

**В. М. Шаталов<sup>1</sup>, И. В. Нога<sup>1</sup>, Н. В. Корнилова<sup>2</sup>, Ю. Г. Расин<sup>2</sup>**  
**ДОПУСТИМАЯ АНТРОПОГЕННАЯ НАГРУЗКА НА ЛИНЕЙНЫХ МАРШРУТАХ**  
**В ОБЪЕКТАХ ПРИРОДНО-ЗАПОВЕДНОГО ФОНДА**

<sup>1</sup> *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*  
*e-mail: bio-phys@mail.ru*

<sup>2</sup> *Крымский филиал ГП "Научный центр исследования по проблемам заповедного дела";*  
*г. Симферополь, ул. Полигонная, 51а; e-mail: yuri.rasin@gmail.com*

**Шаталов В. М., Нога И. В., Корнилова Н. В., Расин Ю. Г. Допустимая антропогенная нагрузка на линейных маршрутах в объектах природно-заповедного фонда.** – С помощью математического моделирования показано, что допустимое число экскурсантов на линейных маршрутах в объектах природно-заповедного фонда может без ущерба для окружающей среды значительно превышать допустимое число экскурсантов, рассчитанное по существующим нормам на всю площадь объекта. Приведено обоснование для выбора допустимой антропогенной нагрузки на заранее проложенных обустроенных тропах в объектах природно-заповедного фонда Украины.

*Ключевые слова:* природно-заповедный фонд, математическое моделирование, рекреация, антропогенная нагрузка, линейный маршрут, окружающая среда, экология.

### **Введение**

Большинство объектов природно-заповедного фонда (ПЗФ) Украины страдают от недостаточного финансирования со стороны государства, в связи с чем, приходится привлекать негосударственные источники финансирования. Одним из таких источников является эксплуатация рекреационных возможностей объектов ПЗФ – экскурсионная и туристическая деятельность. Посещение объектов ПЗФ регулируется действующим природоохранным законодательством Украины [1], поскольку подобное использование заповедных территорий потенциально может нанести им определенный ущерб. Принятые нормы посещения охраняемых территорий [2] основываются на результатах исследований устойчивости территорий к рекреационным нагрузкам. Обычно эти нормы приводятся из расчета на единицу площади объекта при ежедневном использовании [3-6]. Существующая методика нормирования нагрузок не учитывает, во-первых, сезонность посещений и самовосстановление природы в межсезонье, а во-вторых, то, что в ряде объектов ПЗФ экскурсии для туристов организуются (либо могут быть организованы) по заранее проложенным, обустроенным тропам. Отсутствие обоснованных методик расчета допустимой нагрузки, с учетом указанных факторов, препятствует развитию туризма и активному использованию рекреационных возможностей заповедных территорий, в связи с чем, работа, посвященная обоснованию таких расчетов весьма актуальна, поскольку отказ от сознательного управляемого использования объектов природно-заповедного фонда в рекреационных целях открывает путь нерегулируемому потоку антропогенной нагрузки. Как следствие – лесные пожары, несанкционированные мусорные свалки и прочие негативные явления, приводящие, в конечном счете, к нарушению экологического равновесия.

Самовосстановление природы в межсезонье можно учесть в рамках моделирования динамики антропогенного воздействия, наподобие того, как это было сделано в работе [7], где предложена математическая модель влияния привлекательности рекреационных ресурсов на рынок потребителей с учетом деградации ресурсов под действием антропогенной нагрузки. Переход от расчетов площадных нагрузок к нагрузкам линейным обсуждался в [8], где были изложены общие принципы создания методики расчета допустимой нагрузки на объекты ПЗФ.

*Цель работы* – вывод формулы перерасчета существующих норм с учетом линейности экскурсионных маршрутов, того обстоятельства, что они проходят по заранее проложенным и обустроенным тропам. Для этого мы сформулируем математическую модель рекреационной нагрузки и с ее помощью сравним нагрузку, распределенную по всей площади объекта природно-заповедного фонда, с эквивалентной нагрузкой на линейном маршруте.

### Математическая модель

Рекреационной антропогенной нагрузкой называется степень непосредственного влияния отдыхающих людей (рекреантов), их транспортных средств на природные комплексы или рекреационные объекты [9]. Как правило, эта нагрузка выражается количеством людей, приходящихся на единицу площади объекта за определенный промежуток времени (обычно за день или за год). Различают следующие виды нагрузок [9]: оптимальная, не приводящая к нарушениям в природе (рекреационном объекте); предельная (максимально допустимая), вызывающая нарушения обратимого характера; деструкционная (гибельная) рекреационная нагрузка, приводящая к необратимой деградации рекреационной территории или комплекса. Основными факторами отрицательного антропогенного воздействия на объекты природно-заповедного фонда являются вытаптывание, замусоривание территории, шум и т.п.

Пусть величина антропогенной нагрузки описывается неким совокупным фактором воздействия человека как источника нагрузки на окружающую среду. Этот фактор в общем случае зависит от расстояния  $r$  до источника. Очевидно, что зависимость и величина воздействия будет разной для разных факторов – вытаптывание, загрязнение, шум и др. – это не принципиально, поскольку аналогичное рассмотрение можно провести для каждого фактора в отдельности и суммировать результат.

Рассмотрим нагрузку, производимую группой из  $N$  экскурсантов, постоянно находящихся на территории объекта природно-заповедного фонда площадью  $S$  гектар и распределенных по ней случайным образом. В этом случае суммарная "площадная" нагрузка равна  $R_{\text{square}} = N/S$ . При этом каждый  $i$ -й экскурсант является постоянным источником нагрузки (загрязнения), распределенной по площади объекта с некоторой плотностью вероятности  $P_i(r)$ , зависящей от расстояния  $r$  до источника. Суммарная нагрузка  $R_{\text{square}}$  определяется интегралом по площади объекта по всем распределениям, который с учетом нормированности  $P_i(r)$ , должен равняться числу экскурсантов:

$$R_{\text{square}} = \frac{1}{S} \iint_S \sum_{i=1}^N P_i(|\mathbf{r} - \mathbf{r}_i|) ds = \frac{N}{S}, \quad (1)$$

где  $\mathbf{r}_i$  – координаты  $i$ -го источника.

Рассмотрим другой случай, когда такая же группа экскурсантов находится на заранее проложенной и обустроенной тропе. Каждый экскурсант, как и в предыдущем случае, создает вокруг себя "нагрузку" с вероятностью  $P_i(r)$ , однако эта нагрузка не влияет на уже проложенную и обустроенную тропу. Не действует фактор вытаптывания, поскольку тропа уже проложена, не действует фактор загрязнения, поскольку на обустроенной тропе имеются урны для мусора, практически не действует шумовой фактор и т.д. Значит, определяя суммарное воздействие группы на линейном маршруте, следует из интеграла по площади объекта (1) исключить интеграл по площади тропы. Конечно, такое же исключение следует сделать и в предыдущем случае, если таковая тропа там имеется. Однако если площадь тропы намного меньше площади всего объекта и попадание экскурсанта на тропу случайно, то такое исключение практически не изменит результата (1).

В случае "линейной" нагрузки эффект исключения тропы будет различным в зависимости от соотношения между шириной тропы  $h$  и эффективным "диаметром"  $d$  распределения нагрузки  $P_i(r)$ . При  $h$  намного меньше  $d$  – эффекта нет, а при  $h$  много больше  $d$  – нагрузка на объект природно-заповедного фонда исчезает! Наиболее реалистичный промежуточный случай  $h$  порядка  $d$  можно рассмотреть лишь моделируя каким-то образом зависимость  $P_i(r)$ . В качестве примера рассмотрим двумерное нормальное распределение с дисперсией  $\sigma^2$ , симметричное по координатам  $x$  и  $y$

$$P_i(r) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right), \quad (2)$$

где  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  – расстояние от источника до точки с координатами  $(x, y)$ . Примем  $x = 0$  за осевую линию тропы и предположим, что ее длина тропы намного больше ширины, тогда интеграл по площади (1) распадается на произведение интегралов по координатам  $ds = dx dy$  в бесконечных пределах. Исключая тропу из области интегрирования по  $dx$  получаем формулу для расчета фактической нагрузки на объект ПЗФ от заданного числа экскурсантов  $N$ , находящихся на линейном маршруте

$$R_{\text{linear}} = \frac{N}{S} \left[ 1 - \Phi\left(\frac{h}{2\sigma}\right) + \Phi\left(-\frac{h}{2\sigma}\right) \right], \quad (3)$$

где  $\Phi(x)$  – интеграл вероятности Гаусса. Сравнивая (1) и (3), получаем, что при одинаковом числе экскурсантов линейная нагрузка всегда меньше площадной  $R_{\text{linear}} < R_{\text{square}}$ , поскольку  $\Phi(x) > \Phi(-x)$  для любых  $x > 0$ .

Теперь мы можем ответить на главный вопрос: сколько людей  $N_{\text{linear}}$  может находиться на линейном маршруте с тем, чтобы выполнялся установленный законодательством норматив площадной нагрузки  $R_{\text{square}}$ . Из условия равенства площадной и линейной нагрузки  $R_{\text{linear}} = R_{\text{square}}$  получаем

$$R_{\text{eff}} = \frac{R_{\text{square}}}{1 - \Phi\left(\frac{h}{2\sigma}\right) + \Phi\left(-\frac{h}{2\sigma}\right)}, \quad (4)$$

где  $R_{\text{eff}} = N_{\text{linear}}/S$ , а величина  $R_{\text{square}} = N_{\text{square}}/S$  зафиксирована нормативом. Поскольку знаменатель в (4) меньше единицы, допустимое число экскурсантов на тропе будет всегда больше, чем рассчитанное по площадным нормативам. На рис. 1 представлена зависимость отношения  $R_{\text{eff}}/R_{\text{square}} = N_{\text{linear}}/N_{\text{square}}$  от отношения ширины тропы к среднему диаметру распределения  $h/2\sigma$ . Как указывалось выше, параметр  $\sigma$  в распределении (2), имеющий смысл стандартного отклонения, будет разным для разного рода воздействий. Однако, как видно из графика, при любых  $\sigma$  допустимая нагрузка (число экскурсантов) на линейных маршрутах всегда больше "площадной" нормы  $N_{\text{linear}}/N_{\text{square}} > 1$ .

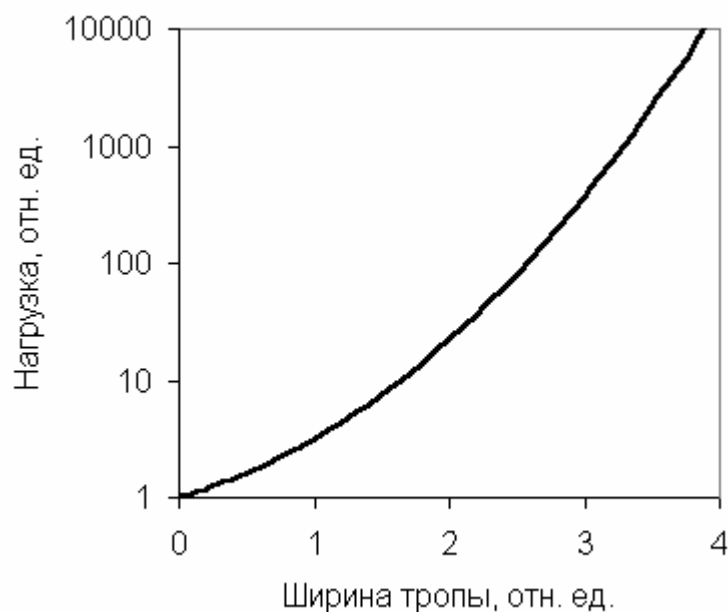


Рис. 1. Допустимая нагрузка  $R_{\text{eff}}/R_{\text{square}}$  (в единицах нормативной) в зависимости от ширины тропы  $h/2\sigma$  (в единицах среднего диаметра распределения)

## Выводы

Таким образом, на линейных маршрутах допустимое число экскурсантов  $N_{\text{linear}}$  может без ущерба для окружающей среды значительно превышать то количество  $N_{\text{square}}$ , которое получается, если рассчитывать по норме на всю площадь объекта. Этот результат может служить обоснованием для определения допустимых рекреационных нагрузок на заранее проложенных обустроенных тропах в объектах ПЗФ Украины. Для получения конкретной величины допустимой нагрузки  $R_{\text{eff}}$  по формуле (4) нужно руководствоваться существующим нормативом  $R_{\text{square}}$  и шириной тропы  $h$  для данного объекта, а также экспериментально измеренными значениями дисперсии  $\sigma$  для различных видов антропогенной нагрузки. Дальнейшее уточнение этой методики связано с учетом разнородности и временной зависимости антропогенного воздействия на объекты природно-заповедного фонда.

## Список литературы

1. "Про затвердження переліку платних послуг, які можуть надаватися бюджетними установами природно-заповідного фонду": Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2000 р. № 1913.

2. Державні будівельні норми України. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень // ДБН 360-92. – К.: Мінбудархітектури України, 1993. – 37 с.

3. Карпатский рекреационный комплекс / Под ред. М. И. Долишнего. – К.: Наук. думка, 1984. – 148 с.

4. Нижник М. С. Лес и отдых. – К.: Наук. думка, 1989. – 120 с.

5. Поляков А. Ф., Савич Е. И. Методика определения допустимых рекреационных нагрузок в горных лесах методом моделирования. – Крымская ГЛОС УкрНИИЛХА, 1984. – 210 с.

6. Репшас Э. А. и др. Определение состояния и экологической емкости рекреационных лесов (методические рекомендации). – Каунас: ЛитНИИЛХ, 1981. – 156 с.

7. Шаталов В. М., Нога И. В. Динамическая модель влияния антропогенной нагрузки на рекреационные ресурсы // Вісник ДІТБ. – Донецк: Донецкий ин-т туристического бизнеса, 2002. – Т. 6. – С. 308-314.

8. Нога И. В., Шаталов В. М., Корнилова Н. В., Расин Ю. Г. Принципы моделирования антропогенной нагрузки на линейных маршрутах // Тез. докл. I Междунар. полидисциплинарной науч.-практ. Интернет-конф. "Управление развитием сложных систем" (1-25 апреля 2003 г.) [http://www.desa.donbass.com/html\\_rus/conferences/mcsd-03/uprav\\_proc\\_1.htm](http://www.desa.donbass.com/html_rus/conferences/mcsd-03/uprav_proc_1.htm).

9. Реймерс Н. Ф. Природопользование (словарь-справочник). – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

**Шаталов В. М., Нога И. В., Корнилова Н. В., Расин Ю. Г. Припустиме антропогенне навантаження на лінійних маршрутах в об'єктах природно-заповідного фонду.** – За допомогою математичного моделювання доведено, що припустима кількість екскурсантів на лінійних маршрутах може без збитку для навколишнього середовища значно перевищувати ту кількість, що виходить із розрахунків за існуючими нормами на всю площину об'єкта. Наведено обґрунтування для вибору припустимих рекреаційних навантажень на заздалегідь прокладених обладнаних стежках в об'єктах природно-заповідного фонду України.

*Ключові слова:* математичне моделювання, рекреація, антропогенне навантаження, природно-заповідний фонд, лінійний маршрут, навколишнє середовище, екологія.

**Shatalov V. M., Noga I. V., Kornilova N. V., Rasin Yu. G. Available linear route recreation impact in the nature reserves.** – It is shown by a mathematical model method that available number of tourists in the linear routes may without any damage to environment may exceed that one calculated via the standard square rates. The justification is given for getting available linear route recreation press in beforehand laid and equipped paths of the nature reserves of Ukraine.

*Key words:* mathematical model method, recreation anthropogenic impact, nature reserves, linear routes, environment.