том числе, с использованием дистанционного зондирования со спутников, а также беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов; (3) количественная оценка запасов углерода органических соединений в биомассе, органическом веществе растительных остатков (мортмассе) и в составе гумуса почв; (4) выполнение реконструкции формирования болотных экосистем полигона и количественная оценка запасов углерода органических соединений на каждом этапе их формирования; (5) сопоставление запасов органического вещества и процессов эмиссии/депонирования органического вещества на «выносках» и филиалах полигона.

Работа выполнена при финансовой поддержке СПбГУ, проект № GZ_MDF_2023-1.

EVALUATING LANDSCAPE-SCALE CARBON BALANCE WITH CARBON TEST AREA IN VORONEZH REGION: INSIGHTS INTO CARBON POOLS AND TECHNOLOGIES OF CARBON SEQUESTRATION

Sheshnitsan S.S.¹, Golyadkina I.V.¹, Tikhonova E.N.¹, Kulakova E.N.¹, Kartasheva N.P.¹, Gorbunova N.S.², Kulakov V.Yu¹.

¹*FSBEI HE “Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov”, Voronezh, Russia*

²*FSBEI HE “Voronezh State University”, Voronezh, Russia*
sheshnitsan@gmail.com

Climate and environmental issues have long been at the top of the international agenda and have become a priority for a number of countries, including Russia. According to the State Strategy for Low-Carbon Development, the Russian Federation aims to achieve carbon neutrality by 2050, with the absorption of anthropogenic greenhouse gas emissions mainly provided by forest ecosystems. Therefore, monitoring of greenhouse gas emissions and absorption, assessment of the current carbon sequestration and storage potential of terrestrial ecosystems, and development of science-based measures to increase the carbon sequestration capacity of the main pools of the biogenic carbon cycle are of particular importance. Therefore, the current national agenda includes the development of so-called "carbon polygons" or "carbon test areas" – areas for the study of the carbon biogeochemical cycle in the most representative ecosystems and the development of practical solutions to control the emission and absorption of the main greenhouse gases as soon as possible.

The project of the Ministry of Science and Higher Education to create carbon polygons on the territory of the Russian Federation was launched in early 2021. Carbon test area “FOR&ST CARBON” in the Voronezh region was launched in August 2022. It is located on a total area of 181.3 ha and representatively characterizes the soil and vegetation conditions of key ecosystem types of the Central Forest Steppe of the Russian Plain, including forest ecosystems of different ages (oak forest, coniferous and mixed forests, secondary succession of forest ecosystems in areas damaged by fires in 2010), as well as agroecosystems of the Southern Forest Steppe, represented by arable land on chernozems surrounded by forest shelterbelts. A sufficient number of permanent sampling plots have been established to monitor carbon pools and greenhouse gas fluxes, as well as systematic field studies for assessing carbon stocks in its main pools. Data from these intensive sites help estimate parameter values or test physiological models of carbon exchange and are critical to relating fluxes and remote-sensing data. Companion physiological and ecological measurements enable the partitioning of carbon fluxes into plant and soil components and can reveal mechanisms responsible for variation in these fluxes.

According to the National Greenhouse Gas Inventory, the dynamics of the carbon balance of forests in the Voronezh region showed a fourfold and then an eightfold decrease after the 2010 fires, and an almost threefold increase in absorption by 2020. This means that not even half of the lost annual carbon sequestration in forest ecosystems was restored over the ten-year period. This highlights the importance of implementing additional measures to improve the quality of natural carbon sinks and their adaptation to future climate change.

Together with industrial partner, PJSC SIBUR-Holding, we are developing a prototype of carbon sequestration technology aimed at creating carbon-sequestering forest stands on areas of burned forest in the Voronezh region. Our aim is not only to transform areas of unforested land into areas covered with forest vegetation (which is more or less successfully achieved by traditional reforestation), but also to reduce the risk of forest fires by changing the tree species

composition, to increase the ecological potential and environmental functions of forests in the sparsely forested Voronezh region, and to increase the carbon sink on forested land.

