

Вопросы развития отраслей, комплексов, территорий

УДК 338.49

DOI: 10.26456/2219-1453/2025.3.097–104

Алгоритм графического расчёта предельной экологической ёмкости рекреационной территории

Т.М. Белова¹, Т.А. Лаврова², А.М. Малинин³

¹ ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет им. А.С. Пушкина», г. Санкт-Петербург

² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург

³ ГАОУ ВО «Гатчинский государственный университет» Ленинградской области, г. Гатчина

Целью исследования является определение максимально допустимой без ущерба экологической устойчивости рекреационной нагрузки на территорию. В статье предложен простой алгоритм определения предельной величины нагрузки для свободной экологической ёмкости территории, учитывающий уровень (степень) уязвимости природно-антропогенной (рекреационной) системы и позволяющий получить наглядную графическую иллюстрацию, облегчающую рассмотрение и интерпретацию результата исследования. Научная новизна полученных результатов заключается в разработке и применении простого, но эффективного инструмента для оценки экологической ёмкости в области управления рекреацией и туризмом.

Ключевые слова: экологическая ёмкость территории; свободная экологическая ёмкость; доступная экологическая ёмкость; рекреационная нагрузка.

Введение

Взаимодействие общества и природы является одной из ключевых проблем современности, особенно в контексте устойчивого развития. Растущая антропогенная нагрузка на природные системы требует определения пределов допустимого воздействия. В этой связи особое значение приобретает определение экологической ёмкости рекреационных территорий, что становится критически важным в условиях возрастающей популярности рекреационного туризма.

Понятие «экологическая ёмкость природной (природно-антропогенной) среды» до сих пор не получило «канонического» определения и дискутируется в профессиональной среде, особенно когда оно рассматривается с позиций разных областей знания, например, социологии [7, с. 752], агроэкологии [8, с. 3–40], экономики природопользования [3, с. 80–82] или иных наук, вовлечённых в «зеленую» проблематику взаимодействия «общество–природа» [5, с. 44–46].

В рамках данного исследования мы принимаем дефиницию, приведённую В.А. Безгубовым и С.Н. Часовниковым «Экологическая ёмкость среды – способность выдерживать вредные воздействия и другие антропогенные нагрузки без необратимых последствий в виде деградации почвы или разрушения экосистем» [1, с. 166–185].

Иными словами, экологическая ёмкость – это предел, превышение которого в процессе хозяйственной деятельности, естественного антропогенного воздействия вызовет кризисное состояние экосистемы региона.

В ряде работ рассматриваются вопросы оценки экологической ёмкости, в том числе, применительно к туристским территориям [2, с. 20–80; 4, с. 810–815], однако ощущается дефицит простых, практических алгоритмов, что и стало стимулом для проведения данного исследования.

Материалы и методы

В данной работе предложен алгоритм, позволяющий оценить предельную величину рекреационной нагрузки на природную среду.

Рассматривается территория площадью S , обладающая необходимым природно-ресурсным потенциалом, пригодным для рекреационного природопользования, на которой функционирует рекреационный кластер [6, с. 98–100].

Определим следующие термины:

S_0 – **свободная (предельная) экологическая (рекреационная) ёмкость** – часть природно-ресурсного потенциала территории, которая может быть реализована в целях рекреационного природопользования, измеряемая, в ситуации рекреационного природопользования, количеством рекреантов (чел.), которые могут одновременно находиться на данной территории, не нанося невосполнимого ущерба исходному состоянию природной среды.

Площадь полагаем однородной по потенциалу.

S_x – **доступная экологическая (рекреационная) ёмкость** – часть (доля) свободной экологической (рекреационной) ёмкости S_0 , которая может быть использована для производства рекреационного продукта.

При определённых условиях доступной ёмкостью может быть вся свободная экологическая (рекреационная) ёмкость.

D – антропогенная (рекреационная) нагрузка, пропорциональная, в нашем случае, количеству рекреантов D (чел) на площади S_0 , занятой рекреационным природопользованием.

