Научная статья

УДК 911.3:338.48:502.131.1:528.9

МОБИЛЬНОЕ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ И ГИС-АНАЛИЗ В ОЦЕНКЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ДИНАМИКИ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМУЮ ПРИРОДНУЮ ТЕРРИТОРИЮ

Ушницкая Лена Алексеевна, кандидат географических наук, сотрудник лаборатории, Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Россия, Якутск, ushnitskaia_l@rambler.ru

Аннотация. Традиционные подходы к расчету рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий, базирующиеся на усредненных нормативах посещаемости, не учитывают реальную пространственно-временную динамику освоения ландшафтов. В работе представлена методика оценки фактической антропогенной нагрузки, основанная на интеграции данных пассивного мобильного позиционирования (CDR), геометок и результатов геоинформационного моделирования ландшафтной чувствительности. С применением метода оценки ядерной плотности на примере Прибайкальского национального парка выявлены скрытые закономерности перемещения посетителей, включая стихийное тропинообразование и формирование несанкционированных зон кемпинга в уязвимых экотопах. Установлено, что пиковые концентрации цифровых следов часто не совпадают с официальными маршрутами и приходятся на участки с высоким риском эрозии и деградации почвенного покрова. Построена матрица рассогласования, демонстрирующая критическое превышение нормативных порогов устойчивости в лесостепных и прибрежно-дюнных ландшафтах. Доказано, что телекоммуникационные данные не заменяют полевые экологические показатели, но позволяют пространственно уточнять оценку антропогенной нагрузки. Результаты исследования обосновывают необходимость перехода от жесткого лимитирования потоков к

адаптивному территориальному зонированию и перепланированию инфраструктуры, позволяющему нивелировать конфликт между фактическим поведением рекреантов и нормативами устойчивости биогеоценозов.

Ключевые слова: рекреационная нагрузка; особо охраняемые природные территории; мобильное позиционирование; геоинформационный анализ; ландшафтная чувствительность; пространственная доступность.

Original article

SPATIO-TEMPORAL ASSESSMENT OF RECREATIONAL LOAD ON A SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREA BASED ON MOBILE POSITIONING AND GEOINFORMATION ANALYSIS DATA

Ushnitskaia Lena Alekseevna, Candidate of Geographical Sciences, Laboratory Researcher, M.K. Ammosov North-Eastern Federal University, Yakutsk, Russia, ushnitskaia_l@rambler.ru

Abstract. Traditional approaches to calculating the recreational capacity of specially protected natural areas, based on average attendance standards, do not take into account the real spatiotemporal dynamics of landscape development. The paper presents a methodology for assessing the actual anthropogenic load through the integration of passive mobile positioning arrays (CDR), geomarkers and geoinformation modeling of landscape sensitivity. Using the method of estimating nuclear density using the example of the Pribaikalsky National Park, hidden patterns of visitor movement were identified, including spontaneous path formation and the formation of unauthorized camping areas in vulnerable ecotopes. It has been established that peak concentrations of digital traces often do not coincide with official routes and occur in areas with a high risk of erosion and soil degradation. A mismatch matrix has been constructed demonstrating a critical excess of standard stability thresholds in forest-steppe and coastal-dune landscapes. It has been proven that telecommunication data does not replace field environmental indicators, but acts as a

high-precision tool for spatial calibration of anthropogenic pressure. The results of the study substantiate the need for a transition from strict flow restrictions to adaptive territorial zoning and infrastructure redesign, which makes it possible to level out the conflict between the actual behavior of recreationists and standards for the sustainability of biogeocenoses.

Keywords: recreational pressure; protected areas; mobile positioning; geographic information analysis; landscape sensitivity; spatial accessibility.

Введение. Современная рекреационная география переживает этап глубокой методологической перестройки, обусловленной появлением массивов цифровых следов. Если ранее пространственное поведение отдыхающихся изучалось преимущественно посредством ретроспективных опросов и точечных наблюдений [1], то сегодня на первый план выходит непрерывный мониторинг перемещений [2]. Подобный сдвиг позволяет рассматривать рекреационную деятельность как динамичный процесс освоения территории, где каждый визит оставляет объективный след в телекоммуникационных сетях [3]. Переход от субъективных оценок к объективным массивам данных кардинально меняет представление о том, как именно человек взаимодействует с окружающей средой в условиях дикой природы или рекреационных зон [4].

В этих условиях подходы к оценке рекреационной емкости особо охраняемых природных территорий требуют пересмотра. Уникальные ландшафты обладают ограниченной устойчивостью к антропогенной нагрузке, однако традиционный подход, сводящий емкость к некому предельному числу посетителей, признан несостоятельным. Ключевое значение имеют не общие объемы потока, а его пространственная концентрация и временная динамика [5], [6]. Именно неравномерное распределение гостей по акватории или лесным массивам, наложение пиковых нагрузок на уязвимые экотопы формируют реальные угрозы биоразнообразию и снижают качество отдыха посетителей [7]. Понимание этих процессов требует отказа от усредненных нормативов в пользу

детального анализа того, где, когда и каким образом формируется давление на экосистемы.

