

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОБЛЕМАХ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Хаширова Т.Ю.<sup>1</sup>, Апанасова З.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Кабардино-Балкарский государственный университет им.Х.М. Бербекова», Нальчик, Россия (360004, Нальчик, ул. Чернышевского, 173), e-mail: khashirova@mail.ru

Одной из наиболее актуальных задач оценки экологического состояния природных ландшафтов является необходимость разработки методов экологической оценки продуктивности ландшафтов. При этом экологическая оценка продуктивности ландшафтов должна, как правило, иметь региональную привязанность и опираться на закономерности, характеризующие функционирование определенных техноприродных систем. Продуктивность растений может быть определена по методике, в основе которой лежит оценка природных ресурсов почвенно-климатической зоны по ряду факторов, а именно: обеспеченности теплом и влагой, фотосинтетической активности солнечной радиации, уровня плодородия почв и др. Для расчета показателя эродированности почвы с учетом рельефа в модели была проведена классификация исследуемой территории на однородные участки по форме и площади водосбора. Такая классификация позволяет учитывать долю антропогенной нагрузки на ландшафт, поразному отражающейся на эрозионных процессах и зависящая от различных факторов, протекающих на исследуемой территории. Предложенная компьютерная модель позволяет оценить влияние эрозионных процессов на продуктивность почвенного покрова.

Ключевые слова: эрозионные процессы, компьютерная модель, экологическая оценка, эродированность почвы

## APPLICATION OF COMPUTER MODELLING IN PROBLEMS OF THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL CONDITION OF NATURAL LANDSCAPES

Khashirova T.Y.<sup>1</sup>, Apanasova Z.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kabardino-Balkarian State University, Nalchik, Russia (360004, Nalchik, Chernyshevsky street, 173), e-mail: khashirova@mail.ru

The assessment of an ecological condition of natural landscapes is one of the main problems of the present. Development of methods of an ecological assessment of efficiency of landscapes can be one of ways of the solution of this problem. The assessment of efficiency of landscapes has to be attached to the concrete region and consider its regularities. Efficiency of plants can be determined by a technique which cornerstone the assessment of natural resources on a number of factors, such as is: security with heat and moisture, level of fertility of soils, etc. For calculation of an indicator of erodibility of the soil taking into account a relief classification of the studied territory on uniform sites grounds was carried out to models. Such classification allows to consider a share of anthropogenous load of a landscape. The offered computer model allows to estimate influence of erosive processes on efficiency of a soil cover.

Key words: erosion processes, computer model, environmental assessment, soil erodibility

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных задач оценки экологического состояния природных ландшафтов является необходимость разработки методов экологической оценки продуктивности ландшафтов, которые должны включать частные оценки продуктивности его составляющих, лежащие в основе комплексной или интегральной характеристики климатических, почвенных и других факторов, оказывающих влияние на продуктивность природных систем. Целью научного исследования было создание компьютерной модели оценки влияния эрозионных процессов на продуктивность почвенного покрова. При этом экологическая оценка продуктивности ландшафтов должна, как правило, иметь региональную привязанность [5], т.е. опираться на закономерности, характеризующие функционирование определенных техноприродных систем.

**Математическое моделирование экологической оценки продуктивности ландшафтов.** Продуктивность растений может быть определена по методике, предложенной И.С.Шатиловым и А.Ф.Чудновским [8], в основе которой лежит оценка природных ресурсов почвенно-климатической зоны по ряду факторов, а именно: обеспеченности теплом и влагой, фотосинтетической активности солнечной радиации, уровня плодородия почв и др.

Продуктивность биотической составляющей ландшафта ( $ПУ$ ) характеризуется уровнем энергетических ресурсов природной системы ( $R$ ), коэффициентом использования свободной энергии ( $\eta_{эн}$ ) и коэффициентом влагообеспеченности территории ( $\eta_e$ ). Значение экологической продуктивности биотической составляющей ландшафта с учетом его влагообеспеченности определяется из соотношения [8]:

$$Y_i = ПУ \cdot \eta_e = R \cdot \eta_{эн} / C \cdot \bar{R}$$

где  $\bar{R}$  – радиационный «индекс сухости»,  $C$  – калорийность единицы урожая органического вещества;  $\eta_{эн}$  – коэффициент использования свободной энергии

$$\eta_{эн} = k_{ФАР} / 100,$$

где  $k_{ФАР}$  – коэффициент использования растениями активной фотосинтетической радиации.