Резистентность природно-антропогенной (рекреационной) системы – степень способности системы к самовосстановлению – восстановительный потенциал.

Уязвимость природно-антропогенной (рекреационной) системы – степень снижения способности системы к самовосстановлению – восстановительного потенциала.

Рассмотрим простую линейную модель изменения величины свободной экологической (рекреационной) ёмкости территории как

функции (в простейшем случае – суперпозиции) нагрузки на территорию и исходного состояния (уязвимости, резистентности) территории.

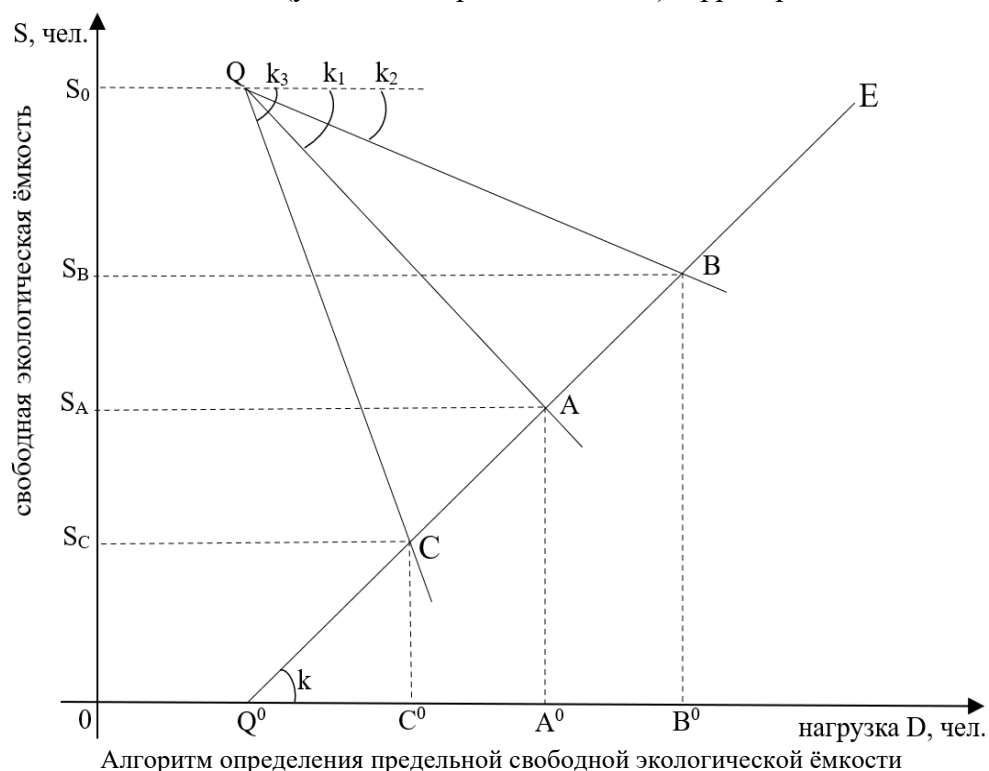


Рис. 1. Алгоритм определения предельной свободной экологической ёмкости

До момента Q^0 нагрузки на систему (территорию) нет, рекреанты отсутствуют, свободная экологическая (рекреационная) ёмкость в исходном состоянии S_0 .

С появлением рекреантов (точка Q^0) появляется нагрузка на систему (территорию) $R(D)$ – как функция количества рекреантов D (чел.) на территории S_0 – использование свободной экологической ёмкости пропорционально количеству рекреантов D ($k = 45^0$).

$R(D) = kD$ – прямая Q^0E .

С этого момента свободная экологическая (рекреационная) ёмкость уменьшается пропорционально количеству рекреантов D .

Возможны 3 варианта уменьшения свободной экологической (рекреационной) ёмкости, которым соответствуют прямые QA , QB и QC .