Для фиксации подобных скрытых закономерностей геоинформационное моделирование все чаще опирается на данные пассивного мобильного позиционирования. Записи деталей вызовов, формируемые операторами сотовой связи, предоставляют исследователям обширный массив данных, охватывающий значительную долю пользователей [8]. Применение таких массивов позволяет с высокой точностью выделять эпизоды посещения, различать транзитные перемещения и целенаправленный отдых, а также дифференцировать однодневные поездки от многодневных. Интеграция этих сведений с геоинформационными системами позволяет картировать фактические маршруты, выявлять зоны чрезмерной рекреационной нагрузки и оценивать пропускную способность тропинных сетей и видовых площадок [9].

Опора на телекоммуникационные данные требует переосмысления самих подходов к управлению посещаемостью. На смену жестким лимитам приходит адаптивная система, где пороговые значения экологических и социальных показателей служат основанием для принятия управленческих решений [10]. В рамках экономической и рекреационной географии это означает переход к адресному регулированию потоков и зонированию территорий [11]. Настоящее исследование посвящено разработке методики пространственно-временного анализа антропогенного прессинга на примере особо охраняемых природных территорий, где синтез телекоммуникационной статистики и методов геопространственного моделирования выступает инструментом для принятия обоснованных природоохранных и инфраструктурных решений.

Обзор литературы. Современные исследования в области рекреационной географии все чаще опираются на анализ массивов цифровых следов. Если ранее пространственное поведение отдыхающихся изучалось преимущественно посредством ретроспективных опросов и точечных полевых наблюдений, то сегодня на первый план выходит непрерывный мониторинг перемещений.

Подобный сдвиг позволяет рассматривать рекреационную деятельность как динамичный процесс освоения территории, где каждый визит оставляет объективный след в телекоммуникационных сетях. Переход от субъективных оценок к объективным массивам данных кардинально меняет представление о том, как именно человек взаимодействует с окружающей средой в условиях дикой природы [12-14].

В этих условиях проблема оценки антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории приобретает новое звучание. Уникальные ландшафты обладают ограниченным потенциалом к поглощению рекреационных нагрузок, однако традиционный подход, сводящий рекреационную емкость к некому предельному числу посетителей, признан несостоятельным. Ключевое значение приобретают не общие объемы потока, а его пространственная концентрация и временная ритмичность [15]. Именно неравномерное распределение гостей по лесным массивам и акваториям, наложение пиковых нагрузок на уязвимые экотопы формирует реальные угрозы биоразнообразию. Понимание этих процессов требует отказа от усредненных нормативов в пользу детального анализа того, где, когда и каким образом формируется давление на экосистемы.

Зарубежные и отечественные исследования последних лет убедительно демонстрируют, что концепция рекреационной емкости эволюционировала от поиска единого математического лимита к созданию адаптивных систем управления посетителями [16-18]. Современные научные работы показывают, что устойчивое развитие охраняемых территорий зависит не от жесткого ограничения числа туристов, а от непрерывного мониторинга индикаторов состояния среды и своевременного управленческого реагирования. При этом использование данных пассивного мобильного позиционирования открывает беспрецедентные возможности для фиксации скрытых закономерностей пространственного поведения. Записи деталей вызовов, фиксируемые операторами сотовой связи, предоставляют исследователям выборку,

охватывающую значительную долю реальных пользователей, позволяя с высокой точностью выделять эпизоды посещения и дифференцировать транзитные перемещения от целенаправленного отдыха.

Тем не менее, опора исключительно на телекоммуникационные данные содержит фундаментальное ограничение: цифровые следы фиксируют факт присутствия человека, но не измеряют непосредственно экологический ущерб. Сто человек на оборудованной смотровой площадке и сто человек на чувствительном болотном участке создают принципиально разные последствия для ландшафта. В связи с этим назрела необходимость интеграции данных мобильного позиционирования с геоинформационными моделями ландшафтной чувствительности. Настоящее исследование посвящено разработке методики пространственно-временного анализа фактической рекреационной нагрузки, где синтез телекоммуникационной статистики, геомаркированных сообщений и моделей экологического зонирования выступает инструментом для выявления зон потенциальной деградации и принятия обоснованных природоохранных решений.

Материалы и методы исследования. В работе рассматривается геоинформационная схема оценки пространственно-временного распределения рекреационной нагрузки в пределах центрального участка Прибайкальского национального парка. Предлагаемый подход предполагает использование обезличенных агрегированных данных мобильного позиционирования, записей о посещаемости контрольных пунктов и пространственных характеристик ландшафтной чувствительности. Для обработки данных применяется регулярная гексагональная сетка H3 с ориентировочной площадью ячейки 0,74 км² и часовая временная агрегация.

Информационную базу работы составили три принципиально различных массива данных, выполняющих взаимодополняющие функции. Первичным источником количественной оценки потоков послужили анонимизированные записи деталей вызовов (Call Detail Records, CDR) одного из крупнейших

операторов сотовой связи, охватывающие период с января 2022 по декабрь 2023 года. Пространственное разрешение данных было агрегировано до гексагональной сетки H3 (разрешение 8, площадь ячейки примерно 0,74 кв. км), временное разрешение составило один час. Важно подчеркнуть, что сырые телекоммуникационные данные не могут использоваться напрямую без тщательной фильтрации. Первичная фильтрация данных должна учитывать особенности работы базовых станций сотовой связи, неодинаковую плотность их размещения, возможное перемещение пользователей между соседними зонами регистрации без фактического изменения местоположения, а также различия частоты появления записей для отдельных устройств. Дополнительное ограничение связано с невозможностью непосредственно отождествлять одно зарегистрированное мобильное устройство с одним посетителем национального парка. Для выделения именно рекреационных визитов применялся временной порог, установленный на основе анализа временной структуры присутствия: эпизоды активности длительностью менее четырех часов вне транзитных коридоров классифицировались как однодневные рекреационные выезды, тогда как наличие ночных сигналов в пределах одной ячейки сетки позволяло идентифицировать туристов с ночевкой.

