

УДК 625.711

А. Д. Дроздов, М. В. Бормотов,
А. В. Сирота, Е. В. Моор, С. И. Булдаков
(A. D. Drozdov, M. V. Bormotov,
A. V. Sirota, E. V. Moor, S. I. Buldakov)
УГЛТУ, Екатеринбург
(USFEU, Yekaterinburg)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ДОРОЖНЫХ ОБОЧИН
(MODELING THE PROCESS OF VEGETATION COVER
FORMATION ON ROADSIDES)**

В статье рассмотрен вопрос о моделировании процесса зарастания откосов автомобильных дорог. На основе выбранной модели проведены эксперименты, позволяющие осуществить прогноз зарастания откосов с целью оптимизации эксплуатационных дорожных затрат.

The article deals with the issue of modeling the process of overgrowth of road slopes. On the basis of the selected model, experiments were carried out that make it possible to forecast slope overgrowth in order to optimize operational road costs.

Изначально для любой автомобильной дороги борьба с зарастанием обочин растительностью и кустарником представляет собой серьезную проблему. Проблема борьбы с растительностью имеет для автомобильных дорог различные аспекты в зависимости от места (по отношению к дороге) нахождения растений. Есть участки, на которых растения требуют полного уничтожения, и есть участки, на которых необходимо укрепление призм грунта для предупреждения размыва грунтов с последующим уходом за травами. При научном подходе к решению вышеперечисленных задач требуется рассмотреть возможность моделирования формирования растительного сообщества на обочинах и кюветах автомобильных дорог. Это позволяет количественно снижать процесс зарастания и спрогнозировать качественные процессы, сопровождающиеся бурным развитием растений. Из широкого ряда моделей роста численности живых сообществ подходят модели и дифференциальные уравнения, разработанные для описания численности биологических организмов в замкнутой среде [1, 2]. Очень важно при моделировании процесса создания растительного сообщества на обочинах и кюветах автомобильных дорог является то, что это сообщество должно рассматриваться как единая и замкнутая система, которую можно характеризовать числом растений на данный момент. Важным моментом рассматриваемой системы является взаимодействие ее элементов с окру-

жающей средой и между собой. В рамках самой системы можно говорить о критерии системности роста [1]. Любая биологическая система характеризуется определенными элементами взаимодействия с однородными структурами, обогащаясь или угнетаясь в результате такого взаимодействия. Все эти факторы, безусловно, требуют учета при моделировании любой биосистемы [4, 5].

Пусть число особей в момент времени t характеризуется величиной $N(t)$. Это будет ведущей аддитивной переменной, подчиняющей все остальные [3]. Эта модель позволяет рассмотреть жизнь биосистемы без учета конкретных особей, она основана на гипотезе о постоянстве относительной скорости роста системы. Это своего рода принцип инерции развития системы, и в этом случае можно показать, что рост должен описываться степенным законом. В этой модели исключаются экспоненциальный и логистический рост, имеющие внутренний масштаб времени – времени удвоения [1, 2]. Степенной закон был обнаружен рядом авторов (Маккендрик, Форстер, Хорнер), которые предложили эмпирическую формулу роста:

$$N = \frac{C}{T_1 - T}, \quad (2.1)$$

где C – постоянная модели, шт./год.

T_1 – предельная временная характеристика, характеризующая период развития системы, год.

Для описания процесса жизни биосистемы при нестационарном распределении числа ее особей, а также наличии возможности элементов миграции членов биосистемы можно использовать кинетическое уравнение [3].

Проведя детальные эксперименты по существованию биосистемы в течение 2–3 лет и определив достаточно надежные численные коэффициенты, можно с невысокой погрешностью определить параметры численности особей растительного покрова обочин и кюветов при прогнозировании ресурсов, необходимых при эксплуатации автомобильных дорог.

На основе анализа моделей об изменении численности представителей биосистемы наиболее удачной, на наш взгляд, для описания роста числа биологических особей в замкнутой среде является Мальтузианская модель роста народонаселения, предложенная Томасом Робертом Мальтусом в 1798 г. Поскольку растения, представляющие собой в большинстве своем биологические сообщества, проявляют в отношении роста и численности те же свойства и тренды, что и животные сообщества. Для растений также характерна межвидовая борьба, которая проявляется в подавлении одного вида растений другими вблизи расположенных по месту прорастания. В итоге взрывное зарастание территории исключается и на рассматриваемом участке формируется сообщество с почти постоянным числом особей.

Для описания процесса зарастания обочин и откосов автомобильных дорог принимается модель экспотенциального роста членов биосообщества в следующем виде [1]:

$$\frac{dN}{dT} = a_1 N - a_2 \frac{N^2}{M}, \quad (2.8)$$

где N – число членов сообщества;

t – время;

a_1 – постоянная роста (мальтузианский параметр);

a_2 – коэффициент межвидовой и внутривидовой борьбы и ограниченности ресурсов;

M – максимальный размер популяции.

Данный класс моделей был предложен французским математиком Пьером Франсуа Фегильстом в 1838 г. Первое слагаемое соответствует росту популяции, а второе слагаемое учитывает ограничение роста популяции из-за отсутствия ресурсов и фактора межвидовой и внутривидовой борьбы.

По полученной модели можно решать задачу прогнозирования зарастания откосов и обочин автомобильных дорог с целью оптимизации расходов и процесса содержания этих инженерных сооружений.

На основе полученных экспериментальных данных можно сделать следующие выводы.

1. Полное формирование растительности на обочинах автомобильных дорог по завершении строительства или реконструкции происходит к концу третьего года эксплуатации дорожной системы.

2. Проведение текущей срезки растительности в процессе эксплуатации автомобильной дороги существенно зависит от погоды и условий прорастания. Получение соответствующих рекомендаций требует дополнительных исследований и более тщательное обоснование коэффициентов a_1 и a_2 .

Библиографический список

1. Капица С. П. Модель развития человечества и проблемы экономики. «Вопросы экономики». – М., 2000. – № 12. – С. 152.

2. Капица С. П. Феноменологическая теория роста населения Земли. «Успехи физических наук». – М. – Т. 166. – №1. – С. 63–80.

3. Николис Г., Пригожин И. Р. Самоорганизация в неравновесных системах. – М. : Мир, 1984. – 318с.

4. ОДМ 218.3.031 – 2013. Методические рекомендации по охране окружающей среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. Росавтодор. – М., 2015. – 76 с.

5. ОДМ. «Методические рекомендации по содержанию полосы отвода автомобильных дорог химико-механическим способом. – М. : Стандартинформ, 2003. – 12 с.