Энергия, затрачиваемая на почвообразование, определяется из соотношения [2]

$$Q_i = R \cdot \exp(-A \cdot \bar{R}),$$

где  $Q_i$  – энергия, затрачиваемая на почвообразование, кДж/см<sup>2</sup>;  $A$  – показатель, учитывающий состояние поверхности почвы (коэффициент эродированности почвы),  $R$  – уровень энергетических ресурсов природной системы,  $\bar{R}$  – радиационный «индекс сухости».

Для расчета показателя эродированности почвы с учетом рельефа в модели была проведена классификация исследуемой территории на однородные участки по форме и площади водосбора. Такая классификация позволяет учитывать долю антропогенной нагрузки на ландшафт, по-разному отражающейся на эрозионных процессах и зависящая от различных факторов, протекающих на исследуемой территории. Так, для горных территорий характерны ландшафты с преобладанием пастбищных угодий, в меньшей степени затронутых человеческой деятельностью. Для предгорных территорий, с большими территориями позволяющими их использовать под агроландшафты, доля антропогенной нагрузки на ландшафт сильно завышена, и факторы, влияющие на эрозионно-аккумулятивные процессы ранжированы иначе. В связи с этим в модели предлагается использовать различные модели.

Для агроландшафтов предгорной территории республики используется методика картометрических вычислений по крупномасштабным картам.

Схема картографического моделирования следующая:

- 1) составляются факторные карты по всем показателям и коэффициентам уравнения;
- 2) путем совмещения различных тематических карт выполняется районирование территории (выделение ареалов по однородности эрозионных процессов);
- 3) по каждому ареалу рассчитывается смыл и процент земель различной категории эрозионной опасности;
- 4) окончательные расчеты представляются в виде карты районирования территории по степени эрозионной опасности.

При моделировании процесса эрозии почвы для расчета показателя ее эродированности ( $A$ ) нами была построена функция, зависящая от трех параметров:

$$A = f(Z_1, Z_2, Z_3),$$

где  $A$  – показатель эродированности почвы;  $Z_1$  – фактор влияния климата условной территории на проявление эрозии;  $Z_2$  – фактор влияния рельефа на проявление эрозии;  $Z_3$  – фактор влияния растительного покрова на предотвращение эрозии.

Из климатических факторов прямое воздействие на интенсивность эрозионных процессов оказывают осадки, вызывающие сток. Для оценки эрозионной опасности обильных дождевых осадков используется эрозионный индекс осадков Уишмейера-Смита:

$$\text{ЭИО} = (I_{30} * KЭ)/100,$$

где  $I_{30}$  – максимальная интенсивность дождя за период 30 мин.;  $KЭ$  – кинетическая энергия дождя. Годовой эрозионный индекс осадков вычисляется суммированием эрозионных индексов отдельных дождей.

Фактор рельефа рассчитывается на основе уравнения Уишмейера —Смита:

$$LS = L^q \cdot W^k,$$

где  $L$  - длина склона.  $W$  - крутизна склона,  $q$  и  $k$  - эмпирические коэффициенты, принимающие соответственно значения 0.3-9.5 и 1.4-1.5. Эрозионные процессы более интенсивны на крутых и протяженных склонах из-за возрастания потенциальной энергии текущей воды.

Для определения опасности развития эрозии в зависимости от состава возделываемых культур, вычисляется средневзвешенное значение проективного покрытия почвы культурами ( $P_{\text{ср.взв.}}$ , %):

$$P_{\text{ср.взв.}} = (P_1 S_1 + P_2 S_2 + P_3 S_3 + \dots + P_n S_n)/100,$$

где  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$  – проективное покрытие почвы данной культурой в эрозионноопасные периоды, в %;  $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$  – площадь, занимаемая данной культурой, в % от общей площади севооборота.

По полученному значению параметра  $A$  можно определить степень эродированности почвы рассматриваемого района в соответствии со шкалой, представленной в таблице:

Значение $A$	Степень эродированности почвы
0..0,1	Не подвержена
0,11..0,3	Слабо эродированная
0,31..0,6	Средне эродированная
0,61..0,9	Сильно эродированная
0,91..1	Деградированная

Для определения параметра, характеризующего экологическую продуктивность почвы, необходимо найти величину потенциально возможной энергии, затраченной на почвообразование -  $Q_{\Pi}$  [2]

$$Q_{\Pi} = R \cdot \exp(-0.9 \cdot A).$$

Таким образом, экологическая оценка продуктивности ландшафтов ( $K_{\Sigma}$ ) определяется соотношением таких осредненных индикаторных величин, как коэффициент продуктивности растений ( $K_p$ ) и почвы ( $K_{\Pi}$ )

$$K_{\Sigma} = K_p \cdot K_{\Pi}$$

где  $K_p$  – коэффициент, характеризующий экологическую оценку продуктивности растительного сообщества

$$K_p = Y_i / \text{ПУ},$$

$K_{\Pi}$  – коэффициент, характеризующий экологическую продуктивность почвы

$$K_{\Pi} = Q_i / Q_{\Pi}$$

Целью нашего вычислительного эксперимента было определение оценки влияния эрозионных процессов на продуктивность почвенного покрова. Оценивались различные уровни эродированности почвенного покрова.