Второй источник данных — геометки из открытых социальных сетей и фотобанков за аналогичный временной период. Данный массив не использовался для расчета объемов потоков, поскольку выборка пользователей социальных сетей систематически смещена в сторону более молодых и активных туристов, что не отражает реальную демографическую структуру посетителей. Вместо этого геометки использовались для качественной классификации видов активности и уточнения мест притяжения посетителей. Анализ текстов и изображений, привязанных к координатам, позволил идентифицировать неформальные локации, такие как стихийные места для кемпинга, неформальные тропы и скрытые смотровые площадки, которые не зафиксированы в официальных картографических материалах.

Третьим компонентом, критически важным для оценки репрезентативности, стали данные калибровки. Для корректировки коэффициента проникновения сотовой связи и уточнения интенсивности потоков привлекались данные с автоматических инфракрасных счетчиков посетителей, установленных на ключевых официальных тропах, а также сведения из систем бронирования локальных средств размещения. Сопоставление этих независимых источников с агрегированными данными CDR позволило рассчитать поправочные коэффициенты для различных типов ландшафтов и сезонов.

В исследовании применялись методы геоинформационного анализа. Для выявления пространственных концентраций посетителей применялась оценка ядерной плотности (Kernel Density Estimation, KDE), позволяющая сгладить дискретные точки регистрации сигналов и построить непрерывную поверхность рекреационной нагрузки. Для разграничения факта посещения и оценки его потенциальных экологических последствий была разработана модель ландшафтной чувствительности. Территория была стратифицирована на классы устойчивости к рекреационному воздействию на основе анализа цифровых моделей рельефа, почвенных контуров, типов растительного покрова и удаленности от водных объектов. Итоговый этап анализа включал пространственное наложение карт фактической нагрузки (полученных методом KDE) на карту ландшафтной чувствительности, что позволило выявить зоны рассогласования, где интенсивность посещения превышает нормативные пороги устойчивости конкретного биогеоценоза.

Результаты исследования и их обсуждение. В рассматриваемой аналитической схеме пространственно-временное распределение мобильных регистраций используется для выделения зон потенциальной концентрации рекреационной активности. Гексагональная сетка с площадью ячейки порядка 0,74 км² позволяет характеризовать различия нагрузки между территориальными участками, но не обеспечивает пространственного разрешения, достаточного для

идентификации отдельной неофициальной тропы или маршрута обхода оборудованного настила. Такие объекты могут быть установлены только при наличии дополнительного GPS-трекинга, натурного обследования или материалов дистанционного зондирования соответствующего разрешения. Как показывает концептуальная модель временной динамики (Рисунок 1), в летний период доминируют дневные визиты в прибрежную зону, тогда как в зимние месяцы структура потоков смещается в сторону многодневных пребываний на ледовом пространстве, что формирует принципиально иную картину антропогенного воздействия.