Прямая QA соответствует исходной (натуральной, природной, естественной) уязвимости ландшафта – величине уменьшения свободной экологической (рекреационной) ёмкости, и размер этого уменьшения прямо пропорционален росту количества рекреантов на территории (чел.). **Резистентность** (сопротивление нагрузке, устойчивость относительно внешних воздействий) природно-антропогенной (рекреационной) системы (ландшафта) **определяется природными условиями и принимается за исходную.**

Прямая QВ соответствует сниженной, по сравнению с исходной, величиной уменьшения свободной экологической (рекреационной) ёмкости, прямо пропорциональной росту числа рекреантов на территории (чел.), что может быть связано, например, с осуществлением каких-то мероприятий по снижению уязвимости территории, либо с повышением экологической грамотности рекреантов. **Резистентность ландшафта увеличена по сравнению с исходной.**

Прямая QC соответствует увеличенной, по сравнению с исходной, величиной уменьшения свободной экологической (рекреационной) ёмкости, обратно пропорциональной росту числа рекреантов на территории (чел.), что может быть связано, например, с действием каких-то внешних факторов, как природного, так и техногенного генеза, приведших к увеличению уязвимости территории.

Резистентность ландшафта снижена по сравнению с исходной.

Точки А, В и С пересечения с прямой роста нагрузки на ландшафт Q^0E – точки исчерпания доступной экологической (рекреационной) ёмкости территории, то есть, точки предельной экологической ёмкости территории, а их проекции A^0 , B^0 и C^0 на оси D – предел возможного числа рекреантов, которые одновременно могут находиться на территории (число рекреантов, принимаемых рекреационным кластером).

Уменьшение (вплоть до исчерпания) величины свободной экологической (рекреационной) ёмкости территории при различных степенях уязвимости системы (территории, ландшафта), соответственно,

точка S_A – задаётся прямой QA, угол наклона которой k_1 характеризует природную величину уязвимости ландшафта и снижение объёма свободной экологической ёмкости $\Delta S_A = S_0 - S_A$ связано с числом рекреантов (см. рисунок) $N_A = A^0 - Q^0$ соотношением

$$\Delta S_A = N_A \times \operatorname{tg} k_1 \quad (1)$$

точка S_B – задаётся прямой QB, угол наклона которой k_2 характеризует сниженную величину уязвимости ландшафта (увеличение резистентности) и уменьшение потери свободной экологической ёмкости $\Delta S_B = S_0 - S_B$ связано с числом рекреантов (см. рисунок 1) $N_B = B^0 - Q^0$ соотношением

$$\Delta S_B = N_B \times \operatorname{tg} k_2 \quad (2)$$

точка S_C – задаётся прямой QC, угол наклона которой k_3 характеризует повышенную величину уязвимости ландшафта (снижение резистентности) и увеличение потери свободной экологической ёмкости $\Delta S_C = S_0 - S_C$ связано с числом рекреантов (см. рисунок) $N_C = C^0 - Q^0$ соотношением

$$\Delta S_C = N_C \times \operatorname{tg} k_3 \quad (3)$$

Таким образом, хотя $N_B > N_A > N_C$, но, $\Delta S_B < \Delta S_A < \Delta S_C$, то есть, не только бóльшая величина нагрузки на ландшафт определяет бóльшую степень уменьшения свободной экологической (рекреационной) ёмкости территории, но и бóльшая степень резистентности ландшафта, достигаемая, как правило, в результате проведения природозащитных мероприятий, увеличивает свободную экологическую (рекреационную) ёмкость территории, в то время как исходно ослабленная, с повышенной уязвимостью природно-антропогенной (рекреационной) системы характеризуется *apriori* уменьшением свободной экологической (рекреационной) ёмкостью и пониженной резистентностью.

Приведём, в качестве примера, расчёт доступной экологической (рекреационной) ёмкости S_X для вариантов $k_1 = 45^0$; $k_2 = 30^0$; $k_3 = 60^0$, нагрузку на ландшафт (количество рекреантов) примем одинаковой для всех вариантов и равной N , то есть, $N_A = N_B = N_C = N$.

