

## ФРАКТАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ НОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ УСТОЙЧИВОСТИ ЭКОСИСТЕМ

**Насонов А.Н.**

*ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева», Россия*

adn22@yandex.ru,

**Кульнев В.В.**

*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный педагогический университет», Россия*

kulneff.vadim@yandex.ru,

**Цветков И.В.**

*ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», Россия*

mancu@mail.ru

Для управления природопользованием и перехода к рациональному природопользованию необходимо оценить возможные риски нарушения стабильности развития экосистемы (экологические риски) на основе нормирования уровней антропогенной нагрузки по показателям устойчивости экосистемы. Это позволит маркировать режимы хозяйственной эксплуатации экосистем с учетом их толерантности не одним показателем состояния (ПДК, КИЗА, УКИЗВ, и пр.), а несколькими:

- Показатель избыточности антропогенных факторов, приводящих к “перегреву” экосистемы, по достижению которого необходимо понизить уровень антропогенной нагрузки, т.е. сменить режим хозяйственной эксплуатации экосистемы, чтобы не допустить ее бифуркации. Как вариант природоохранных мероприятий при этом – отказаться от технологий, нарушающих предельность техно-природного цикла из-за транспортирования в природную среду таких ингредиентов загрязнений, с которыми она самостоятельно справиться не может, [1;2]
- Показатель дефицита факторов (ресурсов) развития, приводящих к нарушению воспроизводимости экосистемы, по достижению которого необходимо полностью прекратить хозяйственную эксплуатацию экосистемы и приступить к ее рекультивации. В противном случае экосистема будет уничтожена за конечное время, [1;3].

Очевидно, что причиной дефицита ресурсов экосистемы, ее упрощения и утраты конкурентоспособности является нарушение предельности техно-природного цикла и, как следствие, развитие кризисных процессов, [1;2]. Именно поэтому одной из основных задач стратегии устойчивого развития РФ №151-р., обеспечивающей повышение стандартов социальных технологий при переходе к рациональному природопользованию, является внедрение новых малоотходных технологий с максимальной предельностью хозяйственного цикла.

Оценка нарушений предельности или нормативности хозяйственной эксплуатации экосистемы может быть осуществлена через нормирование по показателям устойчивости, для чего предлагаются следующие процедуры:

1. Считаем интегральное значение избыточности антропогенного фактора, как среднее значение фрактальных показателей процессов, формирующих смещения от оптимума в сторону усиления стохастичности состояний (с фрактальными показателями  $(1,5 < D < 2)$ )

$$\sum Dn / \quad (1)$$

Показателем избыточности антропогенного фактора (“перегрева” экосистемы) будем считать соотношение:

(2)

2. Аналогично рассчитываем интегральное значение дефицита факторов развития, как среднее значение фрактальных показателей процессов, формирующих смещения от оптимума в сторону усиления детерминированности состояний (с фрактальными показателями  $(1 < D < 1,5)$ )

$$\sum Dm / m \quad (3)$$

Показателем нарушения воспроизводимости экосистемы будем считать соотношение:

(4)

Для идентификации групп антропогенных факторов риска необходимо проанализировать нормированные показатели нагрузок (2-4) с использованием решающих правил, табл.1

Табл.1- Правила ранжирования антропогенных факторов по показателям устойчивости экосистемы

Показатели нарушения устойчивости экосистемы		Качественная оценка экологического риска
Показатель избыточности факторов		(антропогенный “перегрев” экосистемы)
<1		Низкий
1		Средний (предельно допустимый)
>1		Высокий
Показатель дефицита факторов (ресурсов) развития (нарушения воспроизводимости экосистемы)		
<1		Высокий
1		Средний (предельно допустимый)
>1		Низкий

Из формул 1-4 следует, что замкнутому техно-природному циклу соответствует сумма нормируемых показателей по всему спектру антропогенных факторов равная 0 (антропогенные факторы компенсируются биотической составляющей). Чем более отлична от нуля эта сумма, тем сильнее выражено смещение состояний экосистемы от оптимума, трактуемого как непотревоженная биота, [4;5]

Представленные модели нормирования уровней антропогенной нагрузки по показателям устойчивости экосистемы могут быть эффективно использованы в структуре информационного обеспечения экологического мониторинга в задачах управления природопользованием, зонирования территорий, контроля состояний и динамики развития экосистем селитебных территорий, охраняемых природных ландшафтов.

### Литература

1. Арманд А.Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий // Устойчивость геосистем. М.: Наука, 1983. С. 14 – 32.
2. Пелипенко О. Ф. Системная экология: учебное пособие. - Ростов-На-Дону: Издательство Южного Федерального Университета, 2008. - 128 с.
3. Арнольд В.И. “Жесткие” и “мягкие” математические модели. - М.: МЦНМО, 2004.-32с.
4. D. V. Kozlov, A. N. Nasonov, I.V.Tsvetkov “Multifractal Principles of Aquatic Ecosystem Development Control by Algalenosis Correction” Water Resources Vol. 44, No. 2, 2017. pp. 259-267
5. Насонов А.Н., Цветков И.В., Комплексная оценка природно-антропогенных объектов фрактальными методами / Сборник материалов 14 Всесоюзной научно-технической конф. Состояние и проблемы измерения, МГТУ им. Н.Э. Баумана:- 2017. с.70-73.