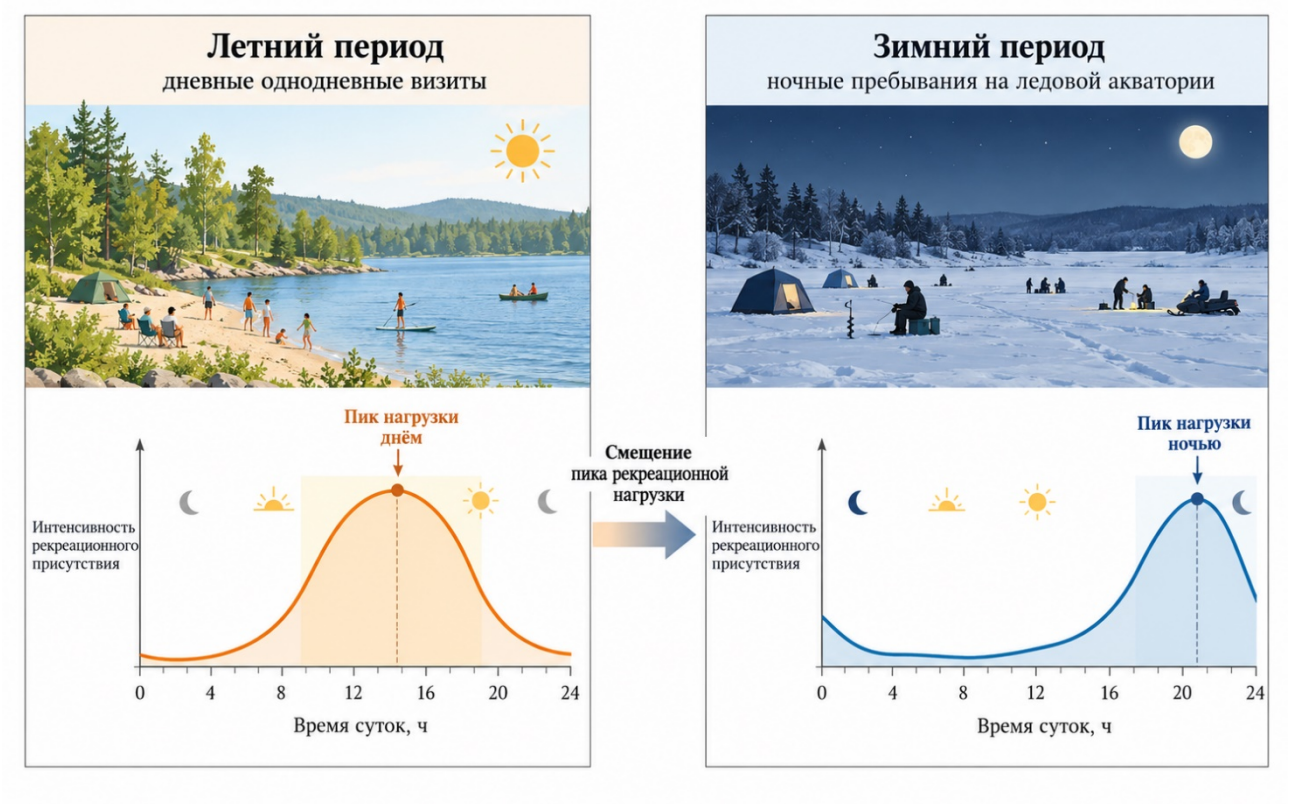


Рисунок 1 - Сезонно-суточная пульсация рекреационного присутствия на исследуемой территории (источник: разработано автором)

Анализ пространственного распределения потоков методом ядерной плотности демонстрирует высокую концентрацию посетителей в окрестностях популярных бухт и устьев рек. Однако наиболее интересный географический результат заключается в выявлении линейных кластеров высокой плотности сигналов, не совпадающих с официальной сетью троп. Пространственный анализ этих линейных структур (Рисунок 2) показывает, что они формируются в обход

оборудованных маршрутов, проникая в глубь лесных массивов и на крутые склоны.

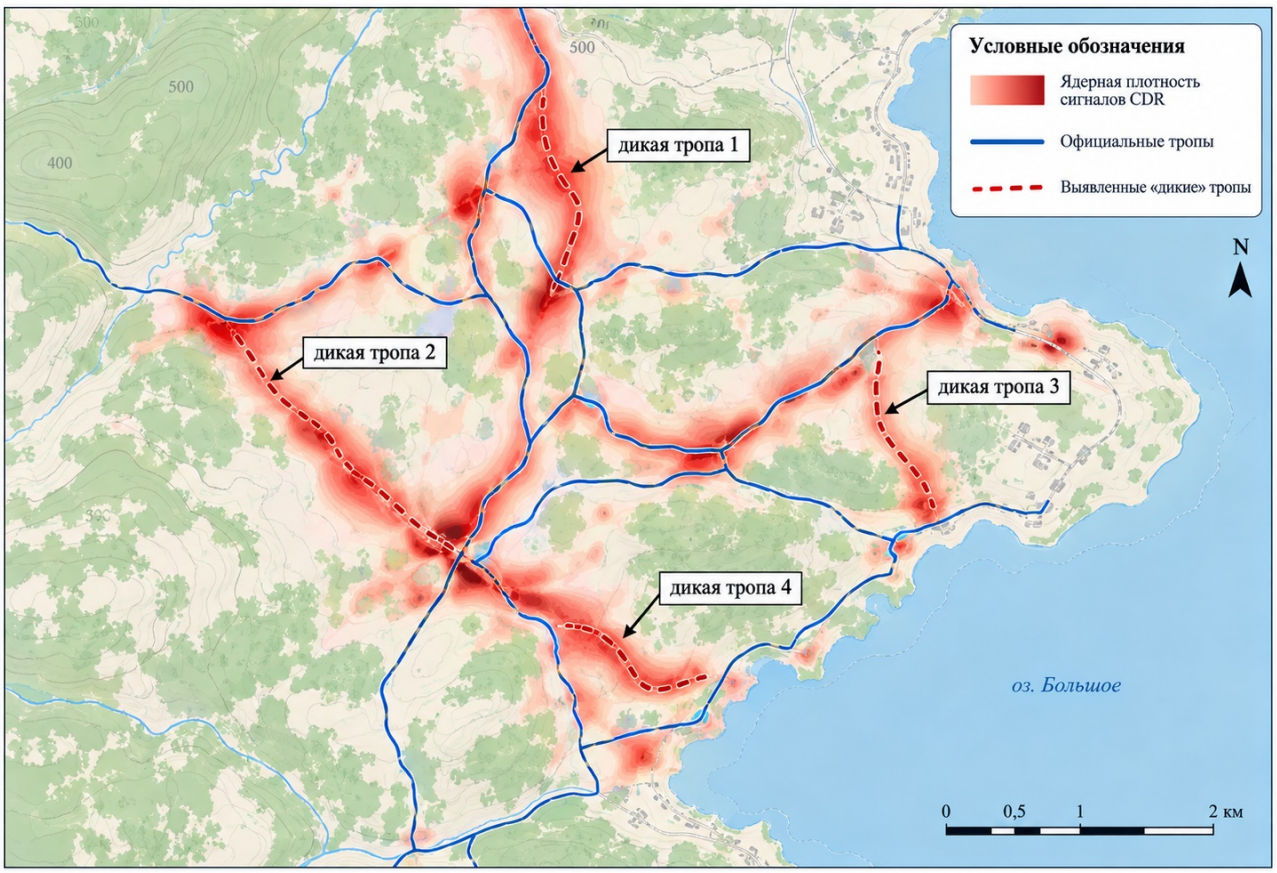


Рисунок 2 - Выявление несанкционированной линейной инфраструктуры (источник: разработано автором)

Стихийное формирование тропинной сети подтверждается не только телекоммуникационными данными, но и анализом геомарокеров. Пользователи социальных сетей фиксируют эти маршруты как «секретные» или «нехоженые» тропы, что указывает на целенаправленный поиск туристами уединения, парадоксальным образом ведущий к деградации ранее ненарушенных участков. Обнаруженные стихийные тропы часто проложены по склонам с углом наклона более 15 градусов, где отсутствие дернового покрова и рыхлые почвы делают их крайне уязвимыми к водной эрозии, инициируемой самими рекреантами.

