

ности на основании построенных моделей можно прогнозировать сокращение вегетации и уменьшение урожайности районированных ранее сортов зерновых. При увеличении возможного периода вегетации могут быть востребованы более позднеспелые сорта.

Таким образом, исследование в разностях позволило улучшить качество регрессионных уравнений на фоне линейных трендов и выявить общие закономерности динамики хозяйственно ценных признаков ряда культур, а также построить климатически обусловленные прогнозы.

Литература

1. Гордеев А. В и др. Биоклиматический потенциал России: меры адаптации в условиях изменяющегося климата / Под ред. А. В. Гордеева. М., 2008. 207 с.
2. Елисеева И. И., Курышева С. В., Костеева Т. В. и др. Эконометрика / Под ред. И. И. Елисеевой. М.: Финансы и статистика, 2007. 576 с.
3. Николаев М. В. Современный климат и изменчивость урожаев. СПб.: Гидрометеоздат, 1994. 201 с.
4. Новикова Л. Ю., Дюбин В. Н., Лоскутов И. Г., Зуев Е. В., Ковалева О. Н., Пороховинова Е. А., Сеферова И. В., Булынецов С. В., Артемьева А. М., Киру С. Д., Рогозина Е. В., Наумова Л. Г. Анализ динамики хозяйственно ценных признаков сортов сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ВИР, 2013. Т. 173. С. 102 - 119.
5. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. Л.: Гидрометеоздат, 1984. Т. 1, 2.
6. Сиротенко О.Д., Клещенко А.Д., Павлова В.Н., Абашина Е.В., Семендяев А.К. Мониторинг изменений климата и оценка последствий глобального потепления для сельского хозяйства // Агрофизика. 2011. Вып. 3. С. 31–39.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННОЙ ДЕГРАДАЦИИ ЛАНДШАФТОВ

¹А. С. Рулев, В. Г. Юферев, ²М. В. Юферев

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский
агролесомелиоративный институт»,
²ОАО «Ростелеком»

Моделирование ландшафтов как совокупности определенных свойств рельефа, почв, растительности, литологии, а также климатических условий является необходимым для создания модели их эрозионной деградации и обусловлено тесной связью между параметрами ландшафта и процессами, протекающими в них.

Геоморфологическое моделирование ландшафтов является основой для выявления существующего эрозионного рельефа, так как оно отражает уже сложившуюся в течение определенного времени обстановку, а также при выявлении устойчивых зависимостей дает возможность прогноза эрозионного состояния таких ландшафтов [1]. В связи с этим представляет интерес определение при помощи математических методов характеристик эрозионных процессов на склонах [2].

Методика построения математической модели основана на исследованиях [3], в которых выдвинуты и обоснованы теоретические и методологические

подходы к разработке моделей эрозионных процессов. Однако предложенная ранее модель не содержит привязки к центру масс системы "Высота – Протяженность – Форма склона", что, по мнению авторов, снижает эффективность моделирования. В связи с этим предлагается модифицированная модель рассматриваемой системы с учетом ее привязки к центру масс. Форма поперечного сечения балочного склона определяется гравитационными и гидродинамическими процессами и близка к форме логистической кривой (рис. 1).

Опытным путем установлено, что большинство профилей балочных склонов имеет форму S-образной кривой, которая с высоким коэффициентом корреляции (более 0,995) описывается уравнением логистической функции в нормированных величинах:

$$h(l)=100/1+A \cdot \exp(B \cdot l+C), \quad (1)$$

где: $h(l)$ – текущая высота профиля, %; A – коэффициент определяющий положение центра масс системы «Высота – Протяженность – Форма склона»; B , C – коэффициенты, определяющие форму и наклон кривой; l – ширина сечения профиля, %.

В работе [4] рассмотрена логистическая кривая, упрощенно моделирующая склон без учета коэффициента (A , формула 1), который определяет положение центра «тяжести» подинтегральной площади. Данный коэффициент имеет значение при создании математической модели склона. Он численно соответствует уровню (высоте) склона, при котором полностью вырождается (угол склона равен 0). Указанный коэффициент, вычисленный на основе статистического анализа эволюции склона и при принятых краевых условиях, равен 69,7.

