

ПАРАМЕТРЫ МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА КАК ОСНОВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

Н.В. Попова

Российская международная академия туризма
ул. Октябрьская, 10, Сходня, Московская область, 141420

Описаны параметры малого биологического круговорота, которые использованы как основа для создания прогнозной модели функционирования экосистем. Построена картосхема зонально-региональных закономерностей распределения экосистем с различными типами функционирования.

В основу создания шкалы типов функционирования экосистем суши положены: расчетные данные Вперв/Воб и Кгд, величина подстилично-опадного коэффициента, скорость освобождения химических элементов, параметры экологических ниш по климатическим (теплообеспеченность, увлажнение, реакция среды) и биологическому (величина наземного опада) градиентам [1; 2; 3; 4]. Оценка произведена в баллах от 1 до 7, где наименьшему баллу соответствует минимальная стабильность, а наибольшему — максимальная (табл. 1).

Таблица 1.

Шкала оценки круговорота в основных географических ареалах по различным параметрам

Запасы подстилки, т/га	Интенсивность высвобождения химических веществ из органического вещества	Отношение первичной продукции к общей живой фитомассе (Вперв/В об) и Кгд	Скорость накопления разложения органического вещества	Параметры экологической ниши по:			
				величине наземного опада	температуре	коэффициент, увлажнения, Ку	pH
0,3	1	1	1	1	3	1	1
1,3	1	4	1	2	4	1	2
1,7	2	2	1	4	4	1	1
2,0	3	6	1	4	2	3	3
3,3	3	1	1	2	4	2	3
10	5	6	6	4	4	3	3
12	7	7	7	4	4	2	3
15	6	3	5	4	4	1	3
33	4	5	4	4	3	4	4
85	3	5	2	4	3	3	3
141	2	7	1	4	4	2	4

Ареал с мощностью напочвенного органогенного горизонта 0,3 т/га характеризуется низкой устойчивостью (1 балл), нарушаемой только в экологической нише, выделенной по температуре (третий тип ниши). В этом случае резистентная устойчивость объекта резко ослаблена, при изменении гидротермических

условий подстилка способна поддерживать свое состояние за счет проявления пластичности и, гораздо меньше, упругости. Ареал обладает повышенным запасом гомеостатичности по температурному градиенту, с потенциальной устойчивостью упруго-пластичного типа.

Ареал сухих степей (1,3 т/га) при низкой общей устойчивости отличается достаточно высокой сбалансированностью круговорота. Теплообеспеченность является тем фактором, относительно которого устойчивость подстилки можно рассматривать как высокоинерционную систему с элементами пластичности. В то время как по соотношению подстилка/величина наземного опада и рН среды ареал относится ко второму типу экологической ниши, когда основные состояния подстилки сосредоточены в узкой части экологического оптимума, а резистентная устойчивость — слабая.

В целом устойчивость ареала с запасами подстилки 1,6 т/га можно оценить как достаточно низкую, о чем свидетельствуют показатели малого биологического круговорота и интенсивности освобождения химических элементов. Однако она, как и в других экосистемах, имеет неоднозначный характер и оценивается спектром параметров, отражающим степень устойчивости подстилки к внешним воздействиям. Так, экологическая ниша по величине наземного опада и температурным условиям относится к четвертому типу ниш, что позволяет (относительно этих параметров) считать экосистему устойчивой с элементами пластичности, когда вышеперечисленные факторы могут варьировать в достаточно широких пределах, не причиняя «ущерба» устойчивости ареала.

Для влажных тропических лесов с мощностью напочвенного органогенного горизонта 1,9 т/га отмечается достаточно высокий уровень устойчивости, что обеспечивается, главным образом, за счет сбалансированности круговорота. Высокая скорость разложения органического вещества опада существенно снижает устойчивость экосистемы, т.к. подстилка подвержена быстрым изменениям: в течение максимально возможного на суше периода биологической активности мертвое органическое вещество не успевает накапливаться и не может служить буферной зоной экосистемы. Это подтверждает и тот факт, что варьирование величины опада не сказывается на устойчивости биогеоценоза, в то время как ниша по условиям увлажнения и рН среды подтверждает низкую резистентную устойчивость объекта при достаточно высокой пластичности.

Ареал арктических тундр с запасами подстилки 3,3 т/га формируется в суровых условиях низких температур, относительно которых экосистема принадлежит к четвертому типу ниш. Это указывает на высокую буферность и пластичность объекта по градиенту фактора, т.е. объект наиболее толерантен к изменениям температуры. Этого нельзя сказать о реакции среды, количеству наземных растительных остатков и условиях увлажнения. Экологические ниши по этим показателям характеризуют ареал как обладающий слабой резистентной устойчивостью с незначительным проявлением пластичности и еще меньше — упругости. Несбалансированность круговорота в экосистеме, низкий балл интенсивности освобождения химических веществ и величины подстильно-опадного коэффици-

ента подтверждает недостаточную устойчивость биогеоценоза к внешним воздействиям.

