

ШКАЛА ОЦЕНКИ МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТИПОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ ОСНОВНЫХ БИОГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЗОН МИРА

Н.В. Попова

Государственный университет по землеустройству
ул. Казакова, 15, Москва, Россия, 105064

Показано, что параметры малого биологического круговорота и параметры экологических ниш могут быть использованы для прогнозирования типов функционирования экосистем. Типы функционирования экосистем описаны с точки зрения потенциальной устойчивости, основным индикатором которой является подстилка.

Ключевые слова: экосистема, напочвенный органогенный горизонт, типы функционирования, подстилка, экологические ниши, экологические факторы.

В основу создания шкалы типов функционирования экосистем суши положены расчетные данные $V_{перв}/V_{об}$ и $K_{гд}$, величина подстильно-опадного коэффициента, скорость освобождения химических элементов, параметры экологических ниш по климатическим (теплообеспеченность, увлажнение, реакция среды) и биологическому (величина наземного опада) градиентам [1—7]. Оценка произведена по шкале от 1 до 7 баллов, 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	Интенсивн. высв. хим. в-в из орг. в-ва	Отношение перв. пр. к общ. жив. фитомассе ($V_{перв}/V_{об}$) и $K_{гд}$	Скорость накопления разложения орг. в-ва	Параметры экологической ниши			
				по величине на. опада	по температуре	по K_u	по 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,	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, 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 подстилки и величины 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 органического 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, так как 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, количестве 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 коэффициента подтверждает недостаточную устойчивость биогеоценоза к внешним воздействиям.

Существенно увеличивается устойчивость в растительных сообществах субтропических лесов с мощностью напочвенного органического горизонта 10 т/га. Значительная часть показателей (5 и 6 баллов 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, так как это неизбежно выведет экосистему за пределы области гомеостаза, 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 хвойногазовых 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 четверто-

му типу экологической ниши относительно величины наземного опада (максимально возможная устойчивость и возможность варьирования градаций фактора).

Несмотря на то, что ареал с мощностью почвенного органического горизонта 141,4 т/га имеет интразональный характер, его устойчивость также возможно описать системой параметров. 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 гомеостаза 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.

Карта, отражающая стабильность круговорота в экосистемах суши, показана на рис. 1.

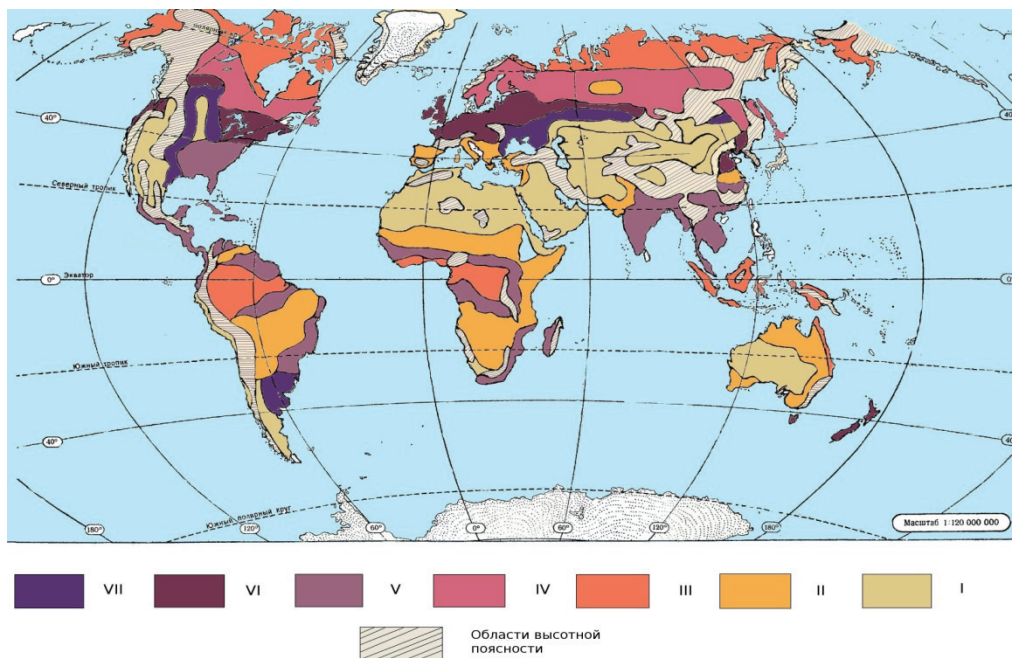


Рис. 1. Картограмма типов функционирования основных географических ареалов (римские цифры — баллы устойчивости, 0,3 т/га — запасы подстилки в ареале)

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.

Наглядные графические схемы, показывающие особенности каждого ареала, составлены и использованием шкалы параметров круговорота в основных географических ареалах, (рис. 2).

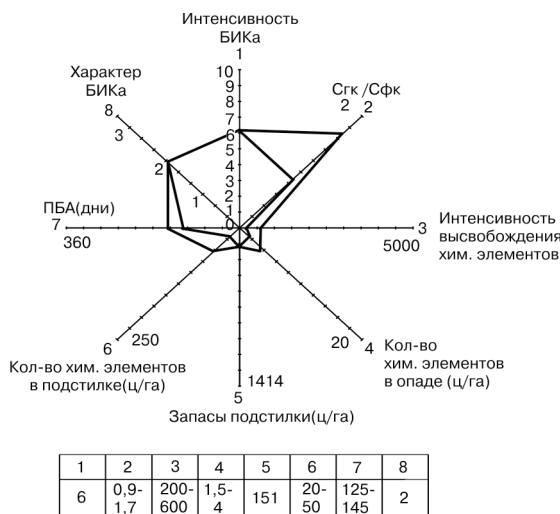


Рис. 2. Параметры малого биологического круговорота и факторов среды в основных географических ареалах:

- А — ареал с запасами подстилки 15 т/га (широколиственные леса); 1 — интенсивность БИКа;
- 2 — соотношение $C_{гк}/C_{фк}$; 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

Классификация типов функционирования экосистем нуждается в существенной доработке путем 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.* Диагностика устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества подстилки и других органогенных горизонтов // Проблемы окружающей среды и рационального природопользования. — 2006. — № 10. — С. 81—85.
- [6] *Попова Н.В.* Методы использования данных по скорости освобождения химических элементов из подстилки для диагностики устойчивости экосистем // Экологические системы и приборы. — 2007. — № 4. — С. 16—21.
- [7] *Попова Н.В.* Диагностика устойчивости экосистем по интенсивности процессов трансформации органического вещества подстилки и других органогенных горизонтов // Экологические системы и приборы. — 2007. — № 5. — С. 3—8.

**SCALE OF AN ESTIMATION
OF SMALL BIOLOGICAL CIRCULATION AS A BASIS
FOR FORECASTING OF TYPES OF FUNCTIONING OF ECOSYSTEMS
OF THE BASIC BIOGEOGRAPHICAL ZONES OF THE WORLD**

N.V. Popova

Soil science, ecology and wildlife management
The state University on Land management
Kazakova str., 15, Moscow, Russia, 105064

It is shown that parametres of small biological circulation and parametres of ecological niches can be used for forecasting of types of functioning of ecosystems. Types of functioning of ecosystems are described from the point of view of the potential stability which basic indicator is the laying.

Key words: Ecosystem, soil organic horizon, functioning types, a laying, ecological niches, ecological factors.