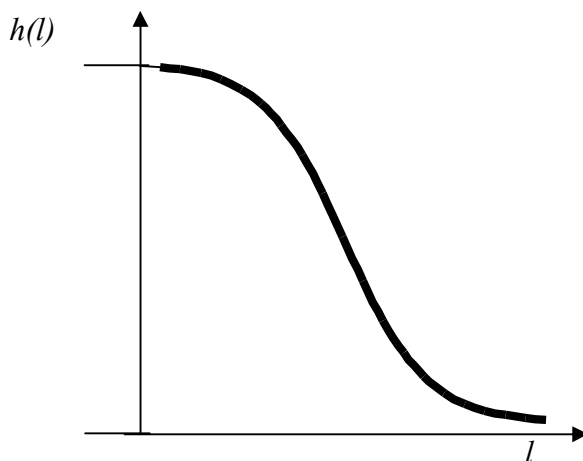


Рис. 1. Форма типового профиля балочного склона

Анализ с применением логистической функции для оценки изменения формы склона и переноса твердых частиц от вершины к подножию позволяет осуществить прогноз экологического состояния почв при эрозионных процессах.

Исходя из принятых допущений, что весь объем твердого материала остается в рассматриваемом профиле, за краевые условия принимается равенство

площадей подынтегральных кривых, отнесенных к различным периодам времени (рис. 2).

Устанавливая равенство площадей сечения рассматриваемых профилей склона, можно определить перемещение в пространстве твердых частиц из одного положения в другое. При этом предполагается, что форма склона описывается логистической функцией.

Исследование динамики изменения формы склона показало, что зависимость коэффициентов B и C от периодов нормированного времени носит линейный характер:

$$B_i = B_0 - (0,033t), \quad (2)$$

$$C_i = C_0 + (2,59t), \quad (3)$$

где $t = 0, 1, 2, \dots, i$; $B_0 = 0,434$; $C_0 = -35$.

Коэффициент A , как было указано выше, является постоянным и равен $69,7$. С учетом приведенных выше допущений уравнение (1) можно представить в виде:

$$h(l) = ((100 - 5t) / (1 + 69,7 \cdot \exp(0,434 - 0,033t) \cdot l + (2,59t - 35))) + 5t. \quad (4)$$

Первые производные логистической функции по ширине сечения профиля склона в периоды времени t продемонстрируют изменение положения точек перегиба на кривых, которые определяют изменение интенсивности эрозионного процесса (рис. 3).

Анализ положения точек перегиба показывает, что с изменением нормированного периода времени от 0 до 10 происходит их смещение вверх, что соответствует снижению интенсивности эрозионных процессов на склонах.

Таким образом, предлагаемая математическая модель на основании логистической кривой дает возможность проводить системный анализ зависимости формы склона от периода его развития. Это, в свою очередь, позволяет прогнозировать уклоны и определять на их основе эрозионную опасность склонов. При этом важно отметить, что применение предлагаемой модели обеспечивает прогнозирование не только изменения формы склона, но и на основании анализа производных позволяет проводить исследования изменения величины уклона (первая производная) по протяженности склона. Анализ третей и последующих производных позволит определить верхнюю и нижнюю границы зон переходов между устойчивыми (эрозионно не опасными) и неустойчивыми (эрозионно опасными) участками склонов.

В итоге моделирование склонов с применением уточненной формулы изменения его формы позволяет установить границы эрозионно опасных участков и при помощи расчетных методов оптимально разместить противоэрозионные насаждения или устройства.