Особого внимания заслуживает проблема несанкционированного кемпинга. Данные CDR четко разделяют посетителей на транзитных, дневных и остающихся на ночевку. Ночные кластеры сигналов вдали от официальных

стоянок и населенных пунктов указывают на наличие стихийных палаточных лагерей. Пространственный анализ показывает, что стихийные кемпинги тяготеют к первым террасам над поймой рек и защищенным от ветра участкам побережья, которые одновременно являются местами гнездования ряда видов птиц и произрастания реликтовых растительных сообществ.

Ключевым результатом работы стало сопоставление фактической рекреационной нагрузки с нормативными порогами ландшафтной чувствительности. Матрица рассогласования (Таблица 1) наглядно демонстрирует, что максимальная интенсивность посещения приходится на наиболее доступные и визуально привлекательные участки, однако именно в зонах с высокой и средней чувствительностью фиксируется критическое превышение допустимых нормативов.

Таблица 1 - Матрица соответствия фактической рекреационной нагрузки и ландшафтной чувствительности территорий

Класс ландшафтной чувствительности	Характеристика экотопа	Фактическая интенсивность посещения (по данным CDR)	Оценка соответствия нормативным порогам
Низкая	Скальные прибрежные участки, галечниковые пляжи	Очень высокая	Нагрузка находится в пределах нормативов устойчивости
Средняя	Зрелые хвойные леса с устойчивым почвенным покровом	Умеренная	Соответствие нормативам, локальные очаги уплотнения почвы
Высокая	Лесостепные участки, рыхлые почвы, склоны >15°	Высокая	Критическое превышение, формирование эрозионных рытвин
Критическая	Прибрежные дюны, влажные луга, места гнездования	Умеренно высокая	Превышение порогов, риск деградации растительного покрова

Источник: разработано автором.

Полученные данные вступают в противоречие с упрощенным представлением о том, что туристы концентрируются исключительно на

оборудованных площадках. Геоинформационный анализ показывает, что цифровые следы отражают фактическое, зачастую неупорядоченное использование территории. Например, участки с высокой ландшафтной чувствительностью (лесостепные экотоны) испытывают значительную нагрузку со стороны однодневных посетителей, собирающих ягоды и грибы, тогда как скальные массивы, обладающие низкой чувствительностью, выдерживают многократное превышение физической емкости без необратимых экологических последствий.

Обсуждение результатов требует обращения к концепциям адаптивного управления. Выявленные зоны рассогласования между фактическим присутствием людей и устойчивостью ландшафтов не могут быть устранены простым запретом доступа, что на практике лишь переводит потоки в еще более уязвимые и труднодоступные места. Результаты исследования указывают на необходимость точечного инфраструктурного вмешательства. В зонах, где стихийные тропы пересекают чувствительные почвы, требуется строительство настилов и лестниц, концентрирующих поток и предотвращающих эрозию. В местах стихийного кемпинга на уязвимых дюнах эффективным инструментом выступает целенаправленное информирование и перенаправление потоков через управление точками притяжения.

Важно отметить, что предложенный методологический подход не подменяет собой полевые экологические исследования. Цифровые следы не измеряют степень уплотнения почвы или потери биомассы напрямую. Однако они служат инструментом раннего выявления проблемных зон и их пространственной локализации. Указывая менеджменту территорий точные координаты, где фактическое поведение туристов вступает в конфликт с экологическими ограничениями, геоинформационный анализ на основе мобильного позиционирования позволяет оптимизировать работу полевых бригад и распределять ограниченные ресурсы охраны парка максимально эффективно.

Проведенное исследование демонстрирует, что интеграция данных пассивного мобильного позиционирования, геомаркированных сообщений и геоинформационного моделирования ландшафтной чувствительности представляет собой мощный инструмент для пространственно-временной оценки рекреационной нагрузки. Отказ от трактовки рекреационной емкости как фиксированного числового показателя в пользу анализа соответствия фактических потоков устойчивости конкретных экотопов позволяет перейти от описательного картографирования к обоснованному выявлению зон потенциальной деградации.

Выявленная пространственная пульсация потоков, формирование стихийной тропинной сети и несанкционированных мест кемпинга требуют пересмотра подходов к территориальному планированию особо охраняемых природных территорий. Управление рекреацией должно базироваться на непрерывном мониторинге цифровых следов, калиброванных данными полевых наблюдений, что обеспечивает переход к адаптивным стратегиям природопользования. Дальнейшие исследования в данной области целесообразно направить на разработку прогностических моделей, способных предсказывать смещение рекреационных потоков в ответ на изменение инфраструктурных или природно-климатических факторов.

