

УДК 574.5:561.26:582.26

Регистрация новейших экосистемных событий в озерах Хотон-Нуур и Даба-Нуур (Монголия) методом графического анализа таксономических пропорций в диатомовых комплексах

Registration of the latest ecosystem events by diatom complexes taxonomic proportions graphical analysis in the lakes Hoton-Nur and Daba-Nur (Mongolia)

Разумовский Л. В.¹, Дорофеев Н. И.², Разумовский В. Л.¹

Rasumovskiy L. V.¹, Dorofeyuk N. I.², Rasumovskiy V. L.¹

¹ Институт водных проблем РАН, г. Москва, Россия. E-mail: lazy-lion@mail.ru; nethaon@mail.ru

² Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, г. Москва, Россия. E-mail: nadin-home@mail.ru

¹ Water Problems Institute, Moscow, Russia

² A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Moscow, Russia

Реферат. В работе описывается метод графического анализа, ранее разработанный для озерных экосистем Европейской части России. При анализе таксономической структуры пресноводных диатомовых комплексов было выделено три сценария их трансформации. Два сценария развиваются при воздействии на экосистему извне. Третий сценарий может развиваться в экосистеме, если меняются физико-химические свойства самой водной среды или морфометрические параметры водоема. Метод графического анализа был применен при изучении таксономической структуры диатомовых комплексов из донных отложений двух озер Монголии. Анализ долговременных трансформаций озерных экосистем был основан на данных по общему количеству видов и их численности, с учетом и без учета редких таксонов.

Summary. The paper describes the method of graphical analysis, previously developed for lake ecosystems of the European part of Russia. By the analysis of the taxonomic structure of freshwater diatom complexes three scenarios of their transformation were identified. Two of those scenarios involve development under the influence on the ecosystem from the outside. The third one might be caused by the change in the aquatic environment physicochemical properties or its morphometric parameters. The method of graphical analysis was applied to study bottom sediments taxonomic structure of diatom complexes from two lakes in Mongolia. The long-term transformations analysis of lakes ecosystems was based on data of total number of species and their abundance, the calculations were made twice with and without rare taxa being taken into the account.

Введение

Создание долговременных событийных рядов изменения природных климатических условий в позднем плейстоцене и голоцене убедительно продемонстрировало высокий уровень информативности комплексного изучения донных отложений (ДО) озер Монголии с привлечением диатомового анализа (Tarasov et al, 2000; Rudaya et al, 2009). Тем не менее, любые исследования позволяющие получить дополнительную информацию и сопоставить ее с уже имеющимися данными, дают возможность в достаточной степени детализировать имеющуюся картину палеореконструкции.

В качестве аналитического приема, при проведенных исследованиях, послужил ранее разработанный метод графического анализа (МГА) таксономических пропорций в диатомовых комплексах. МГА неоднократно описывался в научной литературе (Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2012). Однако он никогда не применялся к диатомовым комплексам из ДО озер Монголии. Поэтому, в этой статье, приведено краткое изложение МГА.

Материалы и методы. Объектом анализа была избрана первичная база данных (идентифицированные диатомовые комплексы) из образцов ДО двух колонок, ранее отобранных на акватории оз. Хотон-Нуур и образцов одной колонки ДО из оз. Даба (Rudaya et al, 2009).

Исходно МГА был разработан при пространственных исследованиях донных комплексов диатомовых водорослей из современных озерных осадков. Были изучены более 120 озер из различных регионов Европейской части России (Разумовский, Моисеенко, 2009; Разумовский, 2012; Разумовский 2014б). Анализ трансформации структуры диатомовых комплексов во времени был изучен по колонкам донных отложений из 15 озер, расположенных в различных ландшафтно-климатических областях (Разумовский, 2012; Разумовский, 2014а; Разумовский и др., 2015). При применении разработанной методики анализа, озера были разделены по двум категориям размерности: с площадью водного зеркала менее 1 км² (малые) и с площадью водного зеркала от 1 до 4 км² (средние).

МГА состоит в следующем: при построении графиков по оси абсцисс откладывается число идентифицированных таксонов видового и более низкого рангов (далее в тексте – таксонов), а по оси ординат – их относительная численность. Таксоны ранжируются по показателю относительной численности в сторону его уменьшения. По относительной численности таксоны разделяют на группы: доминирующие (обычно не менее 8–10 % от комплекса), сопутствующие (более 1–2 %) и редкие (обычно менее 1 %). В результате, в линейной системе координат строится исходный график или гистограмма.

Анализ полученных графиков (гистограмм) проводится в линейной и логарифмической системе координат. В логарифмической системе координат анализируются не сами графики, а их тренды, представленные результирующими прямыми линиями. Совокупность этих линий образуют генерации определенных очертаний.

