# КРИВАЯ ТОЛЕРАНТНОСТИ ДЛЯ КСЕНОБИОТИКОВ: ПАРАДОКСАЛЬНОЕ НЕСООТВЕТСТВИЕ УСТОЯВШИМСЯ ВЗГЛЯДАМ

**С.С. Руденко, Т.В. Филипчук**
*Черновицкий национальный университет, г. Черновцы, Украина*
*rud@chnu.cv.ua*

Прошло 95 лет со дня выхода в свет труда В. Шелфорда «Animal Communities in Temperate America» («Сообщества животных в умеренной зоне Америки»), в котором впервые был описан закон толерантности организмов к экологическим факторам. С тех пор, во всех учебниках по экологии, даже далеко за пределами США, как иллюстрация к закону толерантности Шелфорда подается кривая нормального распределения. Есть она неизменным атрибутом и всех отечественных учебников, учебных пособий и справочников по экологии. В то же время, невзирая на неоспоримость сути самого закона, нами были обнаружены определенные несогласованности, которые касаются как характера кривой, которая иллюстрирует закон, так и показателей, которые отмечаются разными авторами на осях координат при ее построении.

Как отмечается в классических учебниках по математике [1], нормальная кривая симметрична относительно прямой $x=a$ и при $x=\pm\infty$ неограниченно приближается к оси абсцисс (эта ось является асимптотой кривой). Возникает вопрос, почему подавляющее большинство авторов, вопреки алгебраическим правилам, иллюстрируют толерантность организмов на градации факторов *кривой нормального распределения*, *которая своими концами касается оси абсцисс*. По нашему мнению, причиной этого является неопровержимый факт, что за критическими точками начинается „зона смерти”, то есть, в конце концов, в какой-то из точек проявления биологической активности должны совсем прекратиться и, по крайней мере, снизиться к нулю (не говоря о возможности пересечения оси абсцисс и приобретения негативных значений при деградационных процессах, связанных со смертью). Желание авторов это продемонстрировать наталкивается на отсутствие такого свойства у функции нормального распределения.

Следовательно, кривая нормального распределения не допускает факта понижения биологической активности организма к нулевой отметке. Это обстоятельство осложняет обозначение границ зоны пессимума. Ведь за пределами этой зоны должна находиться зона не совместимая с жизнью, то есть зона смерти. Переход от зоны пессимума к зоне несовместимой с жизнью должен происходить через точки минимума и максимума. Последним (критическим) точкам должны отвечать нулевые значения функции, поскольку критические точки ограничивают зону экологической валентности вида. Вместо этого, как отмечалось выше, кривая нормального распределения никогда не приобретает нулевых значений.

В силу этих несогласованностей возникает вопрос, какой вид имеет кривая, иллюстрирующая закон Шелфорда в интерпретации самого автора?

Анализ нами оригинала труда В. Шелфорда «Animal Communities in Temperate America» позволил выяснить, что сам автор закона не использовал для его иллюстрации ни одной графической математической зависимости, а ограничился лишь такой схемой:

Минимальная граница стойкости    Зона оптимума    Максимальная граница стойкости
Отсутствие | ⇐ Спадание | Место проживания или | Спадание ⇒ | Отсутствие
центр распространения,
наибольшее обилие

Рис. 1. Распространение или число индивидуумов любых видов по В. Шелфорду [2, с.303].

Тогда возникает второй вопрос, кто из авторов впервые предложил графическую иллюстрацию к закону Шелфорда в виде кривой? Наш поиск засвидетельствовал, что таким автором можно считать Ф. Рутнера [3], который экстраполировал закон Шелфорда на физиологичные функции организма, такие как интенсивность роста и размножения (рис. 2).

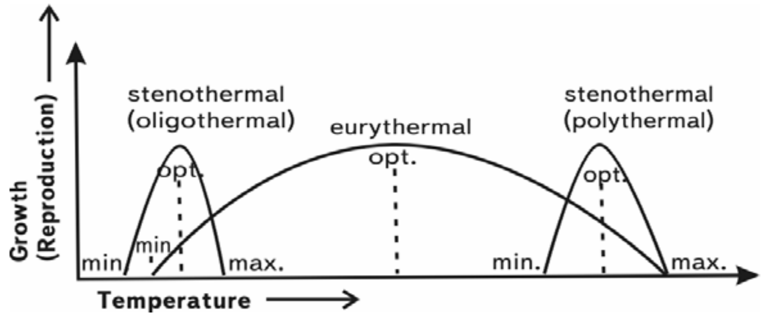


Рис. 2. Сравнение относительных границ толерантности стенотермных и эвритермных организмов (по Ф. Рутнеру, 1953 г.)

Для иллюстрации зависимости биологической активности организма от дозы фактора этот автор впервые предложил *параболическую кривую, ветви которой идут стремительно вниз и касаются оси абсцисс,* что не противоречит признанным математическим правилам. При этом, следует заметить, что если кривая нормального распределения относится к условным функциям, то парабола – к функциям, которые описывают истинные функциональные зависимости.

Между тем, парабола является симметричной функцией, и из-за этого не может описать действия на организм ряда факторов. Можно согласиться, что в случае фундаментальных факторов кривая, действительно, может быть симметричной. Ведь, в данном случае, для организма вредным будет как недостаток фактора, так и его избыток. В то же время, можно ожидать, что дефицит или полное отсутствие ксенобиотиков, или других вредных для организма факторов, не будет иметь такого же веса как их сверхпороговое количество. Левый конец кривой толерантности организмов к таким факторам никогда не будет касаться оси абсцисс. Правый конец, который отвечает очень высоким дозам фактора, очевидно, может опускаться к оси абсцисс. Следовательно, влияние на организм инородных, или других вредных факторов должен описываться функциями болем высоких степеней чем вторая (то есть параболическая). Наиболее простым и точным способом получения таких функций является метод степенных ортогональных полиномов Чебышева [4]. Последний позволяет получить большой арсенал моделей, главное отличие которых – отсутствие асимптот (верхней и нижней). Ветви таких функций продолжаются без постепенного приближения к любой из границ и без предположения, что они достигнут этой границы (асимптоты) при неограниченном увеличении аргумента.

Нами выдвигается гипотеза: влияние на организм фундаментальных экологических факторов описывается симметричной (параболической) кривой толерантности, тогда как аппроксимация влияния ксенобиотиков будет иметь асимметричный характер кривых, который описывается полиномами высоких степеней.

## Литература


1. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений. – М.: Наука, 1968.– 298с.
2. Shelford V.E. Animal Communities in Temperate America. – Chicago: The University of Chicago Press, 1913.– 376 p.
3. Ruttner F. Fundamentals of limnology. – Toronto: University of Toronto Press, 1953.– 295 p.
4. Мышкис А. Д. Лекции по высшей математике. – М.: Наука, 1973.– 640с.