

УДК 574.5; 561.26

Л.В. РАЗУМОВСКИЙ

Федеральное гос. бюджетное учреждение науки, Институт водных проблем РАН,
ул. Губкина, 3, 119991 Москва, Россия
e-mail: razum@aqua.laser.ru

ГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ ОЗЕРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО ТАКСОНОМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЕ ДИАТОМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Анализируются изменения таксономической структуры в диатомовых комплексах озерного генезиса под воздействием абиотических факторов. Применен авторский метод графического анализа диатомовых комплексов. Выделено три типа распределения таксономических пропорций, которые формируются под воздействием природных абиотических факторов: экспоненциальный, логистический и линейный. Два первых типа соответствуют прижизненным таксономическим пропорциям, которые объективно отражают естественную экологическую обстановку в озерах. Третий тип (линейный) соответствует комплексам, которые подверглись процессам переноса и переотложения. Установлено три модели трансформации их таксономической структуры. Первая модель трансформации характерна для малых озер (< 1 км²), вторая – для озер среднего размера (1–4 км²). Обе модели имеют место при негативном воздействии извне и стабильных параметрах самой экосистемы. Третий тип может наблюдаться в озере любого размера, если меняются физико-химические свойства самой водной среды или морфометрические параметры водоема.

Ключевые слова: диатомовые комплексы, озерные экосистемы, графический анализ.

Введение

Диатомовый анализ считается одним из наиболее информативных методов оценки трансформаций, происходящих в озерных экосистемах. Вместе с тем, он имеет значительный неиспользованный информационный резерв. Наглядным подтверждением этого факта является метод графического анализа таксономических пропорций в диатомовых комплексах.

Основная цель наших многолетних исследований – разработка классификационных признаков трансформации озерных экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов для совершенствования методов биоиндикации и палеореконструкций.

Материалы и методы

Метод графического сопоставления разработан нами при пространственном анализе диатомовых комплексов из современных озерных осадков (Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2010). Были исследованы более 90 озер из различных регионов Европейской части России. Анализ трансформации структуры диатомовых комплексов во времени был изучен по колонкам донных отложений из 8 озер, расположенных в различных ландшафтно-климатических зонах Европейской части России (Разумовский, Гололобова, 2009; Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2010; Разумовский, Разумовский, 2013; Разумовский и др., 2014).

© Л.В. Разумовский, 2014

При графическом анализе для каждого диатомового комплекса определяется относительная численность всех идентифицированных таксонов видового и более низких рангов (далее в тексте – таксонов). При построении графиков по оси абсцисс откладывается число идентифицированных таксонов, а по оси ординат – их относительная численность (при выборке не менее 200 створок). Таксоны ранжируются по показателю относительной численности в сторону его уменьшения. По относительной численности таксоны разделяют на: доминирующие (не менее 8–10 % комплекса), сопутствующие (более 1–2 %) и редкие (менее 1 %). Исходный график или гистограмму строят в линейной системе координат.

Последовательный анализ полученных графиков (гистограмм) осуществляется в линейной и логарифмической системе координат. В логарифмической системе координат анализируются не сами графики, а их тренды, представленные результирующими прямыми линиями.

В линейной системе координат у полученных графиков или гистограмм всегда образовывался «хвост», состоящий из редких и случайных таксонов, имеющих незначительную относительную численность в комплексе.

В отличие от доминирующих и сопутствующих таксонов, представляющих собой некую устойчивую, экологически адаптированную совокупность, в хвостовой части гистограммы располагается «хаотизированная» часть диатомового комплекса. Общая совокупность этих таксонов полностью попадает под определение «статистический шум». Поэтому в логарифмической системе координат результирующие линии строились двумя способами: с учетом всего спектра таксонов (чтобы не потерять часть информации) и только с учетом доминирующих и сопутствующих таксонов.

Результаты и обсуждение

При применении разработанной методики анализа озера были разделены по двум категориям размерности: с площадью водного зеркала менее 1 км² (малые) и от 1 до 4 км² (средние).