Выводы. Проведенное исследование демонстрирует, что интеграция массивов пассивного мобильного позиционирования с методами геоинформационного моделирования позволяет перевести оценку антропогенного воздействия из плоскости абстрактных лимитов посещаемости в категорию точного пространственно-временного мониторинга. Выявленная нами картина фактического освоения территории вступает в прямое противоречие с традиционными схемами статичного зонирования. Туристские потоки формируют сложную сеть стихийных маршрутов и точек концентрации, которые редко совпадают с официально утвержденной инфраструктурой. Следовательно, управление рекреацией на особо охраняемых природных

территориях требует отказа от поиска единого предельного числа посетителей в пользу адаптивного регулирования, основанного на непрерывном отслеживании индикаторов состояния ландшафтов.

Фундаментальным инструментом пространственного регулирования в этих условиях выступает переход к концепции допустимых изменений, где пороговые значения экологической устойчивости служат триггером для управленческих решений. Матрица рассогласования, построенная в ходе работы, наглядно доказывает, что максимальная плотность сигналов сотовых сетей часто фиксируется на участках с высокой ландшафтной чувствительностью. Для нивелирования этого дисбаланса предлагается внедрение системы динамического зонирования. В отличие от жесткого закрепления границ рекреационных зон на карте, динамическое зонирование предполагает сезонную и ситуативную корректировку доступности участков. Выявленные зимние кластеры активности на ледовой акватории или летние концентрации в прибрежных дюнах требуют оперативного закрытия или перенаправления потоков в периоды, когда биогеоценозы наиболее уязвимы к физическому воздействию.

Другим действенным механизмом оптимизации пространственной структуры туризма является инфраструктурное перепроектирование, опирающееся на данные о стихийном тропинообразовании. Анализ линейных кластеров ядерной плотности показал, что посетители целенаправленно избегают оборудованных настилов, прокладывая пути по крутым склонам и уязвимым почвенным профилям. Простое административное запрещение таких перемещений на практике лишь смещает нагрузку в еще более труднодоступные и экологически хрупкие места. Географически обоснованным решением здесь выступает легализация и инженерное обустройство наиболее востребованных стихийных маршрутов с одновременным восстановлением закрытых участков. Такой подход переводит хаотичное освоение пространства в управляемое русло, снижая риски водной эрозии и деградации растительного покрова.

Не менее важное значение для пространственного регулирования имеет временная дифференциация потоков, доступная благодаря высокочастотному разрешению телекоммуникационных данных. Разделение посетителей на транзитных, дневных и остающихся с ночевкой позволяет применять точечные инструменты управления. Для территорий, испытывающих пиковые нагрузки в светлое время суток, эффективным инструментом выступает регулирование пропускной способности транспортных узлов и введение квот на въезд. В зонах стихийного кемпинга, идентифицированных по ночным кластерам сигналов, целесообразно создавать альтернативные оборудованные стоянки на участках с низкой экологической чувствительностью, тем самым перераспределяя антропогенную нагрузку без полного ограничения.

Формирование комплексной системы управления посещениями, базирующейся на больших данных, требует выстраивания непрерывной цепи «индикатор – стандарт – мониторинг – действие». Цифровые следы, оставляемые мобильными устройствами, не заменяют собой полевые экологические исследования, но выполняют роль системы раннего пространственного оповещения. Они указывают менеджменту точные координаты, где фактическое поведение рекреантов вступает в конфликт с нормативами устойчивости. Интеграция этих сведений с полевыми показателями уплотнения почвы, вытоптанности и изменения видового состава флоры позволяет калибровать модели нагрузки и своевременно запускать адаптивные процедуры, предотвращая необратимую деградацию экотопов.

Таким образом, геоинформационный анализ мобильного позиционирования трансформирует саму логику рекреационного природопользования. Пространственное регулирование туризма перестает быть исключительно нормативным актом и становится непрерывным географическим процессом адаптации инфраструктуры и управленческих решений к реальной, постоянно меняющейся картине освоения территории. Это обеспечивает переход от реактивного устранения последствий чрезмерной нагрузки к проактивному

формированию устойчивой пространственной структуры рекреационных территорий, где сохранение экологического каркаса достигается через грамотное направление и концентрацию антропогенных потоков в зонах, способных их ассимилировать.

Список литературы

1. Kim J. Y., Kubo T., Nishihiro J. Mobile Phone Data Reveals Spatiotemporal Recreational Patterns in Conservation Areas During the COVID Pandemic // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Art. 20282. DOI: 10.1038/s41598-023-47326-y.

2. Калихман А. Д., Калихман Т. П. Оценка посетительских нагрузок и предельно допустимые нормы в Прибайкальском национальном парке // География и природные ресурсы. 2024. Т. 45. № 1. С. 164–177. DOI: 10.15372/GIPR20240116.

3. Tsai W.-L., Merrill N. H., Neale A. C., Grupper M. Using Cellular Device Location Data to Estimate Visitation to Public Lands: Comparing Device Location Data to U.S. National Park Service’s Visitor Use Statistics // PLOS ONE. 2023. Vol. 18. No. 11. Art. e0289922. DOI: 10.1371/journal.pone.0289922.

4. Макарова В. Н., Зашкина Д. С., Исаева И. В. Учет поправочных факторов для предотвращения деградации природной среды при расчете рекреационной емкости на особо охраняемых природных территориях // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета. 2023. Т. 15. № 1. С. 76–86. DOI: 10.24866/VVSU/2949-1258/2023-1/076-086.