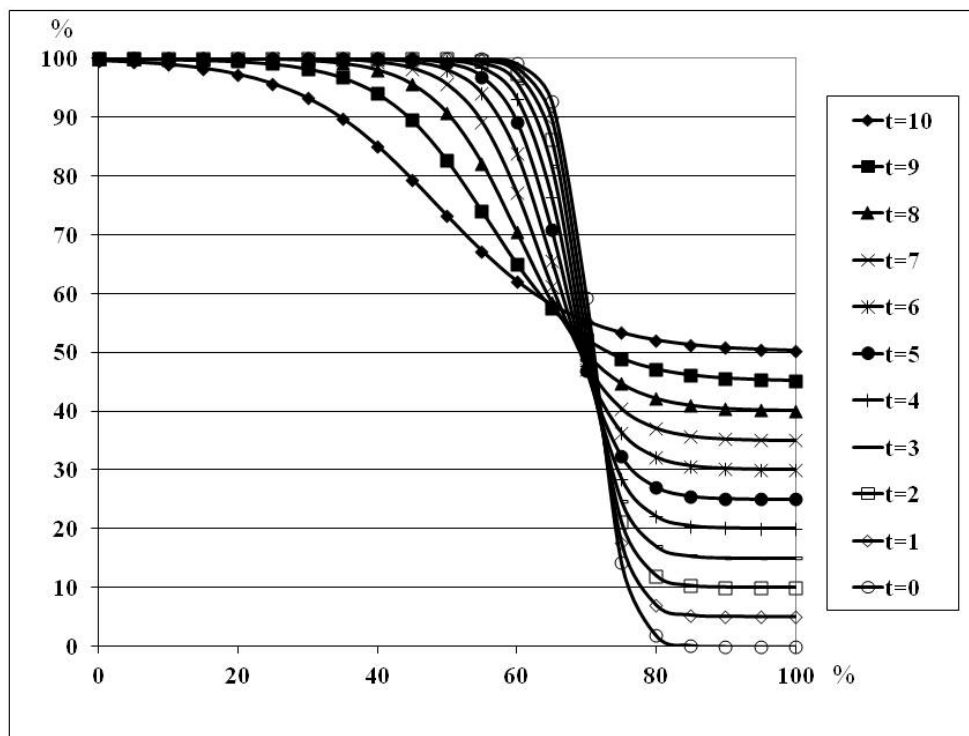


Рис. 2. Изменение профиля склона по периодам времени.

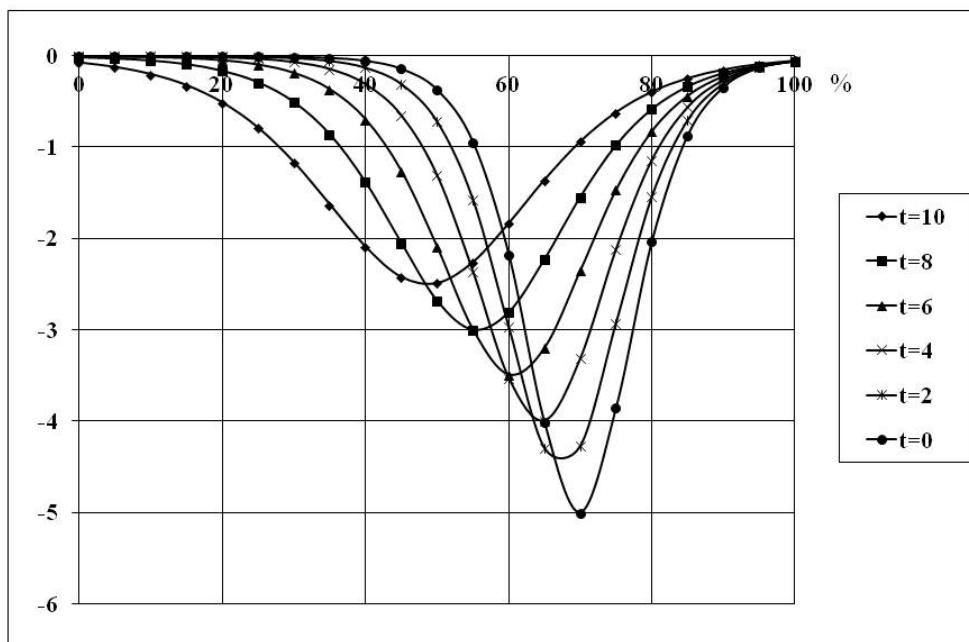


Рис. 3. Изменения положения точек перегиба.

Литература

1. Рулев А. С., Юферев В. Г. Картографо-геоинформационное моделирование в агролесомелиорации // Материалы Всероссийской конференции (с международным участием) «Математические модели и информационные технологии в сельскохозяйственной биологии: итоги и перспективы». 14–15 октября 2010 г., Санкт-Петербург. СПб.: АФИ, 2010. С. 68–71.
2. Тикунов В. С. Моделирование в картографии: учебник. М.: МГУ, 1997. 405 с.
3. Трофимов А.М., Московкин В.М. Математическое моделирование в геоморфологии склонов. Казань: Казанский университет, 1983. 219 с.
4. Гаршинев Е. А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: теория и модели. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.