В линейной системе координат были выделены два типа графиков естественной, ненарушенной структуры таксономических пропорций в диатомовых комплексах. Один из них своим очертаниям близок к экспоненциальной зависимости и характерен для малых озер («простых» систем). Для озер среднего размера («сложных» систем) форма полученных графиков имеет определенное подобие с логистической зависимостью (Шитиков и др., 2005).

Оба типа графиков отражают, в той или иной степени, исходные, прижизненные таксономические пропорции в диатомовых комплексах. Они соответствуют двум из трех основных нециклических форм зависимостей, которые возникают в экосистемах при их ответных реакциях на внешнее воздействие (Шитиков и др., 2005). Для переотложенных и перемещенных диатомовых комплексов распределение таксономических пропорций приобретает линейный характер.

В линейной системе координат у полученных графиков или гистограмм всегда образовывался «хвост» состоящий из редких и случайных таксонов, имеющих незначительную относительную численность в комплексе. Это представители таксонов, присутствие или отсутствие которых в каждом биотопе имеет спорадический или случайный характер. Общая совокупность этих таксонов полностью попадает под определение «статистический шум».

Доминирующие и сопутствующие таксоны составляют около 2/3 от общей относительной численности в комплексе (Анализ данных..., 1999). Это приблизительно соответствует 2σ (где σ – стандартное отклонение при нормальном распределении). 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. В последнем случае 1/3 от общей относительной численности («хвост» гистограммы) не учитывалась.

При анализе в логарифмической системе координат были выделены три основных сценария пространственно-временной трансформации таксономических пропорций.

Первый сценарий подразумевает образование «пучка» результирующих линий с единым центром локализации. При усилении внешнего негативного воздействия происходит «вращение» результирующих линий вокруг некой точки или локальной области. Этот процесс происходит до определенного предела, после чего результирующие линии перемещаются из области гипотетического «вращения», что соответствует стадии деградации экосистемы и распаду единой генерации результирующих линий.

Второй из выделенных сценариев трансформации так же подразумевает образование «пучка» результирующих линий. На начальном этапе трансформации это выражается в форме веерообразного «разворота» вокруг некой общей области или центра локализации. При увеличении негативного воздействия происходит фазовый переход, и дальнейшая трансформация происходит по первому сценарию.

Существует третья модель (сценарий) трансформации, которую нельзя свести к двум первым – параллельное расположение линий. Такое расположение результирующих линий было впервые выявлено вдоль температурного градиента подогретых вод поступающих из сбросового канала Кольской атомной электростанции в оз. Имандра (Разумовский, 1997). Аналогичное явление было отмечено для группы озер с разным показателем рН (Алимов, 2000). Кроме того, параллельное расположение результирующих линий характерно для озер, в которых протекают процессы быстрого изменения глубин (обмеления или повышения уровня воды). Эти процессы были отмечены в озерах: Галичское (Костромская обл.), Глубокое (Московская обл.), Большое (Краснодарский край), Нижнее Хаймашинское (Республика Кабардино-Балкария) (Разумовский, 2008; Разумовский, 2014а, б; Разумовский, Гололобова, 2014; Разумовский и др., 2015).

Результаты и обсуждение

Анализ таксономических пропорций диатомовых комплексов из колонки ДО в мелководной части оз. Хотон-Нуур, проведенной в логарифмической системе координат, позволил сделать вывод о высоком уровне стабильности прибрежной части озера на протяжении всего проанализированного временного интервала. Все построенные результирующие линии сформировали единую генерацию (пучок результирующих линий), имеющий единый центр локализации. Исключение составляют несколько результирующих линий. Отмечено три интервала (2569–2570 мм; 249–250 мм; 49–50 мм), в которых результирующие линии не включены в общую генерацию. Первая из них располагается в самой нижней части колонки, что соответствует началу формирования акватории озера. Две другие, предположительно, соответствуют значимым климатическим перестройкам в регионе. Окончательное заключение будет сделано после сопоставления со всеми имеющимися данными.

Анализ таксономических пропорций в диатомовых комплексах из колонки ДО, отобранной глубоководной (центральной) части озера Хотон-Нуур, позволил констатировать более выраженную дифференциацию результирующих линий, построенных в логарифмической системе координат.

Результирующие линии образовали три генерации. Первая генерация (расположенная в нижней части колонки) состоит из результирующих линий располагающихся параллельно, что соответствует стадии повышения уровня воды в акватории озера. Вторая генерация соответствует стадии формирования устойчивого сообщества, и третья стадия соответствует высокому уровню устойчивости границ экосистемы озера в прибрежной зоне.