5. Whitney P., Rice W. L., Sage J., Thomsen J. M., Wheeler I., Freimund W., Bigart E. Developments in Big Data for Park Management: A Review of Mobile Phone Location Data for Visitor Use Management // Landscape Research. 2023. Vol. 48. No. 6. P. 758–776. DOI: 10.1080/01426397.2023.2198762.

6. Андреева И. В., Пузанов А. В., Самбыла Ч. Н. Сценарии реализации нормирования рекреационных нагрузок на ООПТ на примере памятника природы «Озеро Дус-Холь» (Тыва) // География и природные ресурсы. 2024. № 2. С. 137–143. DOI: 10.15372/GIPR20240214.

7. Mangold M., Schwietering A., Zink J., Steinbauer M. J., Heurich M. The Digitalization of Outdoor Recreation: Global Perspectives on the Opportunities and Challenges for Protected Area Management // Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 352. Art. 120108. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120108.

8. Брель О. А., Кайзер Ф. Ю., Конева О. П., Панфиленко С. А., Чернов Д. А. Оценка рекреационной нагрузки на территорию музея-заповедника «Томская Писаница» Кемеровской области // Успехи современного естествознания. 2024. № 3. С. 25–32. DOI: 10.17513/use.38225.

9. Zink J., Mangold M., Porst F., Steinbauer M., Heurich M. Towards a Digital Ranger: Using Data from Outdoor Platforms to Detect Rule Violations in Protected Areas and Improve Visitor Management // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. 2024. Vol. 48. Art. 100835. DOI: 10.1016/j.jort.2024.100835.

10. Toivonen T., Brias Guinart A., Eklund J., Hästbacka M., Leppämäki T., Torkko J. Potential of Mobile Big Data for Visitor Monitoring: Report of the MOBICON Workshop Held in Helsinki 28.9.2023. Helsinki: Digital Geography Lab, University of Helsinki, 2023. DOI: 10.31885/2024.030501.

11. Parkinson C., Pan B., Morris S. A., Rice W. L., Taff B. D., Chi G., Newman P. A Comparison of Tourists' Spatial–Temporal Behaviors Between Location-Based Service Data and Onsite GPS Tracks // Sustainability. 2025. Vol. 17. No. 2. Art. 391. DOI: 10.3390/su17020391.

12. Шулина М. В., Боровичев Е. А. Анализ практик нормативного регулирования порядка оценки рекреационной нагрузки на особо охраняемые природные территории в регионах России // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Естественные и гуманитарные науки. 2025. Т. 4. № 3. С. 217–231.

13. Liu C.-L., Liu W.-Y. Assessing Tourism Pressure on Wildlife in a Protected Area: A Social Big Data Approach Using Photo-Sharing Data and Species Distribution Modeling // Ecological Informatics. 2025. Vol. 92. Art. 103441. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2025.103441.

14. Завадская А. В., Непомнящий В. В., Чижова В. П. История становления и

эволюция представлений о рекреационной ёмкости природных территорий // Географический вестник. 2025. № 3 (74). С. 165–175. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-3-165-175.

15. Rogowski M. A Method for Overtourism Optimisation for Protected Areas // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. 2025. Art. 100859. DOI: 10.1016/j.jort.2025.100859.

16. Costa J., Gomes A., Stokes M., Saraiva M. Using GPS Tracking Data from Mobile Fitness Apps to Understand User Behaviour in Protected Areas // Tourism Recreation Research. Published online 2025; Vol. 51, No. 5, 2026. P. 2121–2136. DOI: 10.1080/02508281.2025.2528241.

17. Costa J., Gomes A., Stokes M., Saraiva M. Enhancing Monitoring in Protected Areas: Evaluating Mobile Apps as a Tourism Proxy // Tourism Geographies. 2026. Vol. 28. No. 3. P. 865–886. DOI: 10.1080/14616688.2026.2671422.

18. Choe Y., Lee C.-K., Choi J., Kim M., Sim K.-W. Identifying Tourist Spatial and Temporal Patterns Using GPS and Sequence Alignment Method // Journal of Travel Research. 2023. Vol. 62. No. 6. P. 1181–1201. DOI: 10.1177/00472875221127685.

References

1. Kim J. Y., Kubo T., Nishihiro J. Mobile Phone Data Reveals Spatiotemporal Recreational Patterns in Conservation Areas During the COVID Pandemic // Scientific Reports. 2023. Vol. 13. Art. 20282. DOI: 10.1038/s41598-023-47326-y.

2. Kalixman A. D., Kalixman T. P. Ocenka posetitel`skix nagruzok i predel`no dopustimy`e normy` v Pribajkal`skom nacional`nom parke // Geografiya i prirodny`e resursy`. 2024. T. 45. № 1. S. 164–177. DOI: 10.15372/GIPR20240116.

3. Tsai W.-L., Merrill N. H., Neale A. C., Grupper M. Using Cellular Device Location Data to Estimate Visitation to Public Lands: Comparing Device Location Data to U.S. National Park Service's Visitor Use Statistics // PLOS ONE. 2023. Vol. 18. No. 11. Art. e0289922. DOI: 10.1371/journal.pone.0289922.