Существенно увеличивается устойчивость в растительных сообществах субтропических лесов с мощностью напочвенного органогенного горизонта 10 т/га. Значительная часть показателей (5 и 6 баллы устойчивости по круговороту и интенсивности освобождения химических элементов) определяют экосистему как обладающую высокой потенциальной устойчивостью. Структура экологической ниши третьего и четвертого типа характеризует высокую гомеостатичность и буферность, когда подстилка может варьировать своими структурными переменными без качественных преобразований в максимально возможном диапазоне градиций факторов (величина наземного опада, гидротермические условия, реакция среды). Устойчивость экосистемы нарушается только относительно интенсивности разложения мертвых растительных остатков (1 балл), которая отличается высокой скоростью и существенно снижает запасы подстилки в ареале и буферность системы в целом.

Лесостепные экосистемы с запасами степного войлока 12 т/га на фоне максимальных показателей устойчивости по сбалансированности малого биологического круговорота, интенсивности освобождения химических элементов из органического горизонта и скорости разложения органического вещества отнесены к четвертому типу температурной и биологической ниши, к третьему типу — по нише рН среды и второму — по условиям увлажнения. Условия увлажнения и реакция среды для ареала — те факторы, которые невозможно варьировать в широком диапазоне, т.к. это неизбежно выведет экосистему за пределы области гомеостазиса, поэтому ей необходимо перестраиваться только в пределах данного диапазона.

Ареал широколиственных лесов с мощностью напочвенного органогенного горизонта 15 т/га характеризуется высокой потенциальной устойчивостью, обусловленной тем, что интенсивность освобождения химических элементов и скорость разложения растительных остатков достаточно высоки. Подстилка экосистемы относится к четвертому типу биотической и температурной ниш, что подтверждает максимально возможную гомеостатичность. В то же время биогеоценоз относится к третьему типу ниши по реакции среды, что обуславливает потенциальную устойчивость упруго-пластичного типа, когда резистентная устойчивость подстилки резко ослаблена, однако при изменении внешних условий она способна поддерживать свое состояние за счет проявления пластичности. Минимальная устойчивость ареала отмечается по градиенту условий увлажнения, т.е. объект быстро выходит из состояния равновесия даже при незначительном изменении фактора.

Ареал хвойнотаежных лесов (33 т/га) отличается высокой потенциальной устойчивостью по показателям сбалансированности малого биологического круговорота, интенсивности освобождения химических элементов. Несколько ниже балл устойчивости по скорости разложения мертвого органического вещества,

что объясняется сезонной деятельностью редуцентов на фоне небольшого периода биологической активности. Ареал относят к четвертому типу биотической (величина наземного опада) и климатической ниши (условия увлажнения и реакция среды), что обеспечивает максимальной возможный запас гомеостатичности. Несколько ниже этот показатель в температурной нише ареала, где резистентная устойчивость объекта снижается, зато увеличивается пластичность, и несколько меньше — упругость. В целом высоким уровнем потенциальной устойчивости характеризуется ареал кустарничковых тундр: высокий запас «прочности» отмечается по показателям малого биологического круговорота и его сбалансированности, значительно меньший — по интенсивности разложения наземного опада, что обусловлено, в первую очередь, климатическими условиями. Ареал можно отнести к четвертому типу экологической ниши относительно величины наземного опада (максимально возможная устойчивость и возможность варьирования градаций фактора).

Несмотря на то что ареал с мощностью напочвенного органогенного горизонта 141,4 т/га имеет интразональный характер, его устойчивость также возможно описать системой параметровоза. Относительно сбалансированности круговорота ареал обладает максимальной потенциальной устойчивостью, в то время как скорость высвобождения химических элементов и интенсивность процессов трансформации органического вещества носят сильно заторможенный характер, позволяющий накапливать значительные запасы подстилки, богатые химическими элементами. Объект относится к четвертому типу ниши по величине наземного опада, температуре и реакции среды, что подтверждает высокую потенциальную устойчивость и буферность системы в целом, с элементами пластичности. Подстилка ареала может варьировать своими переменными в максимально возможном диапазоне градаций, но за пределы области гомеостазиса объект вывести очень сложно. Совершенно иная ситуация складывается относительно условий увлажнения: второй тип ниши предусматривает возможность поддерживать свое состояние при изменениях коэффициента увлажнения за счет упругости вблизи экологического оптимума и в меньшей степени пластичности в диапазоне «размытых» ветвей ниши. По градиенту условий увлажнения на фоне высокой потенциальной устойчивости ареал характеризуется умеренной пластично-упругой устойчивостью.