По определению,

$$S_X = S_0 - \Delta S_X \quad (4)$$

Тогда, для варианта территории с усиленной резистентностью ($k_2 = 30^0$, прямая QB), $\text{ctg} k_2 = 1$, подставляя из равенства (1), получим

$$S_B = S_0 - \Delta S_B = S_0 - N \times \text{tg} k_2 = S_0 - N \times 0,5 = S_0 - 0,5N \quad (5)$$

для варианта территории с природной величиной резистентности ($k_1 = 45^0$, прямая QA), используя равенство (3), получим

$$S_A = S_0 - \Delta S_A = S_0 - N \times \text{tg} k_1 = S_0 - N \times 1 = S_0 - N \quad (6)$$

и для варианта территории с ослабленной резистентностью ($k_3 = 60^0$, прямая QC), используя равенство (4), получим

$$S_C = S_0 - \Delta S_C = S_0 - N \times \text{tg} k_3 = S_0 - N \times 1,73 = S_0 - 1,73N \quad (7)$$

То есть, величина доступной экологической (рекреационной) ёмкости территории убывает с уменьшением резистентности даже без увеличения антропогенной нагрузки на территорию (ландшафт).

Результаты

В работе модифицированы, применительно к условиям функционирования рекреационного кластера, понятия «свободная (предельная) экологическая (рекреационная) ёмкость» и «доступная экологическая (рекреационная) ёмкость». Построена простая линейная модель, описывающая изменение доступной экологической (рекреационной) ёмкости территории под влиянием антропогенной нагрузки и демонстрирующая влияния изменения величины резистентности территориальной природно-ресурсной (рекреационной)

системы на изменение величины доступной экологической (рекреационной) ёмкости.

Обсуждение

При использовании предложенных подходов для оценки состояния и размера доступной экологической (рекреационной) ёмкости конкретной территории, возможно, сохранится описание динамики нагрузки на ландшафт, в виде линейной зависимости от объёма нагрузки (в нашем случае – от численности рекреантов).

Что же касается динамики величины доступной экологической ёмкости, то для каждого конкретного ландшафта необходимо отдельное исследование, которое сможет определить вид зависимости величины доступной экологической ёмкости как функцию, зависящую, возможно, не только от нагрузки на ландшафт, но и от каких-то иных факторов природно-антропогенной системы.

Однако, какой бы сложности не оказалась предложенная функция, в любом случае предельная величина доступной экологической ёмкости будет определяться положением точки пересечения графика, описывающего динамику нагрузки на ландшафт, с графиком динамики величины доступной экологической ёмкости территории.

Заключение

В работе предложен простой алгоритм определения предельной экологической ёмкости рекреационных территорий, учитывающий уровень уязвимости природно-антропогенной системы. Алгоритм позволяет наглядно проиллюстрировать влияние антропогенной нагрузки и резистентности ландшафта на изменение доступной экологической ёмкости. Предложенная модель может быть использована для оценки экологической ёмкости различных рекреационных территорий и разработки мероприятий по оптимизации рекреационной нагрузки. Дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку более сложных моделей, учитывающих большее количество факторов, влияющих на экологическую ёмкость, а также на апробацию предложенного алгоритма на конкретных рекреационных территориях.

Список литературы

1. Безгубов В.А. К вопросу об экологической ёмкости территории и способам ее оценки. / В.А. Безгубов, С.Н. Часовников // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 12 (часть 4). С. 751–754.
2. Землянский Д.Ю. Экологическая ёмкость туристских территорий: подходы к оценке, индикаторы и алгоритмы расчета / Д.Ю. Землянский, О.А. Климанова, О.А. Илларионова, Е.Ю. Колбовский. Москва: ВАВТ, 2020 200 с.