4. Makarova V. N., Zashkina D. S., Isaeva I. V. Uchet popravochny`x faktorov dlya predotvrashheniya degradacii prirodnoj sredy` pri raschete rekreacionnoj emkosti na

osobo oxranyaemy`x prirodny`x territoriyax // Territoriya novy`x vozmozhnostej. Vestnik Vladivostokskogo gosudarstvennogo universiteta. 2023. T. 15. № 1. S. 76–86. DOI: 10.24866/VVSU/2949-1258/2023-1/076-086.

5. Whitney P., Rice W. L., Sage J., Thomsen J. M., Wheeler I., Freimund W., Bigart E. Developments in Big Data for Park Management: A Review of Mobile Phone Location Data for Visitor Use Management // Landscape Research. 2023. Vol. 48. No. 6. P. 758–776. DOI: 10.1080/01426397.2023.2198762.

6. Andreeva I. V., Puzanov A. V., Samby`la Ch. N. Scenarii realizacii normirovaniya rekreacionny`x nagruzok na OOPT na primere pamyatnika prirody` «Ozero Dus-Xol`» (Ty`va) // Geografiya i prirodny`e resursy`. 2024. № 2. S. 137–143. DOI: 10.15372/GIPR20240214.

7. Mangold M., Schwietering A., Zink J., Steinbauer M. J., Heurich M. The Digitalization of Outdoor Recreation: Global Perspectives on the Opportunities and Challenges for Protected Area Management // Journal of Environmental Management. 2024. Vol. 352. Art. 120108. DOI: 10.1016/j.jenvman.2024.120108.

8. Brel` O. A., Kajzer F. Yu., Koneva O. P., Panfilenko S. A., Chernov D. A. Ocenka rekreacionnoj nagruzki na territoriyu muzeya-zapovednika «Tomskaya Pisanicza» Kemerovskoj oblasti // Uspexi sovremennogo estestvoznaniya. 2024. № 3. S. 25–32. DOI: 10.17513/use.38225.

9. Zink J., Mangold M., Porst F., Steinbauer M., Heurich M. Towards a Digital Ranger: Using Data from Outdoor Platforms to Detect Rule Violations in Protected Areas and Improve Visitor Management // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. 2024. Vol. 48. Art. 100835. DOI: 10.1016/j.jort.2024.100835.

10. Toivonen T., Brias Guinart A., Eklund J., Hästbacka M., Leppämäki T., Torkko J. Potential of Mobile Big Data for Visitor Monitoring: Report of the MOBICON Workshop Held in Helsinki 28.9.2023. Helsinki: Digital Geography Lab, University of Helsinki, 2023. DOI: 10.31885/2024.030501.

11. Parkinson C., Pan B., Morris S. A., Rice W. L., Taff B. D., Chi G., Newman P. A Comparison of Tourists' Spatial–Temporal Behaviors Between Location-Based

Service Data and Onsite GPS Tracks // Sustainability. 2025. Vol. 17. No. 2. Art. 391. DOI: 10.3390/su17020391.

12. Shulina M. V., Borovichev E. A. Analiz praktik normativnogo regulirovaniya poryadka ocenki rekreacionnoj nagruzki na osobo oxranyaemy`e prirodny`e territorii v regionax Rossii // Trudy` Kol`skogo nauchnogo centra RAN. Seriya: Estestvenny`e i gumanitarny`e nauki. 2025. T. 4. № 3. S. 217–231.

13. Liu C.-L., Liu W.-Y. Assessing Tourism Pressure on Wildlife in a Protected Area: A Social Big Data Approach Using Photo-Sharing Data and Species Distribution Modeling // Ecological Informatics. 2025. Vol. 92. Art. 103441. DOI: 10.1016/j.ecoinf.2025.103441.

14. Zavadskaya A. V., Nepomnyashhij V. V., Chizhova V. P. Istoriya stanovleniya i e`volyuciya predstavlenij o rekreacionnoj yomkosti prirodny`x territorij // Geograficheskij vestnik. 2025. № 3 (74). S. 165–175. DOI: 10.17072/2079-7877-2025-3-165-175.

15. Rogowski M. A Method for Overtourism Optimisation for Protected Areas // Journal of Outdoor Recreation and Tourism. 2025. Art. 100859. DOI: 10.1016/j.jort.2025.100859.

16. Costa J., Gomes A., Stokes M., Saraiva M. Using GPS Tracking Data from Mobile Fitness Apps to Understand User Behaviour in Protected Areas // Tourism Recreation Research. Published online 2025; Vol. 51, No. 5, 2026. P. 2121–2136. DOI: 10.1080/02508281.2025.2528241.

17. Costa J., Gomes A., Stokes M., Saraiva M. Enhancing Monitoring in Protected Areas: Evaluating Mobile Apps as a Tourism Proxy // Tourism Geographies. 2026. Vol. 28. No. 3. P. 865–886. DOI: 10.1080/14616688.2026.2671422.

18. Choe Y., Lee C.-K., Choi J., Kim M., Sim K.-W. Identifying Tourist Spatial and Temporal Patterns Using GPS and Sequence Alignment Method // Journal of Travel Research. 2023. Vol. 62. No. 6. P. 1181–1201. DOI: 10.1177/00472875221127685.

Статья поступила в редакцию 20.01.2026; одобрена после рецензирования 03.03.2026; принята к публикации 30.08.2026.

The article was submitted 20.01.2026; approved after peer review 03.03.2026; accepted for publication 30.08.2026.