

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЛЯЦИИ АРИДНЫХ ПАСТБИЩ С ПОМОЩЬЮ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ

© 2017 г. К.Н. Кулик, А.Н. Салугин

*Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций  
и защитного лесоразведения РАН*

*Россия, 400062, г. Волгоград, Университетский пр-т, д. 97. E-mail: [saluginan@mail.ru](mailto:saluginan@mail.ru)*

Изучена динамика экологического состояния почвенно-растительных систем Черных земель Калмыкии. Механизм разрушения и восстановления пастбищ представлен в приближении однородных и неоднородных марковских процессов. Эргодичность поведения экосистем предопределила эффективность применения математического аппарата цепей Маркова при моделировании сукцессионной динамики и составлении прогнозов. Сравнение стационарных распределений экосистем, полученных из матриц с высокими степенями, позволило выявить нелинейность динамики их функционирования и определить особые точки (точки бифуркаций). Появилась возможность определить время жизни устойчивого функционирования растительных сообществ на пастбищах. Установлено, что динамическая модель на базе эргодических матриц способна осуществлять долгосрочные прогнозы. Сделан вывод о том, что точки бифуркации связаны с сукцессионной динамикой экосистем. Выявленная функциональная связь между площадью пастбищ и животной нагрузкой позволила определить пределы нагрузки экосистем Черных земель, определив практическую сторону исследований. Показано, что марковские цепи (МЦ) можно применять в управлении динамикой кормовых запасов пастбищ при решении проблем рационального природопользования.

*Ключевые слова:* математическое моделирование, сукцессионные переходы, марковские цепи, динамика и эволюция пастбищных систем, экосистема.

## MODELING DEFLATION OF ARID ECOSYSTEMS WITH MARKOV CHAINS

© 2017. K.N. Kulik, A.N. Salugin

*Federal scientific center of agroecology, complex melioration and protective afforestation of RAS  
Russia, 400062, Volgograd, Universitetsky Avenue, 97. E-mail: kulikkn@yandex.ru*

The dynamics of the ecological state of soil-vegetation system (SVS) of the Chyornye Zemli of Kalmykia is studied. The mechanism of destruction and reconstruction of pastures is presented in the approximation of homogeneous and nonhomogeneous Markov processes. Ergodicity behavior of ecosystems predetermined the efficiency of application of mathematical apparatus of Markov chains (MC) in modeling the successional dynamics and forecasting. Comparison of stationary distributions of ecosystems obtained from matrices of high degree identified the nonlinearity of the dynamics of their operation, and determined singular points (points of bifurcation). It became possible to determine the lifetime of stable functioning of plant communities on pastures. It is ascertained that the dynamic model based on ergodic matrices is capable of long-term forecasting. It is concluded that the bifurcation points are associated with the successional dynamics between ecosystems. The identified functional link between the pasture area and animal load allowed the determination of the limits of loading on ecosystems of Chyornye Zemli and the identifying of the practical aspect of research. It is shown that Markov chains can be used in managing the dynamics of the fodder resources of pastures when development of problems of rational nature use.

*Keywords:* mathematical modeling, succession processes, Markov chains, dynamics and evolution of pasture systems, ecosystem.