The most common practice in the Voronezh region, as well as in the Central Forests Steppe as a whole, is the establishment of pure pine plantations and, much less frequently, mixed pine-birch forest cultures. Such approaches to artificial reforestation lead to a decrease in biodiversity, soil fertility, increased risk of new forest fires and pathogen damage. In addition, the level of CO₂ absorption does not exceed 8.6 tonnes of CO₂/ha per year in different periods of existence of such plantations, and carbon accumulation is up to the age of 40–56 tonnes of C/ha.

The establishment of a mosaic of forest areas with a wide range of tree and shrub species is the main objective of measures to create carbon sequestering forest stands in the carbon polygon. Selection of the composition of tree species, their quantitative ratio, choice of methods of planting and maintenance of forest cultures is based on the results of the field survey of the territories. This included an analysis of the state of the tree species populations, their natural regeneration and their silvicultural and biological characteristics, taking into account the forest growth potential of the soils, the moisture regime as well as the expected consequences of climate change in the region.

The estimated annual sequestration of such plantations can exceed 31 tonnes of CO₂/ha in certain growth phases, and the accumulation by the age of 40 varies from 97 to 256 tonnes of CO₂/ha, depending on the tree species composition and the type of forest growing conditions.

Preference for species is given to those whose biological characteristics can improve soil and growing conditions and contribute to carbon storage in the soil carbon pool. In addition, stands are designed to include fast-growing, light-loving and slow-growing, shade-tolerant species with complementary crowns. This will ensure compliance with the additionality criterion and the principle of permanence in the implementation of the climate project.

Thus, the studies carried out within the framework of the programme for the establishment and functioning of the carbon test site are aimed at obtaining reliable assessments of the carbon balance of ecosystems, finding solutions for increasing the capacity of natural sinks of greenhouse gases, as well as improving the sustainability of natural and anthropogenic ecosystems. The results of the systematic studies at the FOR&ST CARBON will allow not only to reduce the uncertainties of the initial data and increase the reliability of the assessment of the integral values of the carbon balance of the ecosystems of the Voronezh region and the Central Forests Steppe in general, but also to realize a huge and as yet unutilized reserve for reducing the carbon footprint of the region and mitigating the local consequences of climate change.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТАЦИОНАР ПО ИЗУЧЕНИЮ ПОЧВЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КАК ПРИМЕР МОНИТОРИНГА ЭМИССИИ УГЛЕРОДА В УСЛОВИЯХ УРБОЭКОСИСТЕМЫ.

Горбов С.Н., Сальник Н.В., Скрипников П.Н., Терехов И.В., Носов Г.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия

gorbow@mail.ru

Острая экологическая ситуация в отдельных городах и общее негативное влияние урбанизации на городскую среду и население приобретают все большие масштабы (FAO, 2013), как следствие на настоящем этапе развития урбоэкосистемы характеризуются значительными изменениями растительного и почвенного покровов.

Проявляющиеся признаки изменения климата начинают приобретать обозримые последствия и вопрос соотношения эмиссии и секвестрации углерода естественными и антропогенно-преобразованными почвами в современных урбоэкосистемах имеют доминирующее значение (Lefèvre et al, 2017; Shanin, 2018; Fekete, 2020). Несмотря на то, что почвы обладают способностью к связыванию углерода в органоминеральные комплексы, они в то же время могут активно выделять его в атмосферу за счёт почвенного дыхания (Houghton, 2003; Chapin et al., 2006). Почвенный покров городов имеет высокую пространственную изменчивость по типам и морфологическим признакам (Горбов, Безуглова, 2019) и соотношение депонирования и эмиссии углерода зависит от множества факторов, включая биоклиматические условия, растительный покров и характер землепользования.