Таким образом, максимальная стабильность функционирования круговорота отмечена для лесостепных экосистем, хвойнотаежных лесов и болот Западной Сибири, к северу и югу этот показатель снижается. На севере минимум наблюдается в арктических пустынях, на юге — в пустынных сообществах. В ареалах кустарничковых степей на севере, широколиственных и субтропических лесов на юге уровень устойчивости умеренный [1; 2; 3; 4].

Пользуясь шкалой параметров круговорота в основных географических ареалах, составлены наглядные графические схемы, показывающие особенности каждого ареала (рис. 1).

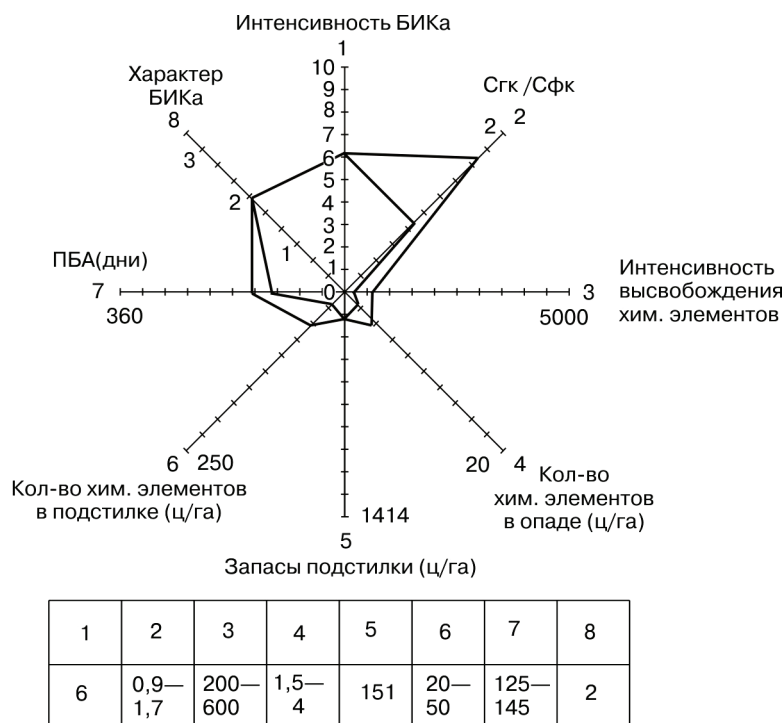


Рис. 1. Пиктограммы, отражающие параметры малого биологического круговорота и факторов среды в основных географических ареалах:

А — ареал с запасами подстилки 151 ц/га (широколиственные леса), 1 — интенсивность БИКа, 2 — соотношение Сгк/Сфк, 3 — интенсивность высвобождения химических элементов, 4 — количество химических элементов в опаде, ц/га, 5 — запасы подстилки, ц/га, 6 — количество химических элементов в подстилке, ц/га, 7 — ПБА, дни, 8 — характер БИКа. Количественные данные приведены в таблице по каждой пиктограммой

Классификация типов функционирования экосистем нуждается в существенной доработке за счет выяснения других диагностических признаков круговорота. Однако ясно, что она будет строиться на теоретической оценке параметров малого биологического круговорота в основных экосистемах суши.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Попова Н.В. Методика диагностики устойчивости экосистем суши по количественным и качественным параметрам органогенных горизонтов почв // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2005. — № 10. — С. 38—42.
- [2] Попова Н.В. Диагностика устойчивости экосистем с помощью системы числовых показателей // Экономика природопользования. — 2006. — № 1. — С. 45—49.
- [3] Попова Н.В. Методика диагностики устойчивости экосистем по качественным и количественным параметрами органогенных горизонтов // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2006. — № 10. — С. 85—88.
- [4] Попова Н.В. Методика определения экологических ниш ареалов с позиций их потенциальной устойчивости // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2006. — № 10. — С. 77—81.

- [5] *Попова Н.В., Добродеев О.П.* Анализ ландшафтов суши по распределению запасов напочвенной подстилки в них // Тезисы докладов 6 Международной конференции «Математика. Компьютер. Образование». — 1999. — С. 89—90.

**PARAMETRES OF SMALL BIOLOGICAL CIRCULATION
WHICH ARE USED AS A BASIS FOR CREATION
OF LOOK-AHEAD MODEL OF FUNCTIONING
OF ECOSYSTEMS**

N.V. Popova

Faculty «Design of the architectural environment»
Russian the International Academy of Tourism
October str., 10, Shodnya, Moscow area, 141420

Parametres of small biological circulation which are used as a basis for creation of look-ahead model of functioning of ecosystems are described. It is constructed map zonalno-regional laws of distribution of ecosystems with various types of functioning.