В качестве испытательного полигона рассматривалась территория Баксанского района, в частности сельхозугодия, расположенные вблизи с. Исламей. Разработан программный продукт, реализующий предложенный алгоритм оценки влияния эрозионных

процессов на продуктивность почвенного покрова агроландшафтов рассматриваемой территории. На рисунках 1 и 2 приведены результаты работы программы.

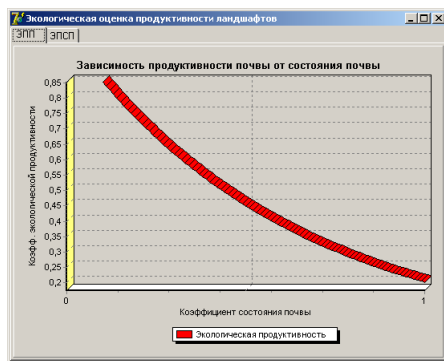


Рис.1. График зависимости продуктивности почвы от состояния почвы

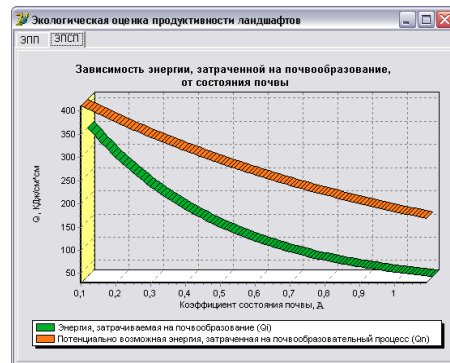


Рис.2. Графики зависимости энергии, затраченной на почвообразование  $Q_i$ , и  $Q_p$  от состояния почвы

Разработанная компьютерная модель позволяет оценить влияние эрозионных процессов на продуктивность почвенного покрова и может быть использована в исследовательских целях.

### Список литературы

1. Апанасова З.В. Построение концептуальной модели оценки экологической стабильности склонов. // Инновационное мышление – современный стиль решения проблем экологии и природообустройства. – Нальчик: «Полиграфсервис и Т», 2010. – 208с.
2. Волобуев, В.Р. Введение в энергетику почвообразования/ Волобуев В.Р. – М.: Наука, 1974. 120 с.
3. Мустафаев Ж.С. Экологическая оценка продуктивности природных систем бассейна реки Шу / Мустафаев Ж.С., Адильбектеги Г.А.// Проблемы генезиса, плодородия, мелиорации, экологии почв, оценки земельных ресурсов. – Алматы, 2002. С. 214-218.
4. Хаширова Т.Ю. Методика оценки экологической стабильности протяженных природных подсистем горных и предгорных ландшафтов. // Природообустройство. Научно-практический журнал, №1, 2012 г.
5. Хаширова Т.Ю., Ламердонов З.Г., Кузнецов Е.В. Системный подход в решении экологических проблем охраны горных и предгорных ландшафтов управлением твердого стока // Экологические системы и приборы. – 2007. – №9
6. Хаширова Т.Ю. Гибкие подпорные стенки, адаптированные к морфологическим условиям рек / З.Г. Ламердонов, А.Х. Дышеков, Т.Ю. Хаширова // Гидротехническое строительство. – 2004. – №1. – С.15 -20.

7. Хаширова Т.Ю. Усовершенствованная конструкция фронтального водозабора с карманом / З.Г. Ламердонов, А.Х. Дышеков, Т.Ю. Хаширова // Гидротехническое строительство.–2005.– №3.– С.42 – 45.

8. Шатилов, И.С. Агрофизические, агрометеорологические и агротехнические основы программирования урожая / Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. 320 с.

**Рецензенты:**

Анахаев К.Н., д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки КБР, зам. директора по селевой проблематике ФГБУ «Высокогорный геофизический институт», г. Нальчик;

Ламердонов З.Г., д.т.н., профессор, Кабардино-Балкарский аграрный университет, г. Нальчик.