3. Карпова Г.А. Методические подходы к экологической оценке развития туристско-рекреационной деятельности на Байкале / Г.А. Карпова, Л.Б.-Ж. Макснова, Е.Е. Шарафанова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2017 № 2 (104) С. 79–86.
4. Климанова О.А. Концепция экологической емкости: современное содержание и алгоритм оценки для разных типов туристских территорий. / О.А. Климанова, Е.Ю. Колбовский, О.А. Илларионова, Д.Ю. Землянский // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета. Науки о Земле. № 66 (4) С. 806–830.
5. Копылов И.С. Экологическая емкость территории: история изучения, обзор методов определения / И.С. Копылов, П.А. Красильников, О.В. Клецкина // Экология и промышленность России. 2023 Т. 27. № 2 С. 42–47.
6. Малинин А.М. Рекреационный кластер дестинации как фактор социально-экономического развития региона / А.М. Малинин, Т.М. Белова // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. 2023 № 3 (141). Часть 1. С. 98–102.
7. Покровский Н.Е. Туризм: от социальной теории к практике управления / Н.Е. Покровский, Т.И. Черняева. 2-е изд., испр. и доп. М.: Университетская книга, Логос, 2009. 400 с.
8. Система показателей оценки экологической емкости агроландшафтов для формирования экологически устойчивых агроландшафтов. Курск: ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН, 2011. 42 с.

Об авторах:

БЕЛОВА Татьяна Михайловна – кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и управления, Экономический факультет, ГАОУ ВО ЛО «Ленинградский государственный университет имени А.С. Пушкина», (196605, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, д. 10), t000011594@lgumail.ru, ORCID: 0000-0002-4382-6545, Spin-код: 2186-7064

ЛАВРОВА Татьяна Анатольевна – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры Гостиничного и ресторанного бизнеса, факультет Сервиса туризма и гостеприимства, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», г. Санкт-Петербург (191023, г. Санкт-Петербург, наб. Канала Грибоедова, д. 30-32, литер А), victoriatan@inbox.ru, ORCID: 0000-0002-9906-8966, Spin-код: 3381-2008.

МАЛИНИН Александр Маркович – доктор экономических наук, профессор, Заслуженный эколог РФ, профессор кафедры национальной экономики и организации производства, ГАОУ ВО «Гатчинский государственный университет» Ленинградской области, (188300, Ленинградская область, г. Гатчина, ул. Рощинская, д. 5), alexmalinin46@mail.ru, ORCID: 0009-0001-0764-1594, Spin-код: 4129-5190.

Algorithm for graphical calculation of the maximum ecological capacity of a recreational area

T.M. Belova¹, T.A. Lavrova², A.M. Malinin³

¹ GAOU VO LO “A.S. Pushkin Leningrad State University” St. Petersburg

² FGBOU VO “St. Petersburg State University of Economics”, St. Petersburg

³ GAOU VO LO “Gatchina State University” of the Leningrad Region, Gatchina

A simple algorithm for determining the ultimate load value for the free ecological capacity of the territory, taking into account the level (degree) of vulnerability of the natural-anthropogenic (recreational) system and allowing to obtain a clear graphic illustration that facilitates the consideration and interpretation of the research result. The purpose of the study is to determine the maximum permissible recreational load on the territory without prejudice to environmental sustainability. The scientific novelty of the results obtained lies in the development and application of a simple but effective tool for assessing environmental capacity in the field of recreation and tourism management.

Keywords: *Ecological capacity of the territory; free ecological capacity; available ecological capacity; recreational load.*

About the authors:

BELOVA Tat'jana Mihajlovna – Ph.D. in Economics, Associate Professor, Department of Economics and Management, Faculty of Economics, GAOU VO LO “A.S. Pushkin Leningrad State University”, (196605, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe shosse, 10), e-mail: t000011594@lgumail.ru

LAVROVA Tat'jana Anatol'evna – Doctor of Economics, Professor, Department of Hotel and Restaurant Business, Faculty of Tourism and Hospitality Service, FGBOU VO “St. Petersburg State Economic University”, St. Petersburg, (191023, St. Petersburg, Kanala Griboyedova embankment, 30-32, letter A), e-mail: victoriatan@inbox.ru

MALININ Aleksandr Markovich – Doctor of Economics, Professor, Honored Ecologist of the Russian Federation, Professor of the Department of National Economics and Organization of Production, GAOU VO “Gatchina State University” of the Leningrad Region, (188300, Leningrad Region, Gatchina, Roshchinskaya St., 5), e-mail: alexmalinin46@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.10.2025

Статья подписана в печать 15.10.2025