В линейной системе координат выделены два типа графиков естественной, ненарушенной структуры таксономических пропорций в диатомовых комплексах (Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2010). Первый из них по своим очертаниям близок к экспоненциальной зависимости и характерен для малых озер. Для озер среднего размера форма полученных графиков имеет определенное подобие с логистической зависимостью (Шитиков и др., 2005). При изменении абиотических параметров среды оба типа графиков трансформируются. Существует третий тип распределения – линейный. Такой тип распределения таксономических пропорций характерен для переотложенных комплексов.

Три основных типа распределения таксономических пропорций соответствуют трем основным нециклическим формам зависимостей («откликов»), которые возникают в экосистемах при их ответных реакциях на внешнее воздействие (Шитиков и др., 2005). При анализе в логарифмической системе координат для озер малого и среднего размера выделены три основных сценария пространственно-временной трансформации.

Для озер малого размера характерен первый из выявленных сценариев трансформации диатомовых комплексов. При увеличении негативной нагрузки происходит «вращение» результирующих линий вокруг некой точки или

локальной области (рис. 1). Этот процесс происходит до определенного предела, после чего результирующие линии перемещаются из области гипотетического «вращения», что соответствует стадии деградации биоценоза в озере.

Была получена зависимость между порядком каждого таксона (x) и его относительной численностью (y) через два коэффициента: $y = k_i x^{a_i}$.

Первый из них – a_i определяется линейным параметром: расстоянием до источника генерации негативного воздействия. Зависимость имеет степенной характер, т.к. при продвижении к источнику генерации сила негативного воздействия будет расти нелинейно.

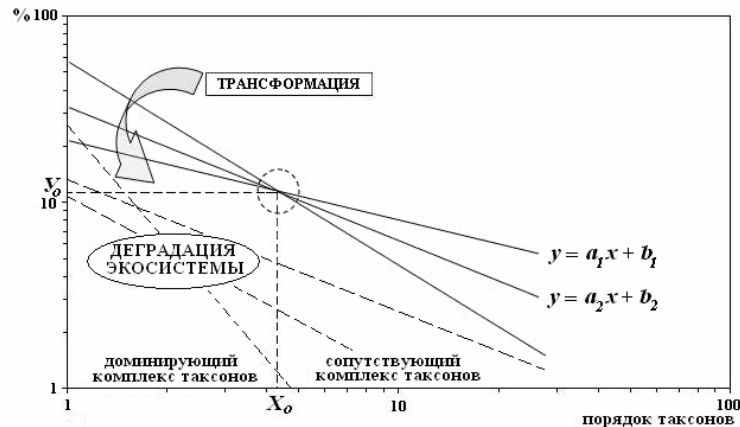


Рис. 1. Обобщенная модель трансформации диатомовых комплексов из озер малого размера

Второй коэффициент k_i имеет композиционную структуру. Его линейный компонент содержит численные значения x_0 и y_0 , соответствующие координатам точки «вращения». Это необходимое число доминирующих таксонов (x_0) и допустимый нижний порог их относительной численности (y_0), который может обеспечить трофометаболическую целостность малого озера (см. рис. 1).

Для озер среднего размера характерен второй из выделенных сценариев трансформации, который на начальном этапе выражен в форме веерообразного «разворота» вокруг некоей общей области. В этом случае трофометаболическая целостность озер среднего размера поддерживается не только доминирующим комплексом, но и группой сопутствующих таксонов (рис. 2).

При увеличении негативной нагрузки в озере среднего размера наблюдается фазовый переход и дальнейшая трансформация происходит согласно модели, характерной для озера малой размерности (см. рис. 2). Большая часть трансформаций в малых и средних озерах соответствует одной из двух описанных моделей.

Существует третья модель трансформации, которую нельзя свести к двум первым – параллельное расположение результирующих линий. В этом случае речь не идет о внешних факторах воздействия – меняются свойства самой среды обитания (температура, pH, глубина водоема).

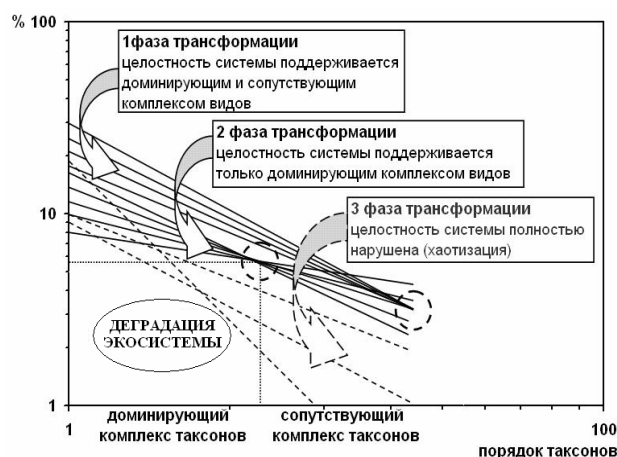


Рис. 2. Обобщенная модель трансформации диатомовых комплексов из озер среднего размера

Заключение

Разработанный метод графического анализа таксономических пропорций в диатомовых комплексах позволяет достоверно оценить совокупный (интегральный) уровень антропогенной нагрузки на озерные экосистемы и сопредельные территории. Анализ пространственно-временных трансформаций, происходящий в озерных экосистемах, дает возможность получать новую, значимую информацию при биомониторинге и палеорекострукциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Разумовский Л.В. Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа. — М.: Геос, 2010. — 200 с.
- Разумовский Л. В., Гололобова М.А. Трансформация диатомовых комплексов озер Борое и Глубокое в конце позднего голоцена // Тр. Гидробиол. станции на Глубоком озере. — М.: КМК, 2009. — Т. 10. — С. 195–207.
- Разумовский Л.В., Моисеенко Т.И. Оценка пространственно-временных трансформаций озерных экосистем методом диатомового анализа // Докл. РАН. Общ. биол. — 2009. — 429(3). — С. 274–277.
- Разумовский Л.В., Разумовский В.Л. Регистрация новейших экосистемных событий в озере Каракель по переотложенным диатомовым комплексам // Вестн. Тюмен. гос. ун-та. Экология. — 2013. — (12). — С. 121–127.
- Разумовский Л.В., Шелехова Т.С., Разумовский В.Л. Новейшая история озер Большое и Зеркальное по результатам диатомового анализа // Вод. рес. — 2014. — 41(5). — С. 1–5.
- Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн. 1. — М.: Наука, 2005. — 281 с.

Подписал в печать С.П. Вассер

L.V. Razumovsky

Federal State Budgetary Institute of Science,
Water Problems Institute of RAS,
3, Gubkina St., 119991 Moscow, Russia
e-mail: razum@aqua.laser.ru

GRAPHICAL ANALYSIS OF THE LAKE ECOSYSTEM TRANSFORMATION
ACCORDING TO TAXONOMIC STRUCTURE OF DIATOM ASSEMBLAGES

This study provides the analysis of the changes of taxonomic structure in diatom assemblages of lacustrine genesis under the influence of abiotic factors. The author's method of graphical analysis of diatom assemblages was used. Three types of taxonomic proportion distribution (exponential, logistic and linear) which are formed under the influence of natural abiotic factors were distinguished. The first two types correspond to lifetime taxonomic proportions which objectively reflect environmental conditions in lakes. The third type (linear) corresponds to assemblages which are affected by processes of transfer and redeposition. We revealed three transformation scenarios of taxonomic structure. The first one is characteristic for small lakes (< 1 km²) and the second one is characteristic for middle lakes (1–4 km²). Both scenarios are developed with stable parameters of the ecosystem under negative external impact. The third type of transformation is developed in lake of any size in case of changes of physicochemical properties or morphometric parameters of the lake.

Key words: diatom assemblages, lake ecosystems, graphical analysis.