При анализе таксономических пропорций в диатомовых комплексах из колонки ДО оз. Даба-Нуур в линейной системе координат, никаких значимых искажений не было выявлено. Построенные гистограммы имеют плавные, пропорциональные очертания, преимущественного экспоненциального типа распределения.

При анализе в логарифмической системе координат, подавляющее большинство построенных результирующих линий образовали общую генерацию с единым центром локализации. Это ожидаемый результат, поскольку оз. Даба-Нуур относится к категории малых озер (Lake Status..., 1994). Исключение составляют две результирующие линии, не входящие в единую генерацию.

В первом случае, результирующая линия соответствует самой нижней части колонки ДО (517,5 см). Результирующая линия занимает параллельное положение к некоторым другим результирующим линиям, относящимся к единой генерации. Вероятно, это соответствует начальному этапу формирования современной акватории озера и заполнению образовавшейся впадины водой.

Во втором случае, результирующая линия соответствует уровню 362,5 см в отобранной колонке ДО. Очертания гистограммы, построенной для таксономической структуры диатомового комплекса с этого уровня, свидетельствует о существенных экосистемных перестройках на акватории озера в это время.

Заключение

Предварительные данные, полученные при помощи МГА, позволяют сделать вывод о его применимости к другим регионам и достаточно высоком уровне его информативности. Очевидно, что совместное сопоставление с традиционными формами диатомового анализа, с привлечением имеющих

ся данных по возрастным датировкам колонок ДО, позволит детализировать картину экосистемных трансформаций на акватории озер и получить более достоверную картину происходивших климатических событий.

ЛИТЕРАТУРА

- Алимов А. Ф.* Элементы теории функционирования водных экосистем. – СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
Анализ данных в экологии сообществ и ландшафтов. – М.: Изд-во РАСХН, 1999. – 306 с.
- Разумовский Л. В.* Биоиндикация уровня антропогенной нагрузки на тундровые и лесотундровые ландшафты по диатомовым комплексам озер Кольского полуострова. – М.: Изд-во ИРЦ Газпром, 1997. – 92 с.
- Разумовский Л. В.* Реконструкция температурных циклов и сукцессионных изменений по диатомовым комплексам из донных осадков на примере Галичского озера // Водные ресурсы, 2008. – Т.35, №6. – С. 595–608.
- Разумовский Л. В.* Оценка трансформации озерных экосистем методом диатомового анализа. – М.: Изд-во ГЕОС, 2012. – 199 с.
- Разумовский В. Л.* Формирование экосистемы карстового озера в степном поясе гор Кавказа (диатомовый анализ) // Аридные экосистемы, 2014а. – Т. 59, № 2. – С. 69–73.
- Разумовский В. Л.* Оценка экологического состояния высокогорных озер Приэльбрусья по результатам диатомового анализа // Водные ресурсы, 2014б. – Т. 41, № 2. – С. 200–205.
- Разумовский Л. В., Гололобова М. А.* Трансформация диатомовых комплексов из озер Борое и Глубокое в конце позднего голоцена // Вестник Московского Государственного Университета. Биологическая серия, 2014. – № 1. – С.19–23.
- Разумовский Л. В., Моисеенко Т. И.* Оценка пространственно-временных трансформаций озерных экосистем методом диатомового анализа // Доклады академии наук. Общая биология, 2009. – Т. 429, №3. – С. 274–277.
- Разумовский Л. В., Шелехова Т. С., Разумовский В. Л.* Новейшая история озер Большое и Зеркальное по результатам диатомового анализа // Водные ресурсы, 2015. – Т. 42, №2. – С. 222–227.
- Шутиков В. К., Розенберг Г. С., Зипченко Т. Д.* Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. Кн.1. – М.: Наука, 2005. – 281 с.
Lake Status Records from the Former Soviet Union and Mongolia: Date Base Documentation // Paleoclimatology Publications Sries Report, 1994. – No. 2. – P. 202–204.
- Rudaya N., Tarasov P., Dorofeyuk N., Solovieva N., Kalugin I., Andreev A., Daryin A., Diekmann B., Riedel F., Tserendash N., Wagner M.* Holocene environments and climate in the Mongolian Altai reconstructed from the Hoton-Nur pollen and diatom records: a step towards better understanding climate dynamics in Central Asia // Quaternary Science Reviews, 2009. – V. 28. – P. 540–554.
- Tarasov P. E., Dorofeyuk N. I., Metel'tseva E. P.* Holocene vegetation and climate changes in Noton-Nur basin, north-west Mongolia // Boreas, 2000. – V. 29. – P.117–126.