Мониторинг эмиссии углерода в условиях урбоэкосистемы проводился на конструкторских площадках различного состава, созданных на базе «Экспериментального почвенного стационара» в Ботаническом саду ЮФУ. Стационар включает в себя 15 автономных участков, на которых представлены восемь различных вариантов искусственно созданных почвенных конструкций. Три площадки создавались с использованием торфо-песчаных смесей на основе техногенного грунта. Все остальные площадки специфичны и привязаны к тем почвенным вариантам, которые возможны для данной климатической зоны. В качестве материалов в них использовался лессовидный суглинок, гумусово-аккумулятивные горизонты чернозема и песок среднезернистый. Сформированное газонное покрытие обеспечивало создание естественного функционирования конструкторских площадок и было идентично для каждой площадки, представляя собой травосмесь тех видов злаковых луговых трав: мятлика лугового (*Poa pratensis*) – 35%, овсяницы красной (*Festuca rubra rubra*) – 35%, плевела многолетнего (*Lolium perenne*) – 30%. Экспериментальный стационар оснащен автоматической системой полива, что обеспечивало регулярное орошение в присутствии высоких летних температур. Нормы полива были аналогичными для всех площадок и составляли не более 3 л/м² в сутки.

В качестве фоновой площадки для измерения эмиссии углерода выступала территория центральной части экспозиции «Приазовская степь», расположенная на территории Ботанического сада ЮФУ и сложенная черноземом миграционно-сегрегационным среднегумусированным мощным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке.

Исследования показывают, что конструкторские площадки, созданные на основе гумусово-аккумулятивных горизонтов, характеризуются заметной корреляционной зависимостью эмиссии CO₂ от температуры приземного слоя воздуха и температуры почвы. При этом корреляция с влажностью почвы либо отсутствует, составляя $r=0,07$ в случае использования в качестве горизонта RAT только гумусово-аккумулятивной массы чернозема, либо имеет место слабо выраженная корреляция ($r=0,26-0,28$) в случаях совместного применения гумусово-аккумулятивной массы и песка. Для конструкции, созданной на основе торфа и лессовидного суглинка также отмечена заметная положительная корреляция эмиссии CO₂ с температурой приземного слоя воздуха ($r=0,53$) и почвы ($r=0,55$), в то время как корреляция с влажностью почвы носит обратный характер ($r=-0,46$).

В первый год функционирования почвенных конструкций при использовании смеси гумусово-аккумулятивной массы и песка отмечается тенденция к увеличению содержания органических форм углерода, в то время как при послойном расположении компонентов

конструктозема происходит незначительная минерализация первоначальных компонентов гумуса в конструкции в целом. Особый путь трансформации почвенного органического вещества характерен для конструкций на основании торфосмеси, лессовидного суглинка и песка, – в первые месяцы функционирования отмечается интенсивная минерализация верхового торфа, но в период активной вегетации газонного покрытия за счет присутствия карбонатов, гумификации торфяных остатков и поступления свежих растительных остатков от газонных трав происходит достоверное накопление и связывание почвенного органического углерода.

Конструкции на основании гумусово-аккумулятивных горизонтов (ГАГ) при их перемещении и складировании являются меньшими эмитентами углерода в атмосферу в сравнении с конструкциями, где применяются торфосмеси. Как следствие может быть выстроен ряд почв с возрастающей способностью к эмиссии CO₂ из почвы: конструкции на основе гумусово-аккумулятивного горизонта чернозема < фоновый чернозем миграционно-сегрегационный < конструкции на основе торфосмеси.

Почвенные конструкции на основании торфосмеси характеризуются отсутствием корреляции сезонной динамики скашиваемой наземной биомассы газонных трав с потоком CO₂, в то время как для почвенных конструкций с использованием гумусово-аккумулятивных горизонтов в составе конструктоземов отмечена положительная корреляционная зависимость: для конструкций ГАГ + Песок и ГАГ + песок послойно наличествует умеренная корреляция ($r = 0,48$ и $r = 0,5$, $p < 0,05$, а для конструкции только с ГАГ – высокая ($r = 0,75$, $p < 0,05$).

В целом можно констатировать, что в первый год функционирования почвенного стационара, используемый при рекультивации парково-рекреационных зон Ростовской агломерации гумусово-аккумулятивный горизонт зональных черноземов миграционно-сегрегационных в любом из рассмотренных вариантов не приводит к повышению эмиссии CO₂, а создаваемые на них газонные покрытия не являются участками интенсивной эмиссии CO₂ из почвы.

Исследование выполнено на базе Южного федерального университета за счет гранта Российского научного фонда № 23-27-00418, <https://rscf.ru/project/23-27-00418/>.

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ЛАНДШАФТНОГО ОБОСНОВАНИЯ СЕТИ КАРБОНОВЫХ ПОЛИГОНОВ РОССИИ

Гурьевских О.Ю.

*ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург, Россия
gurevskikho@mail.ru*

Одним из детерминирующих факторов формирования современной ландшафтной структуры служит климат: его гидротермические и геохимические составляющие. Процессы, определяющие изменение климата, изучаются экспериментальными методами на карбоновых полигонах и требуют детального исследования на всех уровнях организации геосистем. Проект по организации карбоновых полигонов активно реализуется в Российской Федерации с 2021 г., когда для контроля углеродного баланса были созданы первые объекты в 7 регионах страны. В настоящее время сеть карбоновых полигонов расширяется и представлена 17-ю площадками на площади 39157,3 га. Ключевым критерием выделения участков местности под карбоновый полигон служит

репрезентативность природных компонентов, однако научно обоснованная методика ландшафтного планирования подобных участков на практике не реализуется.

Современная ландшафтная структура формируется в процессе смены состояний природных комплексов в ходе динамического и эволюционного развития под действием природных и антропогенных факторов. С позиций функционально-динамического подхода ведущее значение имеют факторы формирования, эмерджентные эффекты и неоднородность географического контекста. Состояние геосистем рассматривается как пространственно-временная однородность, выделяемая по критериям сохранения состава и соотношения системообразующих элементов и ведущих процессов. Изучение динамических и эволюционных состояний сопряжено с применением экспериментальных методов исследований, основанных на сборе, обработке и анализе существенного массива первичных данных, отобранных по ряду параметров. Сбор информации, осуществляемый в пределах географически репрезентативных опорных пунктов, равномерно расположенных в типичных условиях регионов России служит критерием достоверности полученной информации и кондиционности результатов выполняемых исследований.

Настоящий этап становления сети карбоновых полигонов в России может рассматриваться как эмпирический. Реализация требования географической репрезентативности при целенаправленном проектировании сети достигается посредством целенаправленного ландшафтного обоснования рационального размещения. Ведущую роль при этом играет ландшафтный принцип, базирующийся на необходимости отражения в сети всех характерных природных комплексов с позиций учета ландшафтного разнообразия. Предпосылкой развертывания сети является изучение ландшафтной структуры территории; схема физико-географического районирования и ландшафтная карта выполняют роль объективной основы для выбора опорных полигонов. Ключевым вопросом является выбор географической основы, позволяющей организовать всю федеральную сеть и определить местоположения конкретных пунктов наблюдения. На современной стадии исследования для этих целей могут быть использованы результаты физико-географического районирования, на основе которых определяется иерархический ранг геосистемы, отвечающей цели создания карбоновых полигонов. Для начальной стадии ландшафтного обоснования применим уровень ландшафтной области и ландшафтной провинции.

Ландшафтная область, включающая природные комплексы одной аazonальной страны, однородные по зональным и секторным особенностям, характеризуется основными типичными гидротермическими показателями: планетарным количеством тепла и влаги и их соотношением, т.е. энергетическими предпосылками для протекания физико-географических процессов. По странам изменяются главные черты геологического строения и рельефа, основные вещественные предпосылки для протекания этих процессов. Геолого-геоморфологические факторы вносят существенные коррективы в секторно-зональный гидротермический фон, перераспределяя планетарные количества тепла и влаги по формам и элементам рельефа. Особенно велика роль геолого-геоморфологических факторов в горах, где зональность и секторность осложняются высотной поясностью и проявляются в зональных и секторных типах ее структуры.

Ландшафтная область, представляет собой достаточно крупное и закономерно разнородное территориальное образование. Поэтому для анализа эмиссии и поглощения парниковых газов приемлема геосистема более низкого ранга – ландшафтная провинция. Эта единица объединяет природные комплексы, сходные по подзональным, секторным и

неотектонико-орографическим особенностям. Геолого-геоморфологическая основа провинций характеризуется преобладанием одного морфометрического типа горного или равнинного рельефа, обусловленного общностью неотектонического режима, а в горах сходством структуры высотной поясности. Ландшафтные провинции формируются в результате пространственного наложения факторов обособления тектогенных краев, подзон и климатических подсекторов.

Пространственный анализ сложившейся сети карбоновых полигонов на уровне ландшафтных провинций позволяет сделать вывод о нерепрезентативности размещения пунктов наблюдения по территории страны даже на уровне крупных регионов. Существенная величина единиц районирования и закономерная разнородность их внутренней структуры не позволяют выполнить детальный анализ факторов, определяющих тренды климатических изменений внутри провинций. Поэтому с позиций ландшафтного обоснования границ карбоновых полигонов целесообразно использовать типологический подход вообще и ландшафтное картографирование в частности. Ландшафтная карта позволяет оперативно и детально изучать ландшафтное строение значительных по площади территорий, учитывать его при организации всей сети и использовать для выбора конкретных точек наблюдения. Результаты ландшафтного картографирования позволяют достичь географической репрезентативности сети карбоновых полигонов. Наименьшим выделом, нуждающимся в выделении эталонных участков для проведения наблюдений, является обязательный низший таксон типологической классификации – вид ландшафтов. Следует, однако отметить, что лимитирующим организационным фактором, может служить отсутствие ландшафтных карт или различия подходов к построению классификаций природных комплексов и разработке их содержания.

Практическая реализация ландшафтного принципа достигается посредством применения «ключевых» критериев размещения полигонов: типичности, ландшафтного разнообразия, ландшафтной целостности, учета антропогенной дифференциации. На стадии планирования сети карбоновых полигонов обязательными представляются 3 этапа ландшафтных исследований: инвентаризационный, оценочный и целевой. Отсутствие целенаправленного ландшафтного обоснования приводит к нерациональности пространственной организации сети карбоновых полигонов, что негативно сказывается на ее эффективности.

Одним из способов оптимизации организации сети карбоновых полигонов России служит их встраивание в действующую систему особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Иерархическая структура, управляемость, долгосрочная юридическая защита – важные функциональные критерии, характерные для системы ООПТ. Активизация деятельности федеральных и региональных ООПТ через выполнение регулярных исследований по единой программе и методике – важный способ повышения эффективности деятельности и системы ООПТ, и сети карбоновых полигонов. Расширение функционала природных резерватов при оптимальном сочетании природоохранной и научно-исследовательской функции может служить показателем эффективности деятельности смежных национальных проектов, направленных на устойчивое развитие регионов России.

Научное электронное издание

Экспериментальное ландшафтоведение: теория, методология, практика.

Всероссийская научная конференция, посвященная 30-летию Карадагского ландшафтно-экологического стационара.

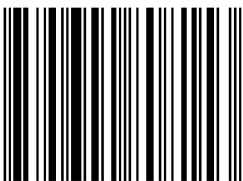
25–29 сентября 2023 г., г. Феодосия, пгт Курортное,
Российская Федерация.

Вёрстка, макет:
Горбунова Татьяна Юрьевна

Дизайн:
Горбунова Татьяна Юрьевна

ФИЦ ИнБЮМ
пр-т Нахимова, 2, г. Севастополь, 299011, РФ
Тел.: +7-8692-544110

ISBN 978-5-6048081-5-3



9 785604 808153