

УДК 004.942 (632.125)

В.В. Побединский^{1,2}, проф., д-р техн. наук;
Е.В. Анянова¹, доц., канд. техн. наук; А.Ю. Чевардина¹, асп.
(УГЛТУ¹, УрГАУ², Екатеринбург)

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Аннотация. В работе рассмотрена проблема рекультивации нарушенных земель. В качестве примера исследуется территория, которая использовалась для утилизации породных отходов горнодобывающей промышленности. Описать процесс естественного зарастания растительностью чрезвычайно сложно, т.к. все параметры практически не поддаются статистическому описанию из-за неопределенности данных. Эта проблема формализации задачи решается путем привлечения теории нечетких множеств и ее практического приложения – нечеткого моделирования.

Ключевые слова: рекультивация нарушенных земель; теория нечетких множеств; нечеткие функции принадлежности.

По данным Департамента мелиорации Минсельхоза, примерно 130 млн га земель из фонда сельскохозяйственного назначения относятся к деградированным. *Сегодня деградация развивается со скоростью 1,5-2 млн га в год* [1]. Кроме того, продолжают увеличиваться площади, попадающие под техногенное воздействие. По данным Роскомстата [2] динамика увеличения площадей нарушенных земель при разработке месторождений полезных ископаемых (включая общераспространенные полезные ископаемые) показывает следующую картину: за 2015 площадь увеличилась на 77676 га; в 2016 на 104968; в 2017 на 178266; в 2018 на 71206, а в 2019 эта цифра увеличилась уже более, чем в полтора раза и составила 119309 га. Техногенные воздействия представляют особенно острую проблему, т.к. для большинства из них на практике не предусмотрены специальные рекультивационные мероприятия. Также невозможно достаточно точно определить период естественного восстановления земель, т.к. все параметры описывающие грунты, типы растительности, временные периоды характеризуются неопределенностью.

Наиболее важные информативные параметры – это типы грунтов и растительности. Если классифицировать грунты условно по показателю плодородия, то их можно подразделить на несколько следующих типов: каменистые грунты, песчанники, тощие грунты, среднего плодородия, плодородная почва. Однако по ГОСТ 25100 – 2020. ГРУНТЫ. Классификация, приводятся другие классификационные признаки, что может вносить значительную неопределенность в оценке плодородия и прогнозирования мероприятий рекультивации. Кроме того, в реальных условиях в процессе восстановления земель строго

точного подразделения на группы по классификационным признакам не наблюдается, а будет смешение типов почвогрунтов в том или ином соотношении.

Аналогичная картина наблюдается и для растительности в процессе естественного восстановления. Например, со временем периода восстановления будут проявляться такие характерные параметры растительности, как почво-покровные, мелкий кустарник, древесный кустарник, мелкие деревья, крупные деревья.

Для решения такого класса задач со свойствами неопределенности в данных используется теория нечетких множеств (ТНМ), которая позволяет достаточно математически корректно формализовать подобные данные [3].

Указанные параметры – типы грунта и растительности являются наиболее информативными для прогноза периода естественного восстановления земель. Естественным образом определился и выходной в данном случае параметр – время периода рекультивации, лет.

Ключевым понятием ТНМ является лингвистическая переменная, в данном случае для определения входных (тип почвогрунта, тип растительности) и выходной (время периода рекультивации) переменных. Зададим лингвистические переменные «Тип почвогрунта» и «Тип растительности» на универсуме значений по пятибалльной шкале. Выходную переменную «Период» определим в диапазоне от 0 до 30 лет, как это принималось в наших ранее проведенных экспериментальных исследованиях [4].

Для определения нечетких функций принадлежности примем треугольные функции, а по краям интервалов (в начале) z-образные и s-образные (в конце интервалов) и запишем их математические выражения для выходной переменной.

Для треугольной функции переменной «Период, T » в диапазоне от 6 до 15 лет она будет записана в следующем виде:

$$T = f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq 3 \\ \frac{x-3}{9-3}, & 3 \leq x \leq 9 \\ \frac{15-x}{15-9}, & 9 \leq x \leq 15 \\ 0, & x \geq 15 \end{cases} \quad (1)$$

Для z-образной функции в начале интервала от 3 до 9 лет будет следующее выражение:

$$T = f(x; a, b) = \begin{cases} 1, & x \leq 3 \\ 1 - 2 \left(\frac{x-3}{9-3} \right)^2, & 3 \leq x \leq \frac{3+9}{2} \\ 2 \left(\frac{x-9}{9-3} \right)^2, & \frac{3+9}{2} \leq x \leq 9 \\ 0, & x \geq 9 \end{cases} \quad (2)$$

Для s-образной функции в конце интервала от 21 до 27 лет функция запишется выражением:

$$T = f(x; a, b) = \begin{cases} 0, & x \leq 21 \\ 2 \left(\frac{x-21}{27-21} \right)^2, & 21 \leq x \leq \frac{21+27}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x-27}{27-21} \right)^2, & \frac{21+27}{2} \leq x \leq 27 \\ 1, & x \geq 27 \end{cases} \quad (3)$$

В заключении можно отметить, что рассматриваемая задача прогнозирования процесса естественной рекультивации техногенно нарушенных земель более достоверно может решаться в рамках ТНМ и ее практического приложения нечеткого моделирования. Первым шагом для этого является соответствующая формализация исходных и выходных данных. Предложенные нечеткие функции принадлежности (1), (2), (3) являются достаточно математически корректными и могут быть рекомендованы для дальнейшей разработки нечеткой системы и исследований проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. АгроЭкоМиссия. База знаний по лучшим ресурсосберегающим технологиям земледелия. URL: <https://agriecomission.com/>
2. Охрана окружающей среды в России. 2020: Стат. сб./Росстат. – М., 2020. – 113 с.
3. Побединский, В.В. Диэлектрическая проницаемость лесного фонда в зависимости от параметров среды при радиочастотном мониторинге / В. В. Побединский [и др.] // Вестник Мордовского университета. 2018. Т. 28, № 2. С. 148–163. DOI: <https://doi.org/10.15507/0236-2910.028.201802.148-163>.
4. Анянова, Е. В. Применение метода системного анализа обработки информации для принятия решения при восстановлении нарушенных земель / Е. В. Анянова // Современные наукоемкие технологии. – 2019. № 10-